YANGI NASHR

G. P. Xomchenko,
I. G. Xomchenko

# KIMYO

## OLIY O'QUV YURTLARIGA KIRUVCHILAR UCHUN

- Nazariy asoslar
- Misol va masalalar
- Testlar



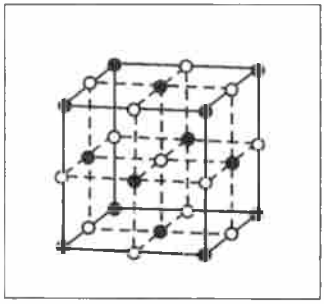
G. P. XOMCHENKO, I. G. XOMCHENKO

# KIMYO

OLIY O‘QUV YURTLARIGA KIRUVCHILAR UCHUN

*To‘rtinchi nashri*

- **Nazariy asoslar**
- **Misol va masalalar**
- **Testlar**



„O‘QITUVCHI“ NASHRIYOT-MATBAA IJODIY UYI
TOSHKENT — 2016

UO'K: 54(075) - Kimyo
KBK 24.1v 6
X-73

Ushbu kitobda kirish imtihonlarida abituriyentlarga beriladigan kimyoning barcha turdagi nazariy asoslari, masalalar ishlash usullari hamda o'quvchilar bilimini baholashga yordam beradigan testlar yoritilgan.

Kitob oliy o'quv yurtlariga kiruvchilar uchun mo'ljallangan bo'lib, undan umumiy o'rta ta'lim maktablarida kimyo kursini yakuniy takrorlash va bitirish imtihonlariga tayyorlanayotgan o'quvchilar, shuningdek, akademik litsey va kasb-hunar kollejlari o'qituvchilari hamda talabalari ham foydalanishlari mumkin.

**Taqrizchilar:** k.f.n., dotsent ***Asqar Muftaxov, Abdurahim Jalilov.***

**Tarjimonlar:** ***Abduvohid Rahimov, Orasta Kamolova.***

© A. Rahimov, O. Kamolova, tarjima
© „O'qituvchi" NMIU, 2009
© „O'qituvchi" NMIU, 2011

ISBN 978-9943-02-946-0

2016/78 Alisher Navoiy ...lagi ...ston MK 1935
Ko'makchi fond

## SO‘ZBOSHI

Ushbu kitobda oliy o‘quv yurtlariga kiruvchilar uchun kimyodan kirish imtihonlaridagi barcha turdagi masalalar yoritilgan. Kitobda dastlab kimyoning umumiy nazariy asoslari (I qism), anorganik kimyo (II qism) va organik kimyoga oid (III qism) mavzular hamda masalalar yechish usullari ko‘rib chiqiladi.

Kitobning bunday tuzilishi ancha ko‘p uchraydigan kamchilikni — o‘quvchilar bilimidagi yuzakilikni, ya’ni mavzuni chuqur nazariy asosda bayon qila bilmaslik nuqsonini yo‘qotishga imkon beradi.

Mavzular bo‘yicha berilgan masalalarni muhokama qilib yechishga katta e’tibor berilgan, chunki mavzuni o‘zlashtirganlik sifati o‘quvchining masalalar yecha olishi bilan belgilanadi. Kitobning uchala qismida, shuningdek, oxirida namunaviy masalalar yechimlari bilan berilgan.

Qo‘llanma keng kitobxonlar ommasiga mo‘ljallangan. Undan abituriyentlar, shuningdek, o‘rta maktab o‘quvchilari maktabni bitirish imtihonlariga tayyorlanishda foydalanishlari mumkin. Kitob o‘rta maktablar, akademik litsey va kasb-hunar kollejlari o‘qituvchilari hamda talabalarga kimyoni mukammal bilishlarida, masala hamda mashqlarni yecha olishga o‘rganishlarida yaqin ko‘makchi bo‘ladi, deb o‘ylaymiz.

Kitobxonlarning fikrlarini hisobga olib, har bir bob oxirida imkoniyat darajasida bobga doir testlar hamda ularning yechilish usullari nashriyot tomonidan kiritildi. Testlarni tuzishda bergan yordami uchun k. f. n., dotsent *Asqar Muftaxovga* minnatdorchilik bildiramiz.

# KIRISH

## 1- §. Kimyo fani va uning vazifalari

Kimyo tabiiy fanlar qatoriga kiradi. U moddalarning tarkibi, tuzilishi, xossalari va o'zgarishlarini, shuningdek, bu o'zgarishlarda sodir bo'ladigan hodisa-jarayonlarni o'rganadi.

Kimyoga fan sifatida birinchi marta M. V. Lomonosov ta'rif berdi: „Kimyo fani jismlarning xossalari va o'zgarishlarini... jismlarning tarkibini o'rganadi... kimyoviy o'zgarishlarda moddalarda sodir bo'ladigan hodisalarning sababini tushuntirib beradi". Ko'rinib turibdiki, Lomonosovning kimyoning vazifalarini tushunishi hozirgi tushunchaga yaqin keladi.

D. I. Mendeleyev 1871-yilda „kimyo fanini o'rganishni boshlovchilar uchun" mo'ljallangan o'zining mashhur „Kimyo asoslari" kitobida kimyoga o'ziga xos va eng aniq ta'rif berdi. Mendeleyev ta'rifiga ko'ra, *kimyo — bu elementlar va ularning birikmalari haqidagi ta'limotdir.*

Kimyo fizika bilan uzviy bog'langan. „Bu ikkala fan, — deb yozgan edi Lomonosov, — bir-biri bilan shunday bog'langanki, ular bir-birisiz mukammal bo'la olmaydi". Kimyo boshqa tabiiy fanlar va, ayniqsa, geologiya hamda biologiya bilan ham tutashib ketadi. Kimyo bilan geologiya o'rtasida geokimyo fani vujudga keldi, u Yerning turli sistemalarida kimyoviy elementlarning tarqalishini va ko'chib yurishini o'rganadi. Kimyo bilan biologiya orasida tirik organizmlarda sodir bo'ladigan kimyoviy jarayonlarni o'rganadigan biokimyo, bioanorganik va bioorganik kimyo fanlari tarkib topdi. Kosmokimyo koinot jismlarining tarkibini va elementlarning koinotda ko'chib yurishini o'rganadi.

Moddalar juda ko'p. Ularni o'rganishni osonlashtirish uchun bu moddalar turli belgilariga ko'ra sinflarga bo'linadi. Masalan, ma'lum bo'lgan barcha moddalarni uchta yirik guruhga ajratish mumkin: *oddiy moddalar, murakkab moddalar va aralashmalar.* Moddalarni sinflarga bo'lishning juda ko'p boshqa usullari ham bor.

Kimyoning eng muhim vazifasi — oldindan belgilangan xossali moddalarni olish va sanoat ishlab chiqarishini jadallashtirishdan, chiqindisiz texnologiya yaratishdan iborat. Uning yana bir muhim vazifasi — kimyoviy o'zgarishlar energiyasidan foydalanishdir.

O'rta umumiy ta'lim maktablarida va boshqa o'quv yurtlarida o'rganiladigan kimyoni uchta katta qismga: umumiy, anorganik va organik kimyoga ajratish mumkin. *Umumiy kimyo*da barcha kimyoviy o'zgarishlarga taalluqli asosiy qonuniyatlar ko'rib chiqiladi. *Anorganik kimyo* anorganik (mineral) moddalarning xossalari va o'zgarishlarini o'rganadi. *Organik kimyo* organik moddalarning xossalari va o'zgarishlarini o'rganadi.

## 2- §. Kimyoning ahamiyati

Kimyoni ajoyib o'zgarishlar industriyasi deyish mumkin. U tabiatda bo'lmaydigan materiallarni sintez qilishga, ulardan turli-tuman mashina va asboblar yaratish uchun, turar joy binolari qurish va xalq iste'mol mollari ishlab chiqarish uchun foydalanishga imkon beradi.

Kimyo sanoati sintetik kauchuk, plastik massalar, sun'iy tola, sun'iy yoqilg'i, bo'yoqlar, dori-darmonlar va boshqa juda ko'p moddalar ishlab chiqaradi.

Kimyo sanoatining asosiy mahsulotlari — kislotalar, ishqorlar, tuzlar ko'plab miqdorlarda ishlab chiqariladi.

Qishloq xo'jaligida mineral o'g'itlar, o'simliklarni himoya qilishning kimyoviy vositalari, ularning o'sishini tartibga soluvchi moddalar, hayvonlar ozig'iga qo'shiladigan kimyoviy moddalar va oziq konservantlari, ko'pchilik polimer materiallar keng ko'lamda ishlatiladi. Metallar kimyoviy usullardan foydalanib olinadi, shuningdek, korroziyalanishdan muhofaza qilinadi.

Kimyoning ilmiy-texnika taraqqiyotining rivojlanishidagi ahamiyatini jahonning birinchi fazogiri Y. A. Gagarin juda aniq ta'kidlab o'tgan edi: „Biz, fazogirlar kasbimiz xususiyatiga ko'ra kimyoning mo'jizakor ishlarini boshqalardan ko'ra ilgariroq bilib olamiz. Masalan, raketalarimizni harakatga keltiradigan yoqilg'ini, raketalar yasalgan qotishma va metallarni, skafandrlarni, insonning koinotga safarida unga hamroh bo'ladigan minglab katta va kichik narsalarni olib ko'ring. Hamma yerda siz kimyoga duch kelasiz... Kosmik fazoni o'zlashtirish yo'lida biz hozirga qadar bajargan vazifalardan ko'ra ancha ulkan vazifalar turibdi. Navbatda Oyga,

Quyosh sistemasining boshqa sayyoralariga uchish, Quyosh sistemasining doirasidan chiqish, boshqa dunyo bilan aloqa bog'lash masalalari kun tartibiga qo'yilmoqda. Lekin buning uchun yanada yuqori tezlik, yangi kosmik kemalar, yangi asbob-uskunalar, yoqilg'i zarur; bularning hammasini yaratish uchun yana kimyo kerak va sifati jihatidan hozirgilardan ancha ustun bo'lgan yangi materiallar zarur bo'ladi. Kimyo oldiga ana shunday vazifalar qo'yilmoqda va u bizni barcha zarur narsalar bilan ta'minlashiga ishonamiz..."

Keyingi vaqtlarda *atrof-muhitni muhofaza qilish* insoniyat oldida turgan eng muhim masalalardan biri bo'lib qoldi. Oqova suvlarni tozalash, suv va havoning tozaligini nazorat qilib turish, chiqindisiz texnologiya yaratish va hokazo masalalarni hal qilishda kimyo fani va sanoatining ahamiyati katta.

Dunyoning qiyofasini ilmiy tushunishda ham kimyoning nihoyatda katta ahamiyati bor. Kimyo tabiat, jamiyatning rivojlanishidagi va ularni bilishdagi umumiy qonuniyatlarni tasdiqladi (2.11-§ ga q.).

Kimyoni chuqur bilish xalq xo'jaligining barcha sohalaridagi mutaxassislar uchun zarurdir. Kimyo fizika va matematika bilan bir qatorda, yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashning asosini tashkil etadi.

# *I QISM.* | UMUMIY KIMYO

## *1-BOB.* KIMYONING ASOSIY TUSHUNCHA VA QONUNLARI

### 1.1- §. Kimyoda atom-molekular ta'limot

Atom-molekular ta'limotni kimyoga birinchi bo'lib rus olimi M. V. Lomonosov tatbiq etdi va uni rivojlantirdi. Bu ta'limotning asosiy qoidalari „Matematik kimyo elementlari" (1741) nomli va boshqa ko'pgina asarlarida bayon qilingan. Lomonosov ta'limotining mohiyatini quyidagi qoidalar bilan bayon qilish mumkin:

1. Barcha moddalar „korpuskulalardan" (Lomonosov molekulalarni shunday atagan edi) tarkib topgan.

2. Molekulalar „elementlardan" (Lomonosov atomlarni shunday atagan edi) tarkib topgan.

3. Zarrachalar — molekula va atomlar to'xtovsiz harakatda bo'ladi. Jismlarning issiqlik miqdori ular zarrachalarining harakatlanish tezligi ortishiga bog'liqdir.

4. Oddiy moddalarning molekulalari bir xil atomlardan, murakkab moddalarning molekulalari — turli xil atomlardan tuzilgan.

Lomonosovdan 67 yil keyin kimyoga atomistik ta'limotni ingliz olimi Jon Dalton tatbiq etdi. U atomistikaning asosiy qoidalarini „Kimyoviy falsafaning yangi sistemasi" (1808) kitobida bayon qilib berdi. Dalton ta'limotining mag'zi Lomonosov ta'limotini takrorlaydi. Shu bilan birga, u bu ta'limotni yanada rivojlantiradi, chunki Dalton birinchi bo'lib o'sha vaqtda ma'lum bo'lgan elementlarning atom massalarini aniqlashga harakat qildi. Lekin Dalton oddiy moddalarning molekulalari mavjudligini inkor etdi, bu esa Lomonosov ta'limotiga nisbatan bir qadam orqaga qaytish edi. Dalton fikricha, oddiy moddalar faqat atomlardan, murakkab moddalar esa „murakkab atomlardan" (hozirgi tushunchada — molekulalardan) tarkib topadi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, Daltonning oddiy moddalarda molekulalar bo'lishini inkor etishi kimyoning keyingi rivojlanishiga xalal berdi.

Kimyoda atom-molekular ta'limot faqat XIX asrning o'rtalaridagina uzil-kesil qaror topdi. Kimyogarlarning 1860-yilda Karlsrue shahrida bo'lib o'tgan Xalqaro syezdida molekula va atom tushunchalarining ta'rifi qabul qilindi.

*Molekula* — **bu berilgan moddaning kimyoviy xossalariga ega bo'lgan eng kichik zarrachasidir. Molekulaning kimyoviy xossalari uning tarkibi va kimyoviy tuzilishi bilan aniqlanadi.**

Atom — bu kimyoviy elementning oddiy va murakkab moddalar tarkibiga kiradigan eng kichik zarrachasidir. Elementning kimyoviy xossalari uning atomining tuzilishi bilan aniqlanadi. Bundan atomning hozirgi tasavvurlarga to'g'ri keladigan ta'rifi kelib chiqadi:

*atom* — **bu musbat zaryadlangan atom yadrosi bilan manfiy zaryadlangan elektronlardan tarkib topgan elektroneytral zarrachadir.**

Hozirgi tasavvurlarga ko'ra, molekulalar gaz va bug' holatida ham molekulalardan tarkib topgan bo'ladi. Kristall panjarasi *molekular tuzilishga* ega bo'lgan moddalargina qattiq holatda molekulalardan tarkib topgan bo'ladi. Masalan, organik moddalar, metallmaslar (ba'zi istisnolardan tashqari), uglerod (IV) oksid, suv. Qattiq anorganik moddalarning ko'pchiligi esa molekular tuzilishga ega emas: ularning panjarasi molekulalardan emas, balki boshqa zarrachalardan (ionlardan, atomlardan) tuzilgan; ular makrojismlar holida mavjud bo'ladi (natriy xlorid kristallari, kvars kristallari, mis bo'laklari va b.). Tuzlar, metallarning oksidlari, olmos, kremniy va metallar ham molekular tuzilishga ega emas.

Molekular tuzilishli moddalarda molekulalar orasidagi kimyoviy bog'lanish atomlar orasidagi bog'lanishdan bo'shroq bo'ladi, shu sababli ularning suyuqlanish va qaynash temperaturalari nisbatan past bo'ladi. Nomolekular tuzilgan moddalarda zarrachalar orasidagi kimyoviy bog'lanish ancha puxta, shu sababli ularning suyuqlanish va qaynash temperaturalari yuqori bo'ladi. Hozirgi kimyo mikrozarrachalar (atomlar, molekulalar, ionlar va b.) hamda makrojismlarning xossalarini o'rganadi.

## 1. 2- §. Kimyoviy elementlar

Atom-molekular ta'limot kimyoning asosiy tushuncha va qonunlarini tushuntirishga imkon berdi.

Atom-molekular ta'limot nuqtayi nazaridan atomlarning har qaysi alohida turi kimyoviy element deyiladi. Atomning eng muhim xarakteristikasi uning yadrosining musbat zaryadi bo'lib, u son jihatdan elementning tartib raqamiga teng (2.4-§ ga q.). Yadro

zaryadining qiymati atomlarning har xil turlari uchun bir-biridan farq qiluvchi belgisi hisoblanadi, bu esa „element“ tushunchasiga ancha to‘liq ta’rif berishga imkon beradi.

***Kimyoviy element* — bu yadrosining musbat zaryadi bir xil bo‘lgan atomlarning muayyan turidir.**

109 ta element ma’lum. Davriy qonunning muallifi D. I. Mendeleyev sharafiga 101-kimyoviy element Mendeleyeviy Md deb atalgan. Hozirgi vaqtda tartib raqami yanada katta bo‘lgan kimyoviy elementlarni sun’iy ravishda olishga doir ishlar davom ettirilmoqda.

Barcha elementlar odatda *metallar bilan metallmaslarga* bo‘linadi. Lekin bunday bo‘linish shartlidir. Metallmaslar bilan metallarning xossalari 8.1 va 12.1 — 12.3-§ larda ancha batafsil ko‘rib chiqiladi.

Elementlarning muhim ta’rifi ularning Yer po‘stlog‘ida, ya’ni Yerning yuqori qattiq qobig‘ida tarqalganligidir, bu qobiqning qalinligi shartli ravishda 16 km ga teng deb qabul qilingan. Elementlarning Yer po‘stlog‘ida tarqalganligini geokimyo — Yer haqidagi fan o‘rganadi.

Rus geokimyogari A. P. Vinogradov Yer po‘stlog‘ining o‘rtacha kimyoviy tarkibi jadvalini tuzdi*. Ana shu ma’lumotlarga ko‘ra eng ko‘p tarqalgan element — kislorod Yer po‘stlog‘i massasining 47,2% ini tashkil etadi, so‘ngra kremniy — 27,6, aluminiy — 8,80, temir — 5,10, kalsiy — 3,6, natriy — 2,64, kaliy — 2,6, magniy — 2, 10, vodorod — 0,15% turadi.

Keltirilgan raqamlardan ko‘rinib turibdiki, elementlar Yer po‘stlog‘ida juda notekis tarqalgan. Aytib o‘tilgan 9 element Yer po‘stlog‘i massasining 99,79% ini, qolgan barcha elementlar — faqat 0,21% ni tashkil etadi. D. I. Mendeleyev birinchi bo‘lib aniqlaganidek, tabiatda „atom og‘irligi (atom massasi) kichik elementlar eng ko‘p tarqalgan, organizmlarda esa juda yengil elementlar (H, C, N, O) ko‘p bo‘ladi“. Koinotda ham eng yengil elementlar — vodorod bilan geliy juda ko‘p tarqalgan.

---

* Bundan buyon kimyoviy elementlarning Yer po‘stlog‘ida (litosferada, okean bilan atmosferani hisobga olmay) tarqalganligi A. P. Vinogradov ma’lumoti asosida beriladi.

## 1.3- §. Oddiy va murakkab moddalar. Allotropiya

Kimyoviy elementlarning atomlari juda yuqori temperaturada erkin holda mavjud bo'la oladi — bular yakka atomlar haqida yoki oddiy murakkab moddalar tarkibida bo'lishi mumkin.

***Oddiy moddalar* — bular bitta elementning atomlaridan hosil bo'lgan moddalardir.**

Masalan, oddiy modda ko'mir — uglerod elementining atomlaridan, oddiy modda temir — temir elementining atomlaridan, oddiy modda azot — azot elementining atomlaridan hosil bo'lgan.

***Murakkab moddalar,* boshqacha aytganda, kimyoviy birikmalar — bular turli xil elementlarning atomlaridan hosil bo'lgan moddalardir.**

Masalan, mis (II) oksid mis elementi bilan kislorod elementining atomlaridan, suv vodorod bilan kislorod elementlarining atomlaridan hosil bo'lgan.

„Oddiy modda" tushunchasini „kimyoviy element" tushunchasi bilan bir xil deb bo'lmaydi. Oddiy moddaning muayyan zichligi, eruvchanligi, suyuqlanish hamda qaynash temperaturalari va boshqa xossalari bo'ladi. Bu xossalar atomlar to'plamiga taalluqlidir va ular har xil oddiy moddalar uchun turlicha bo'ladi. Kimyoviy element atom yadrosining muayyan musbat zaryadi (tartib raqami), oksidlanish darajasi, izotop tarkibi va boshqa xossalari bilan ajralib turadi. Elementlarning xossalari uning a l o h i d a atomlariga taalluqlidir. Murakkab moddalar oddiy moddalardan emas, balki elementlardan tarkib topgan. Masalan, suv oddiy moddalar bo'lgan vodorod bilan kisloroddan emas, balki vodorod bilan kislorod elementlaridan tarkib topgan. Elementlarning nomi, odatda, ularga tegishli oddiy moddalarning nomiga mos keladi (bundan mustasnolari: uglerod va kislorodning oddiy moddalaridan biri — ozon, uglerod uchun olmos, grafit va b.).

Ko'pchilik kimyoviy elementlar tuzilishi va xossalari turlicha bo'lgan bir necha oddiy moddalar hosil qiladi. Bu hodisa allotropiya, hosil bo'ladigan moddalar esa *allotropik shakl ko'rinishlar* deyiladi. Masalan, kislorod elementi ikkita allotropik ko'rinish — kislorod bilan ozonni, uglerod elementi uchta — olmos, grafit va karbinni; fosfor elementi bir necha ko'rinishlarni hosil qiladi.

Allotropiya hodisasining ikkita sababi bor: 1) molekuladagi atomlar sonining turlichaligi (masalan, kislorod $O_2$ va ozon $O_3$); 2) turli xil kristall shakllarning hosil bo'lishi (masalan, olmos, grafit va karbin, 11.2-§. ga q.).

## 1.4- §. Nisbiy atom massa

Hozirgi tekshirish usullari atomlarning nihoyatda kichik massasini katta aniqlik bilan topishga imkon beradi. Masalan, vodorod atomining massasi $1{,}674 \cdot 10^{-27}$ kg, kislorodniki — $2{,}667 \cdot 10^{-27}$ kg, uglerodniki — $1{,}993 \cdot 10^{-27}$ kg.

Kimyoda odatga ko'ra atom massalarining absolut emas, balki nisbiy qiymatlaridan foydalaniladi. 1961- yilda atom massasining birligi qilib uglerod izotopi $^{12}C$ atomi massasining 1/12 qismiga teng bo'lgan *massaning atom birligi* (qisqartirilgani m.a.b.) qabul qilingan.

Ko'pchilik kimyoviy elementlarda massasi turlicha bo'lgan atomlar bo'ladi (izotoplar 2.4-§ ga q.). Shu sababli:

**elementning tabiiy izotoplar tarkibidagi atomi o'rtacha massasining uglerod $^{12}C$ atomi massasining 1/12 qismiga nisbatiga teng kattalik kimyoviy elementning *nisbiy atom massasi* $A_r$ deyiladi.**

Elementlarning nisbiy atom massalari* $A_r$ bilan belgilanadi, bunda indeks $r$ — inglizcha *relative* „nisbiy" so'zining bosh harfidir. $A_r$ (H), $A_r$ (O), $A_r$ (C) yozuvlar vodorodning nisbiy atom massasi, kislorodning nisbiy atom massasi va uglerodning nisbiy atom massasini bildiradi.

Masalan,

$$A_r(H) = \frac{1{,}674 \cdot 10^{-27}\,kg}{1/12 \cdot 1{,}993 \cdot 10^{-27}\,kg} = 1{,}0079$$

$$A_r(O) = \frac{2{,}667 \cdot 10^{-26}\,kg}{1/12 \cdot 1{,}993 \cdot 10^{-26}\,kg} = 15{,}9994$$

Nisbiy atom massa —kimyoviy elementning asosiy xarakteristikalaridan biridir. Atom massalarning hozirgi qiymatlari D. I. Mendeleyevning elementlar davriy sistemasida berilgan.

---

* „Nisbiy atom massa" atamasi o'rniga tarixan tarkib topgan „atom massa" dan foydalanish mumkin.

## 1.5- §. Nisbiy molekular massa

**Moddaning tabiiy izotoplar tarkibidagi molekulasi o'rtacha massasining uglerod atomi $^{12}C$ massasining 1/12 qismiga nisbatiga teng qiymat moddaning *nisbiy molekular massasi* $M_r$ deyiladi.**

Nisbiy molekular massa son jihatdan modda molekulasi tarkibiga kiradigan barcha atomlar nisbiy atom massalarining yig'indisiga teng. Uni moddalarning formulasidan oson hisoblab topish mumkin*. Masalan, $M_r$ ($H_2O$) quyidagicha topiladi:

$$2A_r(H) = 2 \cdot 1{,}00797 = 2{,}01594$$

$$\frac{Ar(O) = 1 \cdot 15{,}9994 = 15{,}9994}{M_r(H_2O) = 18{,}01534}$$

Demak, suvning molekular massasi 18,01534 ga yoki yaxlitlaganda 18 ga teng.

Nisbiy molekular massa berilgan modda molekulasining massasi $^{12}C$ atomi massasining 1/12 qismidan necha marta katta ekanligini ko'rsatadi. Masalan, suvning molekular massasi 18 ga teng. Bu degan so'z, suv molekulasining massasi $^{12}C$ atom massasining 1/12 qismidan 18 marta katta demakdir. Nisbiy molekular massa — moddalarning asosiy xarakteristikalaridan biridir.

## 1.6- §. Mol. Molyar massa

Xalqaro birliklar sistemasi (SI) da modda miqdorining birligi sifatida mol qabul qilingan.

***Mol* — bu moddalarning 0,012 kg uglerod izotopi $^{12}C$ da nechta atom bo'lsa, tarkibida shuncha struktura birliklar (molekula, atom, ion, elektron va boshqalar) bo'ladigan miqdoridir.**

Bitta uglerod atomining massasini ($1{,}993 \cdot 10^{-26}$kg) bilgan holda 0,012 kg ugleroddagi atomlar soni $N_A$ ni hisoblab topish mumkin:

$$N_A = \frac{0{,}012\,\text{kg/mol}}{1{,}993 \cdot 10^{-26}\,\text{kg}} = 6{,}02 \cdot 10^{23}\,\text{g/mol}.$$

---

* Agar molekula tarkibiga ma'lum izotop atomlar kiradigan bo'lsa, u doim ko'rsatiladi (masalan, $H^{37}Cl$) va nisbiy molekular massani hisoblashda shu izotopning massasidan foydalaniladi. Agar faqat kimyoviy elementlarning simvollari ko'rsatiladigan bo'lsa, u holda moddaning molekular massasini hisoblashda $A_r$ ning qiymatidan foydalaniladi.

Bu son *Avogadro doimiysi* deyiladi (belgisi $N_A$, o'lchovi g/mol) va istalgan moddaning bir molidagi struktura birliklari sonini ko'rsatadi.

***Molyar massa* — modda massasining moddaning miqdoriga nisbatiga teng kattalik.**

Uning o'lchovi kg/mol yoki g/mol; odatda u *M* harfi bilan belgilanadi.

Molekulaning massasini bilgan holda moddaning molyar massasini oson hisoblab topish mumkin. Masalan, agar suv molekulasining massasi $2{,}99 \cdot 10^{-26}$ kg ga teng bo'lsa, u holda molyar massasi $M_r(H_2O)=2{,}99 \cdot 10^{-26}$ kg $\cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}$ g/mol = 0,018 kg/mol, ya'ni 18 g/mol. Umumiy holda moddaning g/mol da ifodalangan molyar massasi shu moddaning nisbiy atom yoki nisbiy molekular massasiga son jihatdan teng bo'ladi. Masalan, C, Fe, $O_2$, $H_2O$ larning nisbiy atom va molekular massalari tegishlicha 12, 56, 32, 18 ga teng, ularning molyar massalari esa tegishlicha 12 g/mol, 56 g/mol, 32 g/mol, 18 g/mol bo'ladi.

Molekular massani molekular holatdagi moddalar uchun ham, atomar holatdagi moddalar uchun ham hisoblab topish mumkin. Masalan, vodorodning nisbiy molekular massasi $M_r(H_2)=2$, vodorodning nisbiy atom massasi $A_r(H)=1$. Ikkala holda ham moddaning struktura birliklari soni ($N_A$) bilan aniqlangan miqdori bir xil — 1 mol. Lekin molekular vodorodning molyar massasi 2 g/mol, atomar vodorodning molyar massasi esa 1 g/mol. Bir mol atom, molekula yoki ionlardagi zarrachalar soni Avogadro doimiysiga teng bo'ladi, masalan:

1 mol $^{12}C$ atomlari= $6{,}02 \cdot 10^{23}$ atom $^{12}C$
1 mol $H_2O$ molekulalari= $6{,}02 \cdot 10^{23}$ molekula $H_2O$
1 mol $SO_4$ ionlari = $6{,}02 \cdot 10^{23}$ $SO_4$ ionlari

Massa bilan modda miqdori — har xil tushunchalardir. Massa kilogrammlarda (grammlarda), modda miqdori esa mollarda ifodalanadi. Moddaning massasi (*m*, g), moddaning miqdori (*n*, mol) va molyar massa (*M*, g/mol) orasida oddiy nisbatlar bor:

$$m = nM \qquad (1.1)$$

$$n=\frac{m}{M} \qquad (1.2)$$

$$M=\frac{m}{n} \qquad (1.3)$$

Shu formulalardan modda muayyan miqdorining massasini hisoblab topish yoki moddaning ma'lum massasidagi molyar sonini aniqlash, yoxud moddaning molyar massasini oson topish mumkin (1.12-§ ga — namunaviy masalalar yechishga q.).

## 1.7- §. Kimyoviy belgilar, formula va tenglamalar

Elementlarni *kimyoviy belgilar* (simvollar) bilan ifodalash qabul qilingan. Elementlarning simvoli element lotincha nomining bosh harfidan yoki bosh harfi bilan ikkinchi harfidan iborat bo'ladi: birinchi harf doimo bosh harf, ikkinchisi kichik harf bo'ladi. Masalan, vodorodning lotincha nomi Hydrogenium, belgisi H, kislorodniki — Oxygenium — O, aluminiyniki — Aluminium — Al, temirniki — Ferrum —Fe, ruxniki — Zincum —Zn va h.k.

Murakkab moddalarning tarkibi *kimyoviy formulalar* yordamida ifodalanadi. Masalan, $H_2SO_4$ formula bu sulfat kislota ekanligini bildiradi; uning 1 moli 2 mol vodorod atomlari, 1 mol oltingugurt atomlari va 4 mol kislorod atomlaridan hosil bo'lgan.

Oddiy moddalarning molekulalari ham, agar molekula nechta atomdan tarkib topganligi ma'lum bo'lsa, formulalar bilan belgilanadi. Masalan, $H_2$, $O_2$, $F_2$. Lekin, agar oddiy modda atomli yoki metall strukturaga ega bo'lsa yoki molekulaning atom tarkibi noma'lum bo'lsa, u holda elementning kimyoviy belgisi bilan tasvirlanadi. Masalan, He, Al, C. Moddaning tarkibini analiz qilish natijalariga qarab ham uning kimyoviy formulasini aniqlash mumkin (1.12-§ ga q.).

*Kimyoviy tenglamalar* kimyoviy formulalar va belgilar yordamida yoziladi. Ular kimyoviy reaksiyalarni tasvirlash uchun xizmat qiladi va moddalar massasining saqlanish qonunini aks ettiradi. Har qaysi tenglamaning ikki qismi bo'lib, ular orasiga tenglik alomati qo'yiladi. Tenglamaning chap qismiga reaksiyaga kirishadigan moddalarning formulalari, o'ng qismiga reaksiya natijasida hosil bo'ladigan moddalarning formulalari yoziladi. Har qaysi element atomlarining soni tenglamaning chap va o'ng qismlarida bir xil bo'lishi kerak.

Masalan, temir (III) xlorid bilan natriy gidroksidning o'zaro ta'sirlashish tenglamasini tuzamiz. Dastlab, shu reaksiyaning sxemasini, ya'ni reaksiyaning boshlang'ich va oxirgi moddalarining formulalarini yozib, strelka bilan reaksiyaning yo'nalishini ko'rsatamiz:

$$FeCl_3 + NaOH \rightarrow Fe(OH)_3 + NaCl$$

Tenglamaning chap va o'ng qismlaridagi temir, natriy, xlor, kislorod hamda vodorod atomlarining sonini tenglashtirish uchun NaCl bilan NaOH formulalar oldiga 3 koeffitsiyentni qo'yish lozim:

$$FeCl_3 + 3NaOH \rightarrow Fe(OH)_3 + 3NaCl$$

Olingan tenglamada har qaysi element atomlarining chap qismdagi soni shu atomlarning o'ng qismdagi soniga teng. Bu degan so'z, shu tenglama moddalar massasining saqlanish qonunini (1.9-§ ga q.) qanoatlantiradi va to'g'ri yozilgan, demakdir*. Kimyoviy reaksiyalarning tenglamalarida moddalarning formulalari oldiga qo'yilgan koeffitsiyentlar *stexiometrik koeffitsiyentlar* deyiladi.

*Stexiometriya* — kimyoning bo'limi bo'lib, unda reaksiyaga kirishayotgan moddalar orasidagi massa va hajmiy nisbatlar ko'rib chiqiladi. *Stexiometrik miqdor* — bu moddalarning reaksiya tenglamasiga yoki formulaga muvofiq keladigan miqdoridir. *Stexiometrik hisoblashlar* — bular kimyoviy formula va tenglamalar bo'yicha hisoblashlar, shuningdek, moddalarning formulalarini va reaksiyalarning tenglamalarini keltirib chiqarishdir.

Kimyoviy tenglamaning ikkala qismidagi koeffitsiyentlarni bir xil ko'paytirish yoki kamaytirish mumkin. Masalan, agar koeffitsiyentlarni bir mol natriy gidroksidga asoslanib tenglashtiradigan bo'lsak, u holda tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$^1/_3FeCl_3 + NaOH = {}^1/_3Fe(OH)_3 + NaCl$$

Bu holda ham tenglama to'g'ri bo'ladi, chunki moddalar massasining saqlanish qonuniga rioya qilingan bo'ladi. Koeffitsiyent 1 odatda tushirib qoldiriladi, ya'ni yozilmaydi.

Shunday qilib, kimyoviy tenglamada koeffitsiyentlar oddiy mulohazalar asosida tanlanadi, bunda oldin reaksiya sxemasi yozib qo'yiladi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalari uchun koeffitsiyentlar tanlashda boshqa usullardan (7.3-§ ga q.) foydalanish qulay.

Sanoatda va qishloq xo'jaligida, shuningdek, laboratoriya amaliyotida kimyoviy formula va tenglamalar asosida turli xil miqdoriy hisoblashlar bajariladi.

---

* Kimyoga (ayniqsa, organik kimyoga) doir ba'zi o'quv qo'llanmalarda reaksiyalarning tenglamalarida tenglik ishorasi o'rniga strelkadan foydalaniladi.

## 1.8- §. Kimyoviy reaksiyalar. Reaksiyalarni klassifikatsiyalash

Moddalar bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashib, turli xil o'zgarishlarga uchraydi. Masalan, berilliy 500 °C dan yuqori temperaturada havo kislorodi bilan o'zaro ta'sirlashib, berilliy oksidga aylanadi; ko'mir yonib, karbonat angidrid hosil bo'ladi va h. k.

**Bir xil moddalar tarkibi va xossalari jihatidan farq qiladigan boshqa moddalarga aylanadigan va bunda molekulalarining tarkibi o'zgaradigan hodisalar *kimyoviy hodisalar* deyiladi.**

Havoda oksidlanish, yonish, rudalardan metallarning olinishi, temirning zanglashi — bularning hammasi kimyoviy hodisalardir. Bu hodisalarni boshqacha qilib aytganda, *kimyoviy o'zgarishlar, kimyoviy reaksiyalar yoki kimyoviy o'zaro ta'sirlar* deyiladi.

Kimyoviy hodisalar bilan fizik hodisalarni bir-biridan farq qilish lozim.

***Fizik hodisalarda* moddalarning shakli yoki fizik holati o'zgaradi yoki molekulalarining tarkibi o'zgarishi hisobiga yangi moddalar hosil bo'ladi.**

Masalan, gazsimon ammiak suyuq azot bilan o'zaro ta'sir ettirilganda ammiak dastlab suyuq, so'ngra esa qattiq holatga o'tadi. Bu kimyoviy emas, balki fizik hodisadir, chunki moddaning tarkibi o'zgarmaydi. Yangi moddalar hosil bo'lishiga olib keladigan ba'zi hodisalar fizik hodisalar qatoriga kiradi. Masalan, bir xil elementlarning atomlaridan boshqa xil elementlarning atomlari hosil bo'ladigan yadro reaksiyalari (2.3-§ ga q.) fizik hodisalardir. Bunday hodisalarni *yadro fizikasi* o'rganadi.

Kimyoviy reaksiyalar kabi fizik hodisalar ham keng tarqalgan: metall o'tkazgichdan (simdan) elektr tokining o'tishi, metallarni bolg'alash va suyuqlantirish, issiqlik chiqishi, suvning muzga yoki bug'ga aylanishi va h.k.

Kimyoviy hodisalar vaqtida hamma vaqt fizik hodisa ham sodir bo'ladi. Masalan, magniy yonganda issiqlik va yorug'lik chiqadi, galvanik elementda kimyoviy reaksiyalar natijasida elektr toki vujudga keladi.

Atom-molekular ta'limot va massaning saqlanish qonuniga (1.9-§ ga q.) muvofiq kimyoviy reaksiyalarda qatnashgan moddalarning atomlaridan yangi moddalar (oddiy moddalar ham, murakkab moddalar ham) hosil bo'ladi, bunda har qaysi element atomlarining umumiy soni doimo o'zgarmasdan qoladi.

Kimyoviy reaksiyalar turli alomatlariga ko'ra klassifikatsiyalanadi.

*1. Issiqlik chiqishi yoki yutilishi alomatiga ko'ra.*

*Issiqlik chiqishi bilan boradigan reaksiyalar* ***ekzotermik reaksiyalar*** *deyiladi.* Masalan, vodorod bilan xlordan vodorod xlorid hosil bo'lish reaksiyasi:

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl, \qquad \Delta H = -184{,}6 \text{ kJ}$$

*Atrof-muhitdan issiqlik yutilishi bilan boradigan reaksiyalar* ***endotermik reaksiyalar*** *deyiladi.*

Masalan, azot bilan kisloroddan azot (II) oksid hosil bo'lishi reaksiyasi, u yuqori temperaturada sodir bo'ladi:

$$N_2 + O_2 = 2NO, \qquad \Delta H = 180{,}8 \text{ kJ}$$

Reaksiya natijasida chiqqan yoki yutilgan issiqlik miqdori *jarayonning* ***issiqlik effekti*** deyiladi.

*Kimyoning turli jarayonlardagi issiqlik effektlarini o'rganadigan bo'limi* ***termokimyo*** *deyiladi.*

Reaksiyaning issiqlik effektlari ham yozilgan kimyoviy tenglamalar ***termokimyoviy tenglamalar*** deyiladi. Bunday tenglamalarda formulalar oldidagi koeffitsiyentlar tegishli moddalarning mollar sonini bildiradi va shu sababli kasr sonlar bo'lishi ham mumkin.

Reaksiyaning issiqlik effekti temperatura bilan bosimga bog'liq bo'lganligi sababli, uni standart sharoit uchun keltirishga shartlashib olingan: temperatura 25 °C (298 yoki aniqrog'i 298,15 K) va bosim $p = 101\,325$ Pa $\approx 101{,}3$ kPa. Termokimyoviy tenglamalarda moddalarning holati ham ko'rsatiladi: kristall (k), suyuq (s), gazsimon (g), erigan (e) va b. Issiqlik effektini $\Delta H$ (delta ash deb o'qiladi) bilan belgilash, kilojoullarda (kJ) ifodalash va moddaning reaksiya tenglamasida ko'rsatilgan mollar soniga nisbatan olish qabul qilingan. Endotermik jarayonlarda (issiqlik yutiladi, $\Delta H<0$) issiqlik effektlarining ishorasi musbat va ekzotermik jarayonlarda (issiqlik chiqadi, $\Delta H>0$) manfiy hisoblanadi.

Reaksiya issiqlik effekti $\Delta H$ ning ma'nosini tushunib olamiz. Har qanday moddaning ma'lum entalpiyasi (issiqlik saqlami) bo'ladi. Entalpiya (lotincha $H$ harfi bilan belgilanadi) modda hosil bo'lishida to'planadigan energiyaning o'lchovidir. Reaksiyaning o'zgarmas bosimdagi issiqlik effekti $\Delta H$ reaksiyaning oxirgi mahsulotlari entalpiyasi ($H_{ox}$) bilan reaksiyaga kirishayotgan boshlang'ich moddalar entalpiyasining ($H_{bosh}$) ayirmasidan iborat, ya'ni

$$\Delta H = H_{ox} - H_{bosh}$$



20.12/78 A/935 Alisher Navoiy nomidagi O'zbekiston MK

$\Delta H$ kattalikning (bu yerda grek harfi $\Delta$— delta — ayirmani bildiradi) fizik ma'nosi ana shundadir. Izobar reaksiyalar uchun ko'pincha „issiqlik effekti" termini o'rniga „jarayonning entalpiyasi" degan termindan foydalaniladi.

Agar reaksiya oxirgi mahsulotlarining hammasi va boshlang'ich moddalar *standart holatlarda* ($T$= 298 K, $p \approx$ 101,3 kPa) bo'lsa, u holda $\Delta H$ *jarayonning standart entalpiyasi* deyiladi va $\Delta H^0_{298}$ yoki faqat yuqorigi indeks bilan $\Delta H^0$ kabi belgilanadi.

Yuqorida aytilganlarga mufoviq, standart sharoitda tegishli oddiy moddalardan vodorod xlorid hosil bo'lish ekzotermik reaksiyasining va azot (II) oksid hosil bo'lish endotermik reaksiyasining termokimyoviy tenglamalari quyidagicha yoziladi:

I. $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} = 2HCl_{(g)}$, $\quad H^0_{298} = -184,6$ kJ

yoki

II. $^1/_2H_{2(g)}+^1/_2Cl_{2(g)}=HCl_{(g)}$, $\quad H^0_{298} = -92,3$ kJ/mol

va

I. $N_{2(g)} + O_{2(g)} = 2NO_{(g)}$, $\quad H^0_{298} = 180,8$ kJ

yoki

II. $^1/_2N_{2(g)}+^1/_2O_{(g)}=NO_{(g)}$, $\quad H^0_{298} = 90,4$ kJ/mol

(II) tenglama standart sharoitda 0,5 mol gazsimon vodorod bilan 0,5 mol gazsimon xlordan 1 mol gazsimon vodorod xlorid hosil bo'lishida 92,3 kJ issiqlik chiqishini, standart sharoitda 0,5 mol gazsimon azot bilan 0,5 mol gazsimon kisloroddan 1 mol gazsimon azot (II) oksid hosil bo'lishida esa 90,4 kJ issiqlik yutilishini bildiradi. (I) tenglamalarda „mol" so'zi tushirib qoldirilgan, chunki $\Delta H$ bir molga emas, balki ikki molga tegishlidir. Ekzotermik reaksiyalar uchun $\Delta H$ belgisi oldidagi minus ishora reaksiya mahsulotlarida energiya zaxirasi boshlang'ich moddalardagiga nisbatan kam ekanligini bildiradi. Endotermik reaksiyalar uchun $\Delta H$ qiymatlari oldidagi plus ishora reaksiya mahsulotlari tashqi muhitdan issiqlikni yutib, o'z energiyasini boshlang'ich moddalarning energiyasiga nisbatan ko'paytirganligini bildiradi.

Ravshanki, agar birikish reaksiyasida issiqlik chiqsa, unga teskari reaksiya — ajralish reaksiyasida issiqlik yutiladi. Agar birikish reaksiyasi issiqlik yutilishi bilan borsa, u holda unga teskari — ajralish reaksiyasi issiqlik chiqishi bilan boradi. Masalan, birinchi misolda 1 mol vodorod xloridning hosil bo'lish issiqligi

$\Delta H^0_{298}$ – 92,3 kJ ga, vodorod xloridning ajralish issiqligi $\Delta H^0_{298}$ esa – 92,3 kJ ga teng; ikkinchi misolda 1 mol azot (II) oksidning hosil bo'lish issiqligi $\Delta H^0_{298}$ – 90,4 kJ ga, 1 mol shu azot (II) oksidning ajralish issiqligi $\Delta H^0_{298}$ esa – 90,4 kJ ga teng.

Maktab kimyo darsliklarida va ko'pchilik o'quv qo'llanmalarda reaksiyalarning issiqlik effektlari $Q$ orqali belgilanadi va agar issiqlik chiqadigan bo'lsa, musbat, agar issiqlik yutiladigan bo'lsa, manfiy hisoblanadi. Ravshanki, $\Delta H = -Q$. Issiqlik effektlarining biz keltirgan belgilanishiga rioya qilish lozim, chunki u termodinamika bilan bir xilda bo'lishi uchun shunday belgilangan.

Kimyoviy reaksiyalarning issiqlik effekti maxsus asboblar — *kalorimetrlar* yordamida o'lchanadi. Ularning tuzilishi fizika va fizikaviy kimyo kurslarida bayon qilinadi:

2. *Boshlang'ich va oxirgi moddalar sonining o'zgarishiga qarab reaksiyalar quyidagi turlarga bo'linadi: birikish, ajralish, o'rin olish va almashinish reaksiyalari.*

Reaksiya natijasida ikkita yoki bir nechta moddalardan bitta yangi modda hosil bo'ladigan reaksiyalar *birikish reaksiyalari* deyiladi. Masalan, vodorod xloridning ammiak bilan o'zaro ta'siri:

$$HCl+NH_3=NH_4Cl$$

yoki oddiy moddalardan magniy oksidning hosil bo'lishi:

$$2Mg+O_2=2MgO$$

Reaksiya natijasida bitta moddadan bir necha yangi moddalar hosil bo'lsa, bunday reaksiyalar *ajralish reaksiyalari* deyiladi.

Masalan, vodorod yodidning ajralishi: $2HI=H_2+I_2$ yoki kaliy permanganatning ajralishi:

$$2KMnO_4=K_2MnO_4+MnO_2+O_2$$

Oddiy va murakkab moddalar o'zaro ta'sirlashib, natijada oddiy modda atomlari murakkab modda elementlaridan birining o'rnini olsa, bunday reaksiyalar *o'rin olish reaksiyalari* deyiladi.

Masalan, qo'rg'oshin (II) nitratda qo'rg'oshinning o'rnini rux olishi:

$$Pb(NO_3)_2+Zn=Zn(NO_3)_2+Pb$$

yoki xlorning bromni siqib chiqarishi:

$$2NaBr + Cl_2=Br_2+2NaCl$$

Ikki modda o'zining tarkibiy qismlari bilan almashinib, ikkita yangi modda hosil qiladigan reaksiyalar *almashinish reaksiyalari* deyiladi. Masalan, aluminiy oksidning sulfat kislota bilan o'zaro ta'siri:

$$Al_2O_3+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2O$$

yoki kalsiy xloridning kumush nitrat bilan o'zaro ta'siri:

$$CaCl_2+2AgNO_3=2AgCl+Ca(NO_3)_2$$

yoki asosning kislota bilan o'zaro ta'siri:

$$Ca(OH)_2+2HCl=CaCl_2+2H_2O$$

*3. Qaytarlik alomatiga ko'ra reaksiyalar qaytar va qaytmas reaksiyalarga bo'linadi* (4.5-§ ga q.).

*4. Reaksiyaga kirishayotgan moddalar tarkibiga kiruvchi atomlarning oksidlanish darajasining o'zgarishiga qarab, atomlarning oksidlanish darajasi o'zgarmaydigan reaksiyalar va oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari (atomlarning oksidlanish darajasi o'zgaradigan) bo'ladi.* Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqida 7.1-§ ga q.

## 1.9- §. Moddalar massasining saqlanish qonuni

Atom-molekular ta'limot asosida kimyoning asosiy qonunlarini: moddalar massasining saqlanish qonuni, tarkibning doimiylik qonuni, hajmiy nisbatlar qonuni va Avogadro qonunini ko'rib chiqamiz. Bu qonunlar atom-molekular ta'limotni – yangi kimyoning asosini* tasdiqlaydi. Atom-molekular ta'limot, o'z navbatida, kimyoning asosiy qonunlarini tushuntirib berdi.

Moddalar massasining saqlanish qonunini dastlab 1748-yilda M.V.Lomonosov ta'riflab bergan. Keyinchalik (1756-yilda) u bu qonunni tajribada asoslab berdi. Qonunning hozirgi ta'rifi quyidagicha:

**kimyoviy reaksiyaga kirishadigan moddalarning massasi reaksiya natijasida hosil bo'ladigan moddalarning massasiga teng.**

---

* Yangi kimyo M.V. Lomonosov ishlaridan – moddalar massasining saqlanish qonunining kashf etilishi, rivojlantirilishi va kimyoda atom-molekular ta'limotning tatbiq etilishidan boshlangan, h o z i r g i kimyo esa Davriy qonun va D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasining kashf etilishidan boshlangan.

Lomonosovdan keyin mustaqil ravishda bu qonunni 1789-yilda fransuz kimyogari Lavuazye ham ta'riflab berdi. U ham metallarning oksidlanishiga doir ko'p reaksiyalarni o'rganib, qonunni tajribada isbotladi.

Moddalar massasining saqlanish qonunini atom-molekular ta'limot nuqtayi nazaridan shunday izohlash mumkin: kimyoviy reaksiyalarda atomlar yo'qolmaydi va yo'qdan vujudga kelishi mumkin emas; reaksiyagacha va reaksiyadan keyin atomlarning umumiy soni o'zgarmasligicha qoladi. Masalan, vodorod bilan xlorning ikki atomli molekulalari o'zaro ta'sir ettirilganda shuncha HCl molekulasi hosil bo'lishi kerakki, vodorod bilan xlor atomlarining soni ikkiga teng bo'lsin, ya'ni ikki molekula HCl hosil bo'lishi kerak:

$$H_2+Cl_2=2HCl$$

Atomlarning massasi o'zgarmaganligi sababli moddalarning reaksiyagacha va reaksiyadan keyingi massalari ham o'zgarmaydi.

Moddalar massasining saqlanish qonunini M.V.Lomonosov energiyaning (harakat miqdorining) saqlanish qonuni bilan bog'ladi. U bu qonunlarni birgalikda, tabiatning umumiy qonuni sifatida qaradi va 1784-yilda quyidagicha ta'rifladi: „Tabiatdagi barcha o'zgarishlarning mohiyati shundan iboratki, bir jismdan qancha olinsa, boshqasiga shuncha qo'shiladi. Masalan, agar qayerdadir materiya biroz kamaysa, boshqa joyda ko'payadi. Bu umumiy tabiiy qonun harakat qoidalariga ham taalluqlidir: o'z kuchi bilan boshqa jismni harakatlantirayotgan jism harakat olayotgan jismga qancha kuch bersa, o'zidan shuncha kuch yo'qotadi".

Shunday qilib, moddalar massasining saqlanish va energiyaning saqlanish qonunlari — bular tabiatning yagona qonunining — materiya va uning harakatining abadiylik qonunining ikki tomonidir.

Lomonosovning fikrlarini hozirgi fan tasdiqladi. Massa bilan energiya orasidagi o'zaro bog'liqlik (u fizika kursida ko'rib chiqiladi) Eynshteyn tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$E=mc^2$$

bunda: $E$ — energiya, $m$ — massa, $c$ — yorug'likning vakuumdagi tezligi.

Moddalar massasining saqlanish qonuni kimyoviy reaksiyalarning tenglamalarini tuzish uchun moddiy asos beradi. Unga asoslanib, kimyoviy tenglamalar bo'yicha hisoblashlar o'tkazish mumkin (1.12-§ ga q.).

## 1.10- §. Modda tarkibining doimiylik qonuni

*Tarkibning doimiylik qonuni* kimyoning asosiy qonunlari qatoriga kiradi:

**har qanday toza modda, olinish usulidan qat'i nazar, o'zgarmas sifat va miqdoriy tarkibga ega bo'ladi.**

Masalan, uglerod (IV) oksid (karbonat angidrid) $CO_2$ ning tarkibini ko'rib chiqamiz. U uglerod bilan kisloroddan tarkib topgan (sifat tarkibi). $CO_2$ da uglerodning miqdori 27,27%, kislorodniki — 72,73% (miqdoriy tarkibi). Karbonat angidridni ko'p usullar: uglerod bilan kisloroddan; uglerod (II) oksid bilan kisloroddan sintez qilish, karbonatlarga kislotalar ta'sir ettirish va boshqa usullar bilan olish mumkin. Barcha hollarda toza uglerod (IV) oksid, olinish usulidan qat'i nazar, yuqorida keltirilgan tarkibga ega bo'ladi.

Atom-molekular ta'limot tarkibning doimiylik qonunini tushuntirishga imkon beradi. Atomlarning massasi tarkibi ham umuman o'zgarmas bo'ladi.

Tarkibning doimiylik qonunini dastlab fransuz kimyogar olimi J.Prust 1808-yilda ta'riflab berdi. U „Yerning bir qutbidan boshqa qutbigacha bo'lgan joydagi birikmalarning tarkibi bir xil va xossalari ham bir xil bo'ladi. Janubiy yarimshardagi temir oksid bilan Shimoliy yarimshardagi temir oksid orasida hech qanday farq yo'q. Sibirdagi malaxitning tarkibi Ispaniyadagi malaxitning tarkibi bilan bir xil. Butun dunyoda faqat bir xil kinovar bor", deb yozgan edi.

Qonunning bu ta'rifida yuqorida keltirilgan ta'rifidagi kabi olinish usulidan va qayerda bo'lishidan qat'i nazar, birikmaning tarkibi o'zgarmas bo'lishi ta'kidlanadi.

Kimyoning rivojlanishi shuni ko'rsatadiki, *o'zgarmas tarkibli birikmalar* bilan bir qatorda, *o'zgaruvchan tarkibli birikmalar* ham bo'lar ekan. N.S.Kurnakovning taklifiga ko'ra o'zgarmas tarkibli birikmalar *daltonidlar* (ingliz kimyogari va fizigi Daltonning xotirasiga), o'zgaruvchan tarkiblilari — *bertollidlar* (shunday birikmalar borligini oldindan aytgan fransuz kimyogari Bertolle xotirasiga) deb ataladi. Daltonidlarning tarkibi butun sonli stexiometrik indekslari bor oddiy formulalar bilan ifodalanadi, masalan, $H_2O$, HJ, $CCl_4$, $CO_2$. Bertolitlarning tarkibi o'zgarib turadi va stexiometrik nisbatlarga muvofiq kelmaydi. Masalan, uran (VI) oksidning tarkibi odatda $UO_3$ formula bilan ifodalanadi. Haqiqatda esa uning tarkibi $UO_{2,5}$ dan $UO_3$ gacha bo'ladi. Olinish sharoitiga

qarab, vanadiy (II) oksidning tarkibi $VO_{0,9}$ dan $VO_{1,3}$ gacha bo'lishi mumkin. Sirkoniy azot bilan o'zaro ta'sir ettirilganda sirkoniy nitrid hosil bo'ladi. ZrN tarkibli birikmadan tashqari $ZrN_{0,59}$, $ZrN_{0,69}$, $ZrN_{0,74}$ va $ZrN_{0,89}$ nitridlar ham bo'ladi. Bertollidlar oksidlar, gidridlar, sulfidlar, nitridlar, karbidlar (uglerodli birikmalar), silitsidlar (kremniyli birikmalar) va kristall strukturaga ega bo'lgan boshqa anorganik birikmalar orasida uchraydi.

O'zgaruvchan tarkibli birikmalar borligi munosabati bilan tarkibning doimiylik qonunining hozirgi ta'rifiga aniqlik kiritish kerak bo'ladi.

**Molekular strukturali, ya'ni molekulalardan tuzilgan birikmalarning tarkibi, olinish usulidan qat'i nazar *o'zgarmas* bo'ladi, nomolekular strukturali (atomli, ionli va metall panjarali) birikmalarning tarkibi esa *o'zgaruvchandir* va olinish sharoitlariga bog'liq bo'ladi.**

Masalan, vanadiy (II) oksidning tarkibi temperaturaga va sintezda ishlatiladigan kislorodning bosimiga bog'liq bo'ladi. Elementlarning izotop tarkibini ham hisobga olish kerak: masalan, odatdagi suvda 11,19%, og'ir suvda esa – 20% vodorod bo'ladi (8.4-§ ga q.).

## 1.11- §. Gaz qonunlari. Avogadro qonuni. Gazning molyar hajmi

Gazlar tekshirish uchun eng oddiy obyekt bo'lganligi sababli, ularning xossalari va gazsimon moddalar orasidagi reaksiyalar eng to'liq o'rganilgan.

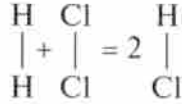
Fransuz olimi J.L.Gey-Lyussak hajmiy nisbatlar qonunini aniqladi:

**reaksiyaga kirishayotgan gazlarning hajmlari bir xil sharoitda (temperatura va bosimda) bir-biriga oddiy butun sonlar nisbatida bo'ladi.**

Masalan, 1 l xlor 1 l vodorod bilan birikib, 2 l vodorod xlorid hosil qiladi; 2 l oltingugurt (IV) oksid 1 l kislorod bilan birikib, 2 l oltingugurt (VI) oksid hosil qiladi.

Bu qonun Italiya olimi A.Avogadroga oddiy gazlarning (vodorod, kislorod, azot, xlor va boshqalar) molekulalari ikkita bir xil atomlardan tarkib topgan, deb taxmin qilishga imkon berdi. Vodorod bilan xlorning birikishida ularning molekulalari atomlarga ajraladi va bu atomlar vodorod xlorid molekulalarini hosil qiladi.

Lekin vodorodning bitta molekulasi bilan xlorning bitta molekulasidan ikki molekula vodorod xlorid hosil bo'lgani uchun uning hajmi boshlang'ich gazlar hajmlarining yig'indisiga teng bo'lishi kerak, ya'ni



yoki

$$H_2+Cl_2=2HCl$$

Shunday qilib, agar oddiy gazlarning molekulalari ikki atomli bo'ladi ($H_2$, $Cl_2$, $O_2$, $N_2$ va boshqalar), degan tasavvurga asoslansak, hajmiy nisbatlarni oson tushuntirish mumkin. Bu esa, o'z navbatida, shu moddalar molekulalarining ikki atomli ekanligining isboti bo'ladi.

Gazlarning xossalarini o'rganish A.Avogadroga gipoteza aytishga imkon berdi, keyinchalik bu gipoteza tajriba ma'lumotlari bilan tasdiqlandi va shu sababli *Avogadro qonuni* deb atala boshlandi:

**bir xil sharoitda (temperatura va bosimda) turli gazlarning teng hajmlarida molekulalar soni bir xil bo'ladi.**

Avogadro qonunidan muhim xulosa kelib chiqadi: bir xil sharoitda istalgan gazning 1 moli bir xil hajmni egallaydi. Agar 1 l gazning massasi ma'lum bo'lsa, bu hajmni hisoblab topish mumkin. Normal sharoitda, ya'ni 273 K (0°C) temperatura va 101 325 Pa bosimda 1 l vodorodning massasi 0,09 g ga, uning molyar massasi 1,008·2=2,016 g/mol ga teng. U holda 1 mol vodorod egallagan hajm quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{2{,}016\ \text{g/mol}}{0{,}09\ \text{g/mol}} = 22{,}4\ \text{l/mol}$$

Xuddi o'sha sharoitda 1 l kislorodning massasi 1,429 g; molyar massasi 32 g/mol. U holda hajmi quyidagiga teng:

$$\frac{32\ \text{g/mol}}{1{,}429\ \text{g/l}} = 22{,}4\ \text{l/mol}$$

Demak,

**normal sharoitda turli gazlarning 1 moli 22,4 l ga teng hajmni egallaydi. Bu hajm *gazning molyar hajmi** deyiladi.**

---

* Aniq qiymati 22,4135 ± 0,0006 l/mol.

**Gazning molyar hajmi — bu modda hajmining shu moddaning miqdoriga nisbatidir:**

$$V_m = \frac{V}{n},$$

bunda: $V_m$ – gazning molyar hajmi (o'lcham birligi $m^3$/mol yoki l/mol); $V$ – sistemadagi moddaning hajmi; $n$ – sistemadagi moddaning miqdori. Yozuvga misol: gazning $V_m$(n.sh.)≈22,4 l/mol.

1860-yilda kimyogarlarning Karlsruedagi Xalqaro syezdida Avogadro ta'limoti umum tomonidan e'tirof etildi. Syezd atom-molekular ta'limotning rivojlanishiga kuchli turtki bo'ldi. Lekin bu ta'limot D.I.Mendeleyev kimyoviy elementlarning davriy qonunini kashf etgandan keyin, ayniqsa tez rivojlandi.

Avogadro qonuni asosida gazsimon moddalarning molyar massalari aniqlanadi. Gaz molekulalarining massasi qancha katta bo'lsa, bir xil hajmdagi gazning massasi shuncha katta bo'ladi. Gazlarning teng hajmlarida bir xil sharoitda molekulalar soni, binobarin, gazlarning mollar soni bir xil bo'ladi. Gazlarning teng hajmlari massalarining nisbati ularning molyar massalarining nisbatiga teng:

$$m_1 : m_2 = M_1 : M_2 \qquad (1.6)$$

bunda: $m_1$ – birinchi gaz muayyan hajmining massasi, $m_2$ – ikkinchi gaz xuddi shunday hajmining massasi, $M_1$ va $M_2$ – birinchi va ikkinchi gazning molyar massalari.

**Bir gaz muayyan massasining xuddi shunday hajmdagi ikkinchi gaz (o'sha sharoitlarda olingan) massasiga nisbati birinchi gazning ikkinchi gazga nisbatan *zichligi* deyiladi va *D* harfi bilan belgilanadi:**

$$\frac{M_1}{M_2} = D, \text{ bundan } M_1 = M_2 D \qquad (1.7)$$

Odatda, gazning zichligi eng yengil gaz – vodorodga nisbatan aniqlanadi ($D_{H_2}$ bilan belgilanadi). Vodorodning molyar massasi 2,016 g/molga yoki taqriban 2 g/molga teng. Shu sababli quyidagini olamiz:

$$M = 2D_{H_2} \qquad (1.8)$$

**Moddaning gaz holatidagi molyar massasi uning vodorod bo'yicha zichligining ikkiga ko'paytirilganiga teng.**

Ko'pincha, gazning zichligi havoga nisbatan aniqlanadi. Havo gazlar aralashmasi bo'lsa ham har holda uning o'rtacha molekular massasi bor, deyiladi. Bu massa 29 g/molga teng*. Bu holda molyar massa ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$M=2D_h \qquad (1.9)$$

Molekular massalarni aniqlash shuni ko'rsatdiki, oddiy gazlarning molekulalari ikki atomdan ($H_2$, $F_2$, $Cl_2$, $O_2$, $N_2$), nodir gazlarning molekulalari esa bir atomdan tarkib topgan (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn). Nodir gazlar uchun „molekula" va „atom" tushunchalari teng qimmatlidir. Lekin ayrim boshqa oddiy moddalarning molekulalari uch va undan ko'p atomlardan tarkib topgan, masalan, ozon $O_3$, fosfor $R_4$ molekulalari, o'rtacha temperaturada oltingugurt bug'lari $S_8$.

Avogadro qonuni asosida turli hisoblashlar o'tkaziladi – gazlarning normal sharoitdagi hajmi, massasi, zichligi, gazsimon moddalarning molyar massasi, shuningdek, gazlarning nisbiy zichligi hisoblab topiladi (1.12-§ ga q.).

Gazsimon moddalar bilan bog'liq hisoblashlarga doir kimyoviy masalalarni yechish uchun ko'pincha maktab fizika kursida o'rganiladigan gaz qonunlaridan foydalanishga to'g'ri keladi. Ularni bu yerda batafsil ko'rib o'tirmay, ta'riflarini va hisoblashlar uchun zaruriy formulalarni keltirish bilan kifoyalanamiz.

**Boyl-Mariott qonuni:** *berilgan miqdordagi gazning o'zgarmas temperaturadagi hajmi shu gazning bosimiga teskari proporsionaldir.*

Bundan

$$pV=\text{const}, \qquad (1.10)$$

bu yerda $p$ – bosim, $V$ – gazning hajmi.

**Gey-Lyussak qonuni:** *o'zgarmas bosimda gaz hajmining o'zgarishi temperaturaga to'g'ri proporsional, ya'ni*

$$VT=\text{const}, \qquad (1.11)$$

bu yerda $T$ – temperatura, K (Kelvin) hisobida.

---

* Agar havoning taxminan 4 hajm azot (molyar massasi 28 g/mol) va 1 hajm kisloroddan (molyar massasi 32 g/mol), ya'ni $4N_2+O_2$ dan tarkib topganligi hisobga olinsa, uning o'rtacha molyar massasini hisoblab topish mumkin. Bunda quyidagicha ish yuritiladi: $M_r = \frac{4\cdot 28+1\cdot 32}{4+1} = 28,8$ g/mol (yaxlitlangani 29 g/mol).

**Boyl-Mariott bilan Gey-Lyussakning birlashgan gaz qonuni:**

$$pV/T=\text{const.} \qquad (1.12)$$

Bu formula odatda gazning biror boshqa sharoitdagi hajmi ma'lum bo'lganda uning berilgan sharoitdagi hajmini hisoblab topish uchun ishlatiladi. Agar normal sharoitdan boshqa sharoitga (yoki normal sharoitga) o'tiladigan bo'lsa, u holda bu formula quyidagicha yoziladi:

$$\frac{pV}{T}=\frac{p_0V_0}{T_0}, \qquad (1.13)$$

bu yerda: $p_0$, $V_0$, $T_0$ – gazning bosimi, hajmi va normal sharoitdagi ($p_0$=101 325 Pa, $T_0$=273 K) temperaturasi.

Agar gazning massasi yoki miqdori ma'lum bo'lib, uning hajmini hisoblab topish zarur bo'lsa, u holda *Mendeleyev-Klapeyron tenglamasidan* foydalaniladi:

$$pV=nRT, \qquad (1.14)$$

$$pV=\frac{m}{M}RT, \qquad (1.15)$$

bu yerda: $n$ – gazning mollar soni, $m$ – massasi ($r$), $M$ – gazning molyar massasi (g/mol), $R$ – universal gaz doimiysi. $R$=8,31 J (mol K)[1].

Kimyodan hisoblashga doir masalalarni yechish uchun gaz qonunlaridan foydalanish 1.12-§ da ko'rib chiqilgan.

## 1.12- §. Namunaviy masalalar yechish. Mol. Molyar massa

**1-masala.** 176 g massali oltingugurtda atom holidagi oltingugurt moddasidan qancha miqdorda borligini aniqlang.

*Yechish.* Oltingugurtning nisbiy atom massasi, $A_r(S)$=32[2]. Atomar oltingugurtning molyar massasi 32 g/ molga teng. Demak, 176 g da quyidagi miqdorda atomar oltingugurt bo'ladi.

$$\frac{176}{32}\ \text{mol}=5,5\ \text{mol}.$$

**2-masala.** 40 g $CaCO_3$ da necha mol kalsiy karbonat borligini hisoblab toping.

---

[1] Bu qiymatdan agar bosim Pa da, hajm esa $m^3$ da yoki tegishlicha kPa va *l* da o'lchangan bo'lsagina foydalaniladi.

[2] Bu yerda va bundan keyin masalalar yechishda maxsus aytib o'tilmagan bo'lsa, nisbiy atom massalarning yaxlitlangan qiymatlaridan foydalaniladi.

*Yechish.* $CaCO_3$ ning nisbiy molekular massasi $M_r(CaCO_3)=$ $=40+12+3\cdot16=100$, ya'ni kalsiy karbonatning molyar massasi 100 g/molni tashkil etadi. Demak, 40 g da quyidagi miqdorda $CaCO_3$ bo'ladi:

$$\frac{40}{100}\ \text{mol}=0{,}4\ \text{mol}.$$

**3-masala.** 15 mol kaliy nitratning massasini aniqlang.

*Yechish.* Kaliy nitratning molyar massasi 101 g/molga teng. (1.1) formulaga muvofiq 15 mol $KNO_3$ ning massasi $15\cdot101$ g= $=1515$ g bo'ladi.

**4-masala.** Kumushning nisbiy atom massasi 108 ga teng. Bir atom kumushning grammlar hisobidagi massasini aniqlang.

*Yechish.* Kumush atomlarining molyar massasi son jihatdan nisbiy atom massasiga teng bo'lganligi sababli u 108 g/molga teng. 1 mol kumushda $6{,}02\cdot10^{23}$ atom borligini bilgan holda bir atomning massasini topamiz:

$$\frac{108}{6{,}02\cdot10^{23}}\ \text{g}=1{,}79\cdot10^{-24}\text{g}.$$

**5-masala.** 6,8 g vodorod sulfidda nechta molekula bor? Bitta $H_2S$ molekulasining massasini hisoblab toping.

*Yechish.* $H_2S$ ning molyar massasi 34 g/molga teng. 6,8 g dagi vodorod sulfidning mollar sonini aniqlaymiz:

$$\frac{6{,}8}{34}\ \text{mol}=0{,}2\ \text{mol}$$

Istalgan moddaning 1 molida $6{,}02\cdot10^{23}$ struktura birliklar bo'lishini bilgan holda 0,2 mol vodorod sulfiddagi molekulalar sonini topamiz:

$$0{,}2\cdot6{,}02\cdot10^{23}=1{,}204\cdot10^{23}\ \text{molekula}$$

Vodorod sulfid bitta molekulasining massasini aniqlaymiz:

$$\frac{34}{6{,}02\cdot10^{23}}\ \text{g}=5{,}65\cdot10^{-23}\text{g}.$$

### Kimyoviy formulalar va ular asosidagi hisoblashlar

**1-masala.** D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasining III davr I–V gruppa elementlarining selen bilan hosil qilgan birikmalarining formulalarini yozing. Selen birikmalarda ikki valentli bo'ladi.

*Yechish.* III davr I–V gruppalardagi elementlarning simvollarini yozib, ular uchun eng xos bo'lgan valentliklarni qavs ichida ko'rsatamiz: Na (I), Mg (II), Al (III), Si (IV), P(V). Elementlarning bu valentliklarini hisobga olib, selenidlarning formulalarini yozamiz: $Na_2Se$, MgSe, $Al_2Se_3$, $SiSe_2$, $P_2Se_5$.

**2-masala.** Marganes (IV) va marganes (VII) oksidlardagi marganesning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Masala shartida keltirilgan marganes va uning birikmalari molyar massalarini quyida keltiramiz:

$M(Mn)=55$ g/atom

$M(MnO_2)=55+32=87$ g/mol

$M(Mn_2O_7)=2\cdot55+7\cdot16=222$ g/mol

1. Miqdori 1 mol bo'lgan $MnO_2$ da:

87 g/mol $MnO_2$ ni 100% deb, uning tarkibidagi Mn ning massasini $x$ % deb qabul qilamiz va quyidagi proporsiyani tuzamiz:

87 g $MnO_2$ – 100 %

55 g Mn – $x$ % bo'lsa,

undan $x=\frac{55\cdot100\%}{87\%}=63,2\%$ Mn bo'ladi, ya'ni marganes (IV) oksid tarkibidagi Mn ning massa ulushi $\omega(Mn)=63,2\%$ bo'ladi.

2. Xuddi shu yo'lda $Mn_2O_7$ dagi Mn ning massa ulushi uchun proporsiyani tuzamiz:

222 — 100%

$2\cdot55$ — $\omega(Mn)$ bo'lsa, undan

$\omega(Mn)=\frac{2\cdot55\cdot100\%}{222}=49,5\%$ bo'ladi.

**3-masala.** Tarkibida 40% mishyak (III) oksid va 60% mishyak (V) oksid bo'lgan 200 g aralashmadan necha gramm mishyak olish mumkin?

*Yechish.* Masala shartida berilgan moddalarning massalarini topish uchun proporsiyalar tuzamiz:

1. 200 g aralashma 100%

$m$ g $As_2O_3$ 40% bo'lsa, undan

$m(As_2O_3)=\frac{200\cdot40\%}{100\%}=80$ g $As_2O_3$ va shunday proporsiya asosida

$m(As_2O_5)=\frac{200\cdot60\%}{100\%}=120$ g $As_2O_5$ ni olamiz.

2. Topilgan massadagi moddalar tarkibidagi mishyak massalarini topish uchun M(As)=75 g/mol, $M(As_2O_3)$=198 g/mol, $M(As_2O_5)$=230 g/mol qiymatlardan quyidagi proporsiyalardan mishyak massalarini hisoblaymiz:

a) 198 g $As_2O_3$ da 2·75 g As bo'lsa,

80 g $As_2O_3$ da $x$ g As bo'ladi, ya'ni

$$x = \frac{80 \cdot 2 \cdot 75}{198} = 60,6 \text{ g As ni topamiz;}$$

b) 230 g $As_2O_5$ da 2·75 g mishyak bo'lsa,

120 g $As_2O_5$ da $-$ $y$ g mishyak bo'ladi, undan

$$y = \frac{120 \cdot 2 \cdot 75}{230} = 78,3 \text{ g mishyak bo'ladi.}$$

Javob: 200 g aralashmadan 60,6+78,3=138,9 g As olish mumkin ekan.

### Analiz natijalaridan moddaning formulasini topish

**1-masala.** Tarkibida 40% kalsiy, 12% uglerod va 48% kislorod bor moddaning formulasini aniqlang.

*Yechish.* 1 mol moddadagi atomar kalsiyning mollar sonini $x$ orqali, uglerodnikini $y$ orqali, kislorodnikini $z$ orqali belgilaymiz. Moddaning formulasi $Ca_xC_yO_z$ bo'ladi. Shu moddaning 100 grammida 40 g Ca, 12 g C va 48 g O bo'ladi. Atomlarning molyar massasi quyidagiga teng: kalsiyniki 40 g/mol, uglerodniki 12 g/mol, kislorodniki 16 g/mol. Agar hamma elementlarning massalarini ular atomlarining molyar massalariga bo'lsak, u holda birikmadagi atomlar mollar sonining nisbatini olamiz:

$$x : y : z = \frac{40}{40} : \frac{12}{12} : \frac{48}{16} = 1 : 1 : 3$$

Birikmaning formulasi $CaCO_3$.

**2-masala.** Modda tarkibida 20% vodorod va 80% uglerod bor. Agar uning molyar massasi 30 g/molga teng bo'lsa, shu moddaning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Moddaning formulasini $C_xH_y$ tarzida tasavvur qilamiz, bunda $x$ va $y$ $-$ 1 mol moddadagi atomar C va H larning mollar soni. Molyar massalar quyidagiga teng: uglerodniki 12 g/mol, vodorodniki 1 g/mol. 100 g $C_x$ da $H_y$ 80 g C va 20 g H bo'ladi, $x$ bilan $y$ ning nisbatini topamiz:

$$x : y = \frac{80}{12} : \frac{20}{1} = \frac{20}{3} : 20$$

20/3 ni 1 deb qabul qilsak, $x : y = 1 : 3$ bo'ladi, bundan

$$y = 3x \qquad (a)$$

Birikmaning molyar massasi 30 g/molga tengligini bilgan holda quyidagicha yozish mumkin:

$$12x + y = 30 \qquad (b)$$

(a) va (b) tenglamalar sistemasidan $x = 2$, $y = 6$ ekanligini topamiz. Demak, birikmaning formulasi $C_2H_6$.

**3-masala.** Oltingugurtning vodorod bilan birikmasi to'liq yondirilganda 3,6 g suv va 12,8 g oltingugurt (IV) oksid olindi. Dastlabki birikmaning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Birikmaning formulasini $H_xS_y$ tarzida tasavvur qilamiz, bunda $x$ – 1 mol moddadagi H atomlarining mollar soni, $y$ – oltingugurt atomlarining mollar soni. Masalani yechish uchun molyar massalarni aniqlaymiz: suvniki 18 g/mol, oltingugurt (IV) oksidniki 64 g/mol, H atomlariniki 1 g/mol, oltingugurt atomlariniki 32 g/mol. Yonish mahsulotlarining formulalari va molyar massalar asosida $2 \cdot 1$ g = 2 g H dan $1 \cdot 18$ g = 18 g $H_2O$ olinishi mumkinligini topamiz:

18 g $H_2O$ – 2 g H
3,6 g $H_2O$ – $x$ g H

Proporsiya tuzamiz: $18 : 2 = 3{,}6 : x$, bundan

$$x = \frac{3{,}6 \cdot 2}{18}\ \text{g} = 0{,}4\ \text{g}.$$

Xuddi shunga o'xshash, $1 \cdot 32$ g = 32 g S dan $1 \cdot 64$ g = 64 g $SO_2$ olish mumkin:

64 g $SO_2$ – 32 g S
12,8 g $SO_2$ – $y$ g S

Proporsiya tuzamiz: $65 : 32 = 12{,}8 : y$, bundan

$$y = \frac{12{,}8 \cdot 32}{64}\ \text{g} = 6{,}4\ \text{g}.$$

Shunday qilib, boshlang'ich birikma tarkibida 0,4 g vodorod bilan 6,4 g oltingugurt bo'lgan. Vodorod bilan oltingugurtning massalarini ular atomlarining molyar massalariga bo'lib, H va S atomlari mollar sonining nisbatini olamiz:

$$x : y = \frac{0,4}{1} : \frac{6,4}{32} = 0,4 : 0,2 = 2 : 1$$

Boshlang'ich birikmaning formulasi $H_2S$.

### Gaz qonunlari. Gazning molyar hajmi

**1-masala.** 5 l ammiakning normal sharoitdagi massasini aniqlang. Shu hajmda necha mol gaz bor?

*Yechish.* Ammiakning molyar massasi 17 g/mol ga teng. 1 mol·17 g/mol = 17 g $NH_3$ normal sharoitda 1 mol · 22,4 l/mol=22,4 l hajmni egallaydi:

$$17 \text{ g } NH_3 - 22,4 \text{ } l$$
$$x \text{ g } NH_3 - 5 \text{ } l$$

Proporsiya tuzamiz: $17 : 22,4 = x : 5$, bundan

$$x = \frac{17 \cdot 5}{22,4} \text{ g} = 3,8 \text{ g}.$$

Ammiak moddasining miqdorini topish uchun uning massasini molyar massaga bo'lish kerak [(1.2) formulaga qarang].

$$\frac{3,8}{17} \text{ mol} = 0,22 \text{ mol}$$

yoki hajmini molyar hajmiga bo'lish lozim:

$$\frac{5}{22,4} \text{ mol} = 0,22 \text{ mol}.$$

**2-masala.** 20 g ammiak bor. Gazning normal sharoitdagi hajmini aniqlang.

*Yechish.* Ammiakning molyar massasi 17 g/mol ga teng. 20 g da $\frac{20}{17}$ mol = 1,18 mol bor. 1 mol gaz normal sharoitda 1·22,4 l=22,4 l hajmni egallaydi:

$$1 \text{ mol} - 22,4 \text{ } l$$
$$1,18 \text{ mol} - x \text{ } l$$

Proporsiya tuzamiz: $1 : 22,4 = 1,18 : x$, bundan

$$x = 1,18 \cdot 22,4 \text{ } l = 26,4 \text{ } l$$

**3-masala.** Sig'imi 50 *l* bo'lgan ballonga uglerod (IV) oksid to'ldirilgan. Ballondagi gazning bosimi $1,27 \cdot 10^7$ Pa, temperaturasi 22°C. Gazning massasini va mollar sonini aniqlang.

*1-yechim.* Masalani Mendeleyev-Klapeyron tenglamasidan [(1.14) formulaga qarang] foydalanib yechish mumkin. $R$=8,31 J/mol·K qiymatdan foydalanilganda bosim paskallarda (Pa), hajm esa $m^3$ da (yoki tegishlicha kPa va l da) ifodalanishi kerak. Bizning misolimizda T=(273+22) K=295 K,V=0,05 $m^3$. Buni e'tiborga olib, gazning mollar sonini topamiz:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{1{,}27 \cdot 10^7 \cdot 0{,}05}{8{,}31 \cdot 295} = 259{,}0 \text{ mol}$$

Uglerod (IV) oksid $CO_2$ ning molyar massasi 44 g/mol ga teng, bundan gazning massasi 259·44 g = 11396 g ≈ 11,4 kg bo'ladi.

*2-yechim.* Gazning massasi bilan mollar sonini (1.13) tenglama yordamida topish mumkin. Dastlab uglerod (IV) oksid normal sharoitda egallashi mumkin bo'lgan hajmni aniqlaymiz:

$$V_0 = \frac{T_0 pV}{Tp_0} = \frac{273 \cdot 1{,}27 \cdot 10^7 \cdot 50}{295 \cdot 1{,}013 \cdot 10^5} l = 5801 \ l$$

So'ngra gazning mollar sonini topamiz, 1 mol gaz normal sharoitda 1·22,4 l = 22,4 l hajmni egallaydi:

1 mol — 22,4 *l*
*x* mol — 5801 *l*.

Proporsiya tuzamiz: 1 : 22,4 = *x* : 5801, bundan

$$x = \frac{5801}{22{,}4} \text{ mol} = 259 \text{ mol}$$

$CO_2$ ning molyar massasi 44 g/mol ga tengligini hisobga olib, gazning massasini topamiz: 259 ·44 g =11396 g ≈11,4 kg.

**4-masala.** Agar normal sharoitda 9,51 g gaz 3,0 *l* hajmni egallasa, shu gazning molekular massasini aniqlang.

*Yechish.* 22,4 l gazning normal sharoitdagi massasini aniqlab, gazning molyar massasini topamiz. 3,0 *l* gazning massasi 9,51 g, u holda

3,0 *l* gaz — 9,51 g
22,4 *l* gaz — *x* g

Proporsiya tuzamiz: 3 : 9,51 = 22,4 : *x*, bundan

$$x = \frac{22{,}4 \cdot 9{,}51}{3{,}0} = 71{,}0 \text{ g bo'ladi.}$$

Demak, gazning molyar massasi 71,0 g/molga, molekular massasi 71,0 ga teng.

**5-masala.** Gaz 4 l sig'imli idishda 420 kPa bosimda turgan edi. Shu gaz o'sha temperaturada 12 l sig'imli idishga joylashtirildi. Gazning keyingi idishdagi bosimini aniqlang.

*Yechish.* O'zgarmas temperaturada $pV$=const (Boyl-Mariott qonuni). Gazning hajmi 12/4 =3 marta ko'paydi, demak, bosim 3 marta kamayadi va quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{420}{3}\ \text{kPa} = 140\ \text{kPa}$$

**6-masala.** Gazning vodorod bo'yicha zichligi 14 ga teng. Shu gazning havo bo'yicha zichligini aniqlang.

*Yechish.* Vodorod bo'yicha zichligini bilgan holda, (1.8) tenglamaga muvofiq gazning molyar massasini topamiz:

$$M = 2 \cdot 14\ \text{g/mol} = 28\ \text{g/mol}.$$

Havoning molyar massasi yaxlitlanganda 29 g/mol ga tengligi sababli gazning havo bo'yicha zichligi quyidagicha bo'ladi:

$$D_x = \frac{28}{29} = 0,966.$$

**7-masala.** Suv bug'ining 25°C dagi bosimi 3173 Pa ga teng. Suv bug'ining 1 millilitrida nechta molekula bo'ladi?

*Yechish.* Bug' – gaz holatidagi suv bo'lganligi uchun unga gaz qonunlarini tatbiq etish mumkin. Mendeleyev-Klapeyron tenglamasidan (1.14) gazning mollar sonini topamiz. ($T$=273+25=298 K, $V$=1·10$^{-6}$m$^3$ ekanligini e'tiborga olamiz):

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{3173 \cdot 10^{-6}}{8,31 \cdot 298}\ \text{mol} = 1,28 \cdot 10^{-6}\ \text{mol}.$$

Istalgan moddaning 1 molidagi molekulalar sonini (Avogadro doimiysini) bilgan holda 1 ml bug'dagi molekulalar sonini topamiz:

$$1,28 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,71 \cdot 10^{17}\ \text{molekula}.$$

### Kimyoviy tenglamalar va ular asosidagi stexiometrik hisoblashlar

**1-masala.** Temir (III) gidroksid sulfat kislota bilan o'zaro ta'sir ettirilganda temir (III) sulfat bilan suv hosil bo'ladi. Shu reaksiyaning tenglamasini yozing.

*Yechish.* Boshlang'ich moddalarning formulalari – $Fe(OH)_3$ va $H_2SO_4$, reaksiya mahsulotlariniki – $Fe_2(SO_4)_3$ va $H_2O$. Reaksiyaning sxemasini yozamiz:

$$Fe(OH)_3+H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+H_2O$$

va koeffitsiyentlarni tanlaymiz. Ko'rinib turibdiki, tenglamaning o'ng qismida 1 mol temir (III) sulfatda 2 mol temir bor. Chap qismida ham shuncha bo'lishi kerak, shu sababli $Fe(OH)_3$ oldiga 2 koeffitsiyentni qo'yamiz. O'ng qismida $Fe_2(SO_4)_3$ da 3 ta $SO_4$ gruppa bor, shu sababli tenglamaning chap qismidagi sulfat kislota formulasi oldiga 3 koeffitsiyentni qo'yamiz. $2Fe(OH)_3$ da 6 mol kislorod atomlari va 6 mol vodorod atomlari bor. Yana $3H_2SO_4$ da 6 mol vodorod atomlari bor, ya'ni hammasi bo'lib tenglamaning chap qismida 12 H va 6 O bor. Batamom tenglashtirish uchun tenglamaning o'ng qismidagi suvning formulasi oldiga 6 koeffitsiyentni qo'yamiz. Tenglamaning oxirgi ko'rinishi: $2Fe(OH)_3+3H_2SO_4= Fe_2(SO_4)_3+6H_2O$

**2-masala.** 40 g kaliy permanganat qizdirilganda necha mol va necha gramm kislorod olish mumkin?

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$2KMnO_4=K_2MnO_4+MnO_2+O_2$$

Molyar massalar quyidagiga teng: kaliy permanganatniki 158 g/mol, kislorodniki 32 g/mol. 40 g $KMnO_4$ da quyidagicha modda miqdori bor:

$$\frac{40}{158} \text{ mol}=0,253 \text{ mol}$$

Reaksiya tenglamasiga ko'ra 2 mol $KMnO_4$ dan 1 mol $O_2$ olish mumkin:

$$2 \text{ mol } KMnO_4 - 1 \text{ mol } O_2$$
$$0,253 \text{ mol} - x \text{ mol } O_2$$

Proporsiya tuzamiz: $2:1 = 0,253 : x$ va uni yechib, quyidagini olamiz:

$$x = \frac{0,253}{2} \text{ mol}=0,127 \text{ mol}.$$

Olingan kislorodning massasi $0,127 \cdot 32$ g=4,06 g bo'ladi.

**3-masala.** Normal sharoitda 10 g aluminiy xlorid kislotada eritilganda ajralib chiqadigan vodorodning hajmini aniqlang.

*Yechish.* Reaksiyaning tenglamasini tuzamiz:

$$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$$

Aluminiyning molyar massasi 27 g/mol ga teng. Reaksiya natijasida ajralib chiqadigan yoki reaksiyaga kirishadigan gazning hajmini aniqlash zarur bo'lganda molyar massadan emas, balki normal sharoitdagi molyar hajm qiymatidan foydalaniladi.

Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, 2 mol Al dan 3 mol $H_2$ olinadi. 2 mol · 27 g/mol=54 g Al eriganida 3 mol · 22,4 l/mol=67,2 l vodorod ajralib chiqadi:

$$54 \text{ g Al} - 67{,}2 \ l$$
$$10 \text{ g Al} - x \ l$$

Proporsiya tuzamiz: 54 : 67,2=10 : $x$, bundan

$$x = \frac{10 \cdot 67{,}2}{54} \ l = 12{,}4 \ l$$

**4-masala.** Normal sharoitda 4,5 g magniyni yondirish uchun 1,5 l kislorod yetadimi?

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

Magniyning molyar massasi 24 g/mol ga, gazning molyar hajmi 22,4 l/mol ga teng. Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, 2 mol Mg ni yondirish uchun 1 mol $O_2$ kerak. 2·24=48 g Mg ni yondirish uchun 1·22,4=22,4 $O_2$ kerak, u holda

$$48 \text{ g Mg} - 22{,}4 \ l \ O_2$$
$$4{,}5 \text{ g Mg} - x \ l \ O_2$$

Proporsiya tuzamiz: 48:22,4=4,5 : $x$ va quyidagini topamiz:

$$x = \frac{4{,}5 \cdot 22{,}4}{48} \ l = 2{,}1 \ l$$

Demak, 1,5 $l$ $O_2$ 4,5 g magniyni yondirish uchun yetmaydi, ya'ni kislorod kam olingan.

**5-masala.** Tarkibida 70% oltingugurt, 20% selen va 10% tellur bo'lgan 40 g aralashmani normal sharoitda yondirish uchun qancha hajm va qancha miqdorda kislorod kerak? Aytilgan barcha oddiy moddalar yonib, IV valentli oksidlar hosil qiladi.

*Yechish.* Aralashmadagi barcha oddiy moddalarning massasini aniqlaymiz:

oltingugurtniki $\frac{40 \cdot 70}{100}$ g=28 g, selenniki $\frac{40 \cdot 20}{100}$ g=8 g, tellurniki $\frac{40 \cdot 10}{100}$ g=4 g.

Atomlarning molyar massalari quyidagiga teng: oltingugurtniki 32 g/mol, selenniki 79 g/mol, tellurniki 128 g/mol. Aralashmadagi har qaysi moddaning mollar sonini aniqlaymiz:

$\frac{28}{32}$ mol= 0,875 mol oltingugurt, $\frac{8}{79}$ mol=0,101 mol selen va $\frac{4}{128}$ mol =0,031 mol tellur.

Reaksiyalarning tenglamalarini yozamiz:

$$S+O_2=SO_2;\ Se+O_2=SeO_2;\ Te+O_2=TeO_2.$$

Tenglamalardan ko'rinib turibdiki, har qaysi moddaning 1 molini oksidlash uchun 1 mol kislorod kerak bo'ladi, demak, 0,875 mol oltingugurtni yondirish uchun 0,875 mol kislorod; 0,101 mol selenga – 0,101 mol kislorod; 0,031 mol tellurga – 0,031 mol kislorod zarur. Jami quyidagi miqdorda kislorod kerak:

$$(0,875+0,101+0,031)\ \text{mol}=1,007\ \text{mol}$$

1 mol kislorod normal sharoitda 22,4 l hajmni egallashini bilgan holda aralashmani yondirish uchun zaruriy kislorod hajmini topamiz:

$$22,4\cdot1,007\ l=22,56\ l.$$

**6-masala.** 30 g ohaktosh qizdirilganda 16 g kalsiy oksid olindi. Ohaktoshdagi kalsiy karbonatning foiz hisobidagi massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Kalsiy karbonatning parchalanish reaksiyasi tenglamasini tuzamiz:

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

Moddalarning molyar massalari quyidagiga teng: kalsiy karbonatniki 100 g/mol, kalsiy oksidniki 56 g/mol. Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, 1 mol $CaCO_3$ dan 1 mol CaO olinadi. Shunday yozamiz:

56 g CaO olish uchun 100 g $CaCO_3$ kerak bo'lsa,
16 g CaO olish uchun $x$ g $CaCO_3$ kerak bo'ladi,

bundan $x=\frac{16\cdot100}{56}=28,6$ g. Bu massa berilgan ohaktoshning quyidagi massa ulushini tashkil etadi:

$$\omega(CaCO_3)=\frac{28,6\cdot100\%}{30}=95,3\%.$$

**7-masala.** Natriy va kaliy karbonatlarning 7,4 g aralashmasiga sulfat kislota bilan ishlov berildi. Bunda metallar sulfatlarining 5,12 g aralashmasi olindi. Boshlang'ich aralashmadagi moddalarning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Reaksiyalarning tenglamalarini tuzamiz:

$$K_2CO_3+H_2SO_4=K_2SO_4+CO_2+H_2O \quad (a)$$

$$Na_2CO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+CO_2+H_2O \quad (b)$$

Moddalarning molyar massalari quyidagiga teng: kaliy karbonatniki 138 g/mol, kaliy sulfatniki 174 g/mol, natriy karbonatniki 106 g/mol, natriy sulfatniki 142 g/mol. Boshlang'ich aralashmadagi $K_2CO_3$ ning massasini $x$ orqali belgilaymiz, u holda $(4 - x)$ g $- Na_2CO_3$ ning massasi; $y$ – olingan $K_2SO_4$ ning massasi, $(5,12 - y)$ g $- Na_2SO_4$ ning massasi.

(a) tenglama asosida quyidagicha yozamiz:

138 g $K_2CO_3$ dan 174 g $K_2SO_4$ olinsa,

$x$ g $K_2CO_3$ dan $y$ g $K_2SO_4$ olinadi.

Proporsiya tuzamiz: $138 : 174 = x : y$, bundan

$$y=1,26\,x \quad (d)$$

(b) tenglama asosida quyidagini yozamiz:

$1 \cdot 106$ g $=106$ g $Na_2CO_3$ dan $1 \cdot 142$ g $=142$ $Na_2SO_4$ olinadi,

$(4 - x)Na_2CO_3$ dan $(5,12 - y)$ $Na_2SO_4$ olinadi.

Proporsiya tuzamiz: $106 : 142 = (4-x) : (5,12 - y)$, bundan

$$5,12 - y = (4 - x)1,34$$

yoki

$$y = 1,34\,x + 0,24=0$$

ikki noma'lumli ikkita $(d)$ va $(e)$ tenglamalar sistemasini yechib, $x=3$ g, $y=(4-3)$ g$=1$ g ni olamiz. Shunday qilib, boshlang'ich aralashmada 3 g $K_2CO_3$ ning massa ulushi

$$\frac{3 \cdot 100}{4} = 75\%$$ bo'ladi.

Tegishlicha $Na_2CO_3$ ning massasi 1 g ga teng, bu

$$\frac{1 \cdot 100}{4} = 25\%$$ ni tashkil etadi.

## I BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**1.1.** Hajmi 8 l bo'lgan uglerod (IV) oksidda nechta atom bor?

A) $2{,}15\cdot10^{23}$; B) $6{,}45\cdot10^{23}$; C) $3{,}23\cdot10^{23}$;
D) $5{,}38\cdot10^{23}$; E) $8{,}62\cdot10^{23}$.

*Yechish.* Avogadro qonunidan kelib chiqadigan oqibatlarning biriga binoan 1 mol gaz tarkibidagi molekulalar soni $6{,}02\cdot10^{23}$ ga teng. Testda berilgan $CO_2$ hajmi necha molni tashkil etishini hisoblaymiz:

$$n(CO_2)=V(CO_2):V_M=8\ l\ :\ 22{,}4\ l/\text{mol}=0{,}357\ \text{mol}.$$

Gaz molekulalarining soni esa $N_{CO_2}=n(CO_2)\cdot 6{,}02\cdot10^{23}=2{,}15\cdot10^{23}$ ta bo'ladi. $CO_2$ molekulasida 3 ta atom bo'lgani sababli $N_{atom}=$ $=3\cdot2{,}15\cdot10^{23}=6{,}45\cdot10^{23}$ ga teng bo'ladi.

*Javob:* **B** bo'ladi (1.6-§ ga qarang).

**1.2.** Bir xil sharoitda (bosim va temperatura bir xil) teng hajmdagi kislorod va uglerod (II) oksid berilgan. Ularning massasi ($m_1$ va $m_2$), ulardagi modda miqdori ($n_1$ va $n_2$) hamda molekulalar soni ($N_1$ va $N_2$) o'zaro qanday nisbatda bo'ladi?

A) $m_1<m_2,\ n_1=n_2,\ N_1=N_2$
B) $m_1>m_2,\ n_1>n_2,\ N_1>N_2$
C) $m_1<m_2,\ n_1<n_2,\ N_1<N_2$
D) $m_1>m_2,\ n_1=n_2,\ N_1=N_2$
E) $m_1=m_2,\ n_1=n_2,\ N_1=N_2$

*Yechish.* Berilgan gaz moddalarning hajmlari teng bo'lishi sababli Avogadro qonuniga binoan ularning har biridagi molekulalar soni ham o'zaro teng, ya'ni $N(O_2)=N(CO)$ bo'ladi (1.11-§ ga qarang). Teng hajmdagi molekulalarning massasi ularning nisbiy molekular massalariga proporsional bo'ladi, ya'ni $m(O_2):m(CO)=$ $=M(O_2):M(CO)=32:28$ yoki boshqacha aytganda, $m(O_2)>m(CO)$ kelib chiqadi.

Gaz molekulalarining mol soni ularning hajmlariga proporsional bo'ladi:

$$n(O_2):n(CO)=\frac{V(O_2)\ l}{22{,}4\ l/mol}:\frac{V(CO)}{22{,}4}=n(O_2)=n(CO)$$

Javob: $m_1=m_2,\ n_1=n_2,\ N_1=N_2$, ya'ni **D** bo'ladi.

**1.3.** Normal sharoitda 3 l metanni to'la yondirish uchun sarf bo'ladigan havo hajmi qanday bo'ladi? Hosil bo'lgan uglerod (IV) oksid hajmining reaksiyada sarf bo'lgan havo hajmiga (l) nisbati qanday bo'ladi? [$\xi(O_2)=0,2$].

A) $V(CO_2)=3$, $V$ (havo)=12,
$V(CO_2)$ : $V$ (havo)=1 : 1

B) $V(CO_2)=3$, $V$ (havo)=10,
$V(CO_2)$ : $V$ (havo)=3 : 10 =1 : 3,3

C) $V(CO_2)=3$, $V$ (havo)=12,
$V(CO_2)$ : $V$ (havo)=3 : 12 =1 : 4

D) $V(CO_2)=4$, $V$ (havo)=12,
$V(CO_2)$ : $V$ (havo)=4 : 12 =1 : 3

E) $V(CO_2)=5$, $V$ (havo)=5,
$V(CO_2)$ : $V$ (havo)=5 : 5 =1 : 1

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$$

Tenglamaga binoan, 1 mol hajmdagi gazning to'liq yonishi uchun 2 mol kislorod talab etiladi. Reaksiya natijasida esa 1 mol $CO_2$ hosil bo'lar ekan. Havo tarkibidagi kislorodning miqdori 0,2 hajm ulushni tashkil etsa, havoning miqdori $n=\frac{2\text{ mol}}{0,2}=10$ mol talab qilinar ekan. Natijada hosil bo'lgan $CO_2$ ning mol miqdori yongan metanning miqdoriga teng bo'lishi reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdi (1.7-§ ga qarang).

Gey-Lyussakning hajmiy nisbatlar qonuniga binoan hajmi 3 l bo'lgan metanni yondirish uchun 10 l havo talab etiladi, hosil bo'lgan $CO_2$ hajmi esa 3 l bo'ladi, ya'ni $V$(havo)=10 l, $V(CO_2)$=3 l, ularning nisbatlari $V(CO_2)$: $V$(havo)=3:10=1:3,3 bo'ladi.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**1.4.** Massasi 0,8 g bo'lgan kislorod 25 °C da va 150 kPa bosim ostida qanday hajmni egallaydi? Shu gazning modda miqdorini hisoblang.

A) 0,38; 0,02; B) 0,40; 0,03; C) 0,41; 0,025;
D) 0,44; 0,03; E) 0,45; 0,025.

*Yechish.* Bu vazifani bajarish uchun Mendeleyev-Klapeyron formulasi $PV=nRT$ dan foydalanamiz (1.11-§ ga qarang):

$$PV = \frac{m}{M} RT \text{ dan}$$

$$V = \frac{mRT}{PM} = \frac{0{,}8 \cdot 8{,}31 \cdot (273+25)}{150 \cdot 32} = 0{,}41 \text{ l}$$

Gazning mol miqdori esa

$$n = \frac{RV}{RT} = \frac{150 \cdot 0{,}41}{8{,}31 \cdot 298} = 0{,}025 \text{ mol}$$

*Javob:* **C** bo'ladi.

**1.5.** Tarkibida hajm jihatidan 40% propan va 60% butan bo'lgan gazlar aralashmasidan 5 litrini to'la yondirish uchun sarf bo'ladigan havoning hajmini hisoblang, [$\xi(O_2)$=0,2].

A) 147,5; B) 163,6; C) 124,5; D) 112; E) 120.

*Yechish.* Berilgan aralashmadagi gazlarning hajmlarini topamiz (1.11-§ ga qarang):

$$V(C_3H_8)=5 \cdot 0{,}4=2 \text{ l}, \quad V(C_3H_{10})=5 \cdot 0{,}6=3 \text{ l}.$$

Ularning kislorodda yonish tenglamalari

$$C_3H_8+5O_2=3CO_2+4H_2O \quad \text{va} \qquad (1)$$

$$2C_4H_{10}+13O_2=8CO_2+10H_2O \qquad (2)$$

Tenglama (1) bo'yicha bir mol $C_3H_8$ ni yondirish uchun 5 mol kislorod kerak ekan. 2 l gazni yondirish uchun esa 10 l kislorod yoki shu miqdordagi kislorod 5 marta ko'p bo'lgan havo hajmida bo'ladi, ya'ni 50 l havo sarf bo'ladi.

Tenglama (2) bo'yicha 2 l butanning yonishi uchun 13 l kislorod yoki 13:0,2=65 l havo talab etiladi. Natijada 3 l butanni yondirish uchun esa (3:2)·65=97,5 l havo kerak ekan.

*Javob:* 50+97,5=147,5 l (**A**) bo'ladi.

## *2-BOB.* D.I.MENDELEYEVNING DAVRIY QONUNI VA ATOMLARNING TUZILISHI

### 2.1- §. D.I.Mendeleyevning davriy qonunni kashf etishi

D.I. Mendeleyevning davriy qonunni kashf etishi va elementlar davriy sistemasini tuzishi uning uzoq va sermashaqqat ilmiy ishlarining natijasi edi. Davriy qonun va elementlar davriy sistemasi — kimyo fanining juda katta yutug'i, hozirgi kimyoning asosidir.

Davriy sistemani tuzishda atomning asosiy xarakteristikasi sifatida uning atom massasi qabul qilindi. D.I.Mendeleyev o'zining „Kimyoning asoslari" degan kitobida shunday deb yozgan edi: *„Moddaning massasi uning shunday xossasidirki, qolgan barcha xossalari ana shunga bog'liq bo'lishi kerak...* Shu sababli bir tomondan, elementlarning xossalari bilan o'xshashliklari orasidagi, ikkinchi tomondan, ularning atom og'irliklari (massalari) orasidagi bog'liqlikni izlash haqiqatga yaqin va tabiiy bo'ladi".

D.I.Mendeleyevdan ilgari o'tgan olim (Dyobereyner, Nyulends, Lotar Meyer va b.) faqat o'xshash elementlarni taqqoslagan edilar va shu sababli davriy qonunni kashf eta olmadilar. Ulardan farqli o'laroq, D.I.Mendeleyev elementlarning bir-biriga o'xshamaydigan tabiiy gruppalarini o'zaro taqqoslab, elementlarning atom massalarining qiymatlari o'zgarishi bilan ularning xossalari davriy ravishda o'zgarishini aniqladi. O'sha vaqtda elementlarning, masalan, galogenlar, ishqoriy metallar va ishqoriy-yer metallar kabi gruppalari ma'lum edi. Mendeleyev bu gruppalarning elementlarini quyidagicha yozib oldi va taqqosladi, bunda ularni atom massalarining qiymatlari ortib borishi tartibida joylashtirdi:

| | | | |
|---|---|---|---|
| F=19 | Cl=35,5 | Br=80 | I=127 |
| Na=23 | K=39 | Rb=85 | Cs=133 |
| Mg=24 | Ca=40 | Sr=87 | Ba=137 |

„Bu uchta gruppada ishning mohiyati ko'rinib turibdi, — deb yozgan edi D.I.Mendeleyev, — galogenlarning atom og'irligi (massasi) ishqoriy metallarnikidan, bularniki esa ishqoriy-yer metallarinikidan kam". Demak, elementlarning atom massalarining ortib borishi tartibida joylashtirilgan uzluksiz qatorida ftordan keyin natriy va magniy, xlordan keyin — kaliy va kalsiy, bromdan keyin — rubidiy va stronsiy, yoddan keyin — seziy va bariy turishi kerak. Elementlarning uzluksiz qatorini shunday tasvirlash mumkin.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ...F, | Na, | Mg... | Cl, | K, | Ca..., | Br, | Rb, | Sr... | I, | Cs, | Ba... |
| 19 | 23 | 24 | 35,5 | 39 | 40 | 80 | 85 | 87 | 127 | 133 | 137 |

Bundan ko'rinib turibdiki, galogendan ishqoriy metallga o'tilganda xossalarning keskin o'zgarishi va ishqoriy metalldan ishqoriy-yer metaliga o'tilganda asos xossalarining kamayishi, „agar bu elementlar atom og'irliklarining ortib borishi tartibida joylashtirilsa", davriy ravishda takrorlanadi. Qatorda magniy bilan xlor, kalsiy bilan brom, stronsiy bilan yod orasida nechta element yo'qligidan qat'i nazar, elementlar xossalarining bunday davriy o'zgarishi ko'rinaveradi.

Ma'lum bo'lishicha, elementlar birikmalarining shakli ham davriy takrorlanar ekan. Masalan, litiy oksid $Li_2O$ shaklida bo'ladi. Litiyning xossalarini takrorlovchi elementlarning: natriy, kaliy, rubidiy, seziy oksidlarining shakli ham xuddi shunday — $Na_2O$, $K_2O$, $Rb_2O$, $Cs_2O$. Bularning hammasi D.I.Mendeleyevga o'zi kashf etgan qonunni „Davriylik qonuni" deb atashga va quyidagicha ta'riflashga imkon berdi: *„Oddiy jismlarning xossalari, shuningdek, elementlar birikmalarining shakl va xossalari elementlar atom og'irliklarining qiymatiga davriy bog'liqdir* (yoki algebraik ifodalansa, davriy funksiya hosil qiladi). Ana shu qonunga muvofiq ravishda **Elementlarning davriy sistemasi** tuzilgan", u davriy qonunni obyektiv aks ettiradi. Atom massalarining ortib borishi tartibida joylashtirilgan elementlarning barcha qatorini D.I.Mendeleyev davrlarga bo'ldi. Har qaysi davrning ichida elementlarning xossalari qonuniyat bilan o'zgaradi (masalan, ishqoriy metalldan galogenga qadar). Davrlarni o'xshash elementlar ajralib turadigan qilib joylashtirib, D.I.Mendeleyev kimyoviy elementlarning davriy sistemasini yaratdi. Bunda qator elementlarning atom massalari tuzatildi, hali kashf etilmagan 29 element uchun bo'sh katakchalar qoldirdi.

**Elementlarning davriy sistemasi davriy qonunning grafik (jadval tarzidagi) tasviridir.**

Qonunning kashf etilishi va davriy sistema birinchi variantining yaratilish vaqti — 1-mart 1869-yil. D.I.Mendeleyev hayotining oxiriga qadar elementlar davriy sistemasini takomillashtirish ustida ishladi.

Davriy qonun va davriy sistema asosida D.I.Mendeleyev o'sha vaqtda hali kashf etilmagan yangi elementlar bor, degan xulosaga keldi; ulardan uchtasining xossalarini batafsil bayon qildi va ularga shartli nomlar berdi — ekabor, ekaaluminiy va ekasilitsiy*. D.I.Mendeleyev har qaysi elementning xossasini atom analoglarining xossalariga asoslanib aniqladi. Berilgan elementni davriy sistemada o'rab turgan elementlarni u atomanaloglar deb atadi. Masalan, magniy elementining atom massasi atomanaloglarining atom massalarining o'rtacha arifmetik qiymati sifatida hisoblab topildi, ya'ni:

$$A_r(Mg) = \frac{9{,}01(Be)+40{,}08(Ca)+22{,}99(Na)+26{,}98(Al)}{4} = 24{,}76$$

* Bo'g'in „eka" — „bitta" degan ma'noni bildiradi, bu yerda „birinchi analog" degan ma'noda kelgan.

Oldindan aytilgan elementlarning qator fizik xossalarini aniqlash uchun ham D.I.Mendeleyev ana shunday oddiy usullardan foydalandi.

D.I.Mendeleyevning bashoratlari ajoyib ravishda tasdiqlandi. Uchala element D.I.Mendeleyev hayotlik vaqtidayoq kashf etildi, ularning oldindan aytilgan xossalari tajribada aniqlangan xossalariga aniq mos keldi. Bu hol davriy qonunning umum tomonidan e'tirof etilishiga olib keldi.

„Men uchta elementni ta'riflab bergan edim, — deb yozgan edi D.I.Mendeleyev „Основы химии — Kimyo asoslari" kitobida, — ekabor, ekaaluminiy va ekasilitsiy; shundan 20 yil o'tmay turib ularning uchalasining kashf etilganligini ko'rishdek katta quvonch menga nasib etdi. Bu elementlar tarkibida shular bor nodir minerallar topilgan va bu elementlar kashf etilgan uchta mamlakatning nomi bilan galliy, skandiy va germaniy deb ataldi".

Galliyni 1875-yilda Lekok de Buabodran, skandiyni — 1879-yilda Nilson va germaniyni — 1886-yilda Vinkler kashf etdi. 1883-yilda chex olimi Brauner Te ning atom massasi 128 emas, balki davriy qonunga muvofiq keladigan 125 ekanligini isbotladi. D.I.Mendeleyev bu olimlarni „davriy qonunni haqiqiy puxtalovchilar" deb atadi.

## 2.2- §. D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasi

Hozirgi vaqtda davriy sistemani tasvirlashning 500 dan ortiq variantlari bor: bular davriy qonunning turli shakldagi ifodasidir.

D.I.Mendeleyev 1-mart 1869-yilda taklif etgan elementlar sistemasining birinchi varianti *uzun shakldagi variant* deyilar edi. Bu variantda davrlar bitta qatorga joylashtirilgan edi. 1870-yil dekabrda u davriy sistemaning ikkinchi — *qisqa shakldagi variantini* bosib chiqardi. Bu variantda davrlar qatorlarga, gruppalar esa gruppachalarga (bosh va yonaki) bo'lingan edi.

Davriy sistemaning ixcham bo'lgan qisqa shakldagi varianti eng ko'p tarqalgan. Lekin uning muhim kamchiligi — o'xshash bo'lmagan elementlarning bitta gruppaga birlashtirilganligi, ya'ni bosh va yonaki gruppachalardagi elementlar xossalarining bir-biridan katta farq qilishidir. Bu elementlar xossalarining davriyligini ma'lum darajada „xiralashtiradi" va sistemadan foydalanishni qiyinlashtiradi. Shu sababli keyingi vaqtlarda, ayniqsa, o'quv maqsadlarida D.I.Mendeleyev davriy sistemasining uzun shakli-

dagi variantidan ko'proq foydalanilmoqda. Bu variantning asosiy kamchiligi — cho'ziqligi, ixcham emasligi (sistemaning ayrim kataklari to'lmagan). Bu variantni ancha ixchamlashtirish uchun ko'pincha oltinchi davrdagi lantanoidlar va yettinchi davrdagi aktinoidlar sistema ostiga alohida joylashtiriladi. Bu variant ba'zan *yarim-uzun variant* deyiladi.

Davriy sistemada gorizontal bo'yicha 7 davr bor (arab raqamlari bilan belgilangan), ulardan 1, 2 va 3-davrlar kichik, 4, 5 va 6-davrlar esa katta davrlar deyiladi. Birinchi davrda 2 element, ikkinchi va uchinchi davrlarda — 8 tadan, to'rtinchi va beshinchi davrlarda — 18 tadan, oltinchi davrda — 32, yettinchi (tugallanmagan) davrda 21 element joylashgan. Birinchidan boshqa barcha davrlar ishqoriy metall bilan boshlanadi va nodir gaz bilan tugaydi (7-davr — tugallanmagan).

Davriy sistemadagi barcha elementlar bir-biridan keyin kelishi tartibida raqamlangan. Bu kattaliklar elementlarning tartib yoki atom raqamlari deyiladi.

2- va 3-davr elementlarini Mendeleyev tipik elementlar deb atadi. Ularning xossalari tipik metalldan nodir gazga tomon qonuniyat bilan o'zgaradi. Davrlarda elementlar birikmalarining shakli ham qonuniyat bilan o'zgaradi. Birikmalar shaklining davriyligiga D.I.Mendeleyev juda katta ahamiyat bergan edi.

Sistemada 10 qator bor (arab raqamlari bilan belgilangan)*. Har qaysi kichik davr bitta qatordan, har qaysi katta davr — ikkita: juft (yuqori) va toq (pastki) qatorlardan tarkib topgan. Katta davrlarning juft qatorlarida (to'rtinchi, oltinchi, sakkizinchi va o'ninchi) faqat metallar joylashgan va elementlarning xossalari qatorda chapdan o'ngga tomon kam o'zgaradi. Katta davrlarning toq qatorlarida (beshinchi, yettinchi va to'qqizinchi) elementlarning xossalari qatorda chapdan o'ngga tomon tipik elementlardagi kabi o'zgarib boradi.

Katta davrlarning elementlarini ikki qatorga ajratishga asos bo'lgan muhim xususiyati ularning oksidlanish darajasidir (Mendeleyev davrida valentlik deyilar edi). Ularning qiymatlari davrda elementlarning atom massalari ortishi bilan ikki marta takrorlanadi. Masalan, 4-davrda elementlarning oksidlanish darajasi K dan Mn ga qadar +1 dan +7 gacha o'zgaradi, so'ngra triada Fe, Co, Ni (bular juft qator elementlari) keladi, shundan keyin Cu dan

---

* Qatorlar haqida 2.9-§ ga ham q.

Br ga qadar bo'lgan elementlarda (bular toq qator elementlari) oksidlanish darajasi xuddi shunday ortib borishi kuzatiladi. Xuddi shu holni biz qolgan katta davrlarda ham ko'ramiz, 7-davr bundan mustasno, bu davr bitta (juft) qatordan iborat. Katta davrlarda elementlar birikmalarining shakli ham ikki marta takrorlanadi.

6-davrda lantandan keyin tartib raqamlari 58—71 bo'lgan 14 element joylashadi, ular lantanoidlar deyiladi*.

Lantanoidlar jadvalning pastki qismiga alohida joylashtirilgan, ularning sistemada joylashish ketma-ketligi katakchada yulduzcha bilan ko'rsatilgan: La — Lu. Lantanoidlarning kimyoviy xossalari bir-biriga juda o'xshaydi. Masalan, ularning hammasi reaksiyaga kirishuvchan metallar hisoblanadi, suv bilan reaksiyaga kirishib gidroksid hamda vodorod hosil qiladi. Bundan lantanoidlarda gorizontal o'xshashlik kuchli ifodalangan, degan xulosa kelib chiqadi.

7-davrda tartib raqamlari 90—103 bo'lgan 14 element aktinoidlar oilasini hosil qiladi. Ular ham alohida — lantanoidlar ostiga joylashtirilgan, tegishli katakchada esa ularning sistemada joylashish ketma-ketligi ikkita yulduzcha bilan ko'rsatilgan: Ac — Lr. Lekin lantanoidlardan farq qilib, aktinoidlarda gorizontal analogiya bo'sh ifodalangan. Ular birikmalarida ko'pincha turli xil oksidlanish darajalarini namoyon qiladi. Masalan, aktiniyning oksidlanish darajasi +3, uranniki +3, +4, +5 va +6. Aktinoidlarning yadrolari beqaror bo'lganligi sababli ularning kimyoviy xossalarini o'rganish juda murakkab ishdir.

Davriy sistemada vertikal bo'yicha sakkizta gruppa joylashgan (rim raqamlari bilan belgilangan). Gruppaning tartib raqami elementlarning birikmalarida namoyon qiladigan oksidlanish darajalari bilan bog'liq. Odatda, eng yuqori musbat oksidlanish darajasi gruppa raqamiga teng. Ftor bundan mustasno — uning oksidlanish darajasi — 1 ga teng; mis, kumush, oltin +1, +2 va +3 oksidlanish darajalarini namoyon qiladi; VIII gruppa elementlaridan faqat osmiy, ruteniy va ksenon +8 oksidlanish darajasini namoyon qiladi.

VIII gruppada nodir gazlar joylashgan. Ilgari ular kimyoviy birikmalar hosil qila olmaydi, deb hisoblanar edi. Lekin bu hol

---

* „Lantanoidlar" so'zi „lantanga o'xshash", „aktinoidlar" esa „aktiniyga o'xshash" degan ma'noni bildiradi. Ular ba'zan lantanidlar va aktinidlar ham deyiladi, bu lantandan keyin keladigan, aktiniydan keyin keladigan degan ma'noni bildiradi.

tasdiqlanmadi. 1962-yilda nodir gazning birinchi kimyoviy birikmasi — ksenon tetraftorid $XeF_4$ olindi. Hozirgi paytda nodir elementlar kimyosi jadal rivojlanmoqda (8.1-§ ga q.).

Har qaysi gruppa ikkita — bosh (A) va yonaki (B) gruppachaga bo'lingan, bu davriy sistemada birinchisini o'ngga, boshqasini esa chapga siljitib yozish bilan ko'rsatilgan. Bosh gruppachani tipik elementlar 2- va 3-davrlarning elementlari hamda kimyoviy xossalari jihatidan ularga o'xshash bo'lgan katta davrlarning elementlari tashkil etadi. Yonaki gruppachani faqat metallar — katta davrlarning elementlari hosil qiladi. VIII gruppa boshqalaridan farq qiladi. Unda geliyning bosh gruppachasidan tashqari uchta yonaki gruppacha bor: temir gruppachasi, kobalt gruppachasi va nikel gruppachasi (14.5-§ ga ham q.).

Bosh va yonaki gruppachalardagi elementlarning kimyoviy xossalari bir-biridan ancha farq qiladi. Masalan, VII gruppada bosh gruppachani metallmaslar F, Cl, Br, J, At; yonaki gruppachani metallar Mn, Tc, Re tashkil qiladi. Shunday qilib, bir-biriga juda o'xshash elementlar gruppachalarni hosil qiladi.

Geliy, neon va argondan boshqa barcha elementlar kislorodli birikmalar hosil qiladi; kislorodli birikmalarning 8 xil shakli bor. Ular davriy sistemada ko'pincha umumiy formulalar bilan ifodalanib, har qaysi gruppa tagida elementlar oksidlanish darajalarining ortib borishi tartibida joylashtirilgan: $R_2O$, $RO$, $R_2O_3$, $RO_2$, $R_2O_5$, $RO_3$, $R_2O_7$, $RO_4$, bunda R — shu gruppa elementi. Yuqori oksidlarining formulalari gruppaning barcha (bosh va yonaki gruppachalar) elementlariga taalluqlidir, elementlar gruppa raqamiga teng oksidlanish darajasini namoyon qilmaydigan hollar bundan mustasnodir.

IV gruppadan boshlab, bosh gruppachalarning elementlari gazsimon vodorodli birikmalar hosil qiladi. Bunday birikmalarning 4 xil shakli bor. Ular ham umumiy formulalar bilan $RH_4$, $RH_3$, $RH_2$, $RH$ ketma-ketlikda tasvirlanadi. Vodorodli birikmalarning formulalari bosh gruppachalarning elementlari tagiga joylashtiriladi va faqat ularga taalluqli bo'ladi.

Gruppachalarda elementlarning xossalari qonuniyat bilan o'zgaradi: yuqoridan pastga tomon metall xossalari kuchayadi va metallmaslik xossalari susayadi. Ravshanki, metallik xossalari fransiyda, so'ngra seziyda eng kuchli ifodalangan; metallmaslik xossalar — ftorda, so'ngra kislorodda kuchli ifodalangan.

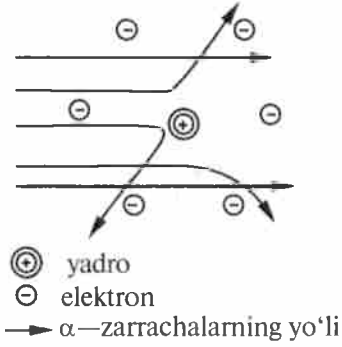
D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasining uzun shaklida ham 7 davr va 18 gruppa bor. Gruppalar A yoki B harfli rim raqamlari bilan raqamlanadi. Lantanoidlar ham, aktinoidlar ham oilalar deyiladi va hech qaysi gruppaga kiritilmaydi.

## 2.3- §. Atomlar tuzilishining yadro modeli

XIX asrning oxiriga qadar atomlar bo'linmas deb hisoblanar edi. So'ngra tajriba ma'lumotlari to'plana borgan sari bunday fikrdan voz kechishga va atomlar murakkab tuzilganligini tan olishga to'g'ri keldi. Yangicha nazarni D.I.Mendeleyevning davriy qonuni tasdiqlar edi. 1871-yildayoq D.I.Mendeleyev shunday deb yozgan edi: „Hozir oddiy jismlarning atomlari aslida yana kichikroq zarrachalarning qo'shilishidan hosil bo'lgan murakkab moddalar ekanligini isbotlashga imkoniyat yo'qligini taxmin qilish mumkin... Men tuzgan davriy bog'liqlik bunday taxminni tasdiqlasa kerak".

D.I.Mendeleyevning davriy qonuni, tajriba tadqiqotlari va, ayniqsa, radioaktivlik hodisalari asosida atom va molekulalarning tuzilishi haqidagi ta'limot tez rivojlandi.

Atomlarning tuzilishini o'rganish uchun ingliz olimi E.Rezerford α-zarrachalarning kuchli singuvchanlik xususiyatidan foydalandi. U qalinligi taxminan 10 000 atom keladigan yupqa metall plastinkadan α-zarrachalarning (geliy yadrolarining) o'tishini kuzatdi. Rux sulfid ZnS qatlami bilan qoplangan ekranga α-zarrachalar urilganda chaqnash sodir bo'ladi, bu esa zarrachalar sonini sanashga imkon beradi. Ma'lum bo'lishicha, α-zarrachalarning kamroq qismi metall plastinkadan o'tganida o'z yo'lidan turli burchakka og'adi, ayrim zarrachalar esa uchish yo'nalishini keskin o'zgartiradi. Bu hodisa α-*zarrachalarning sochilishi* deb ataladi (2.1-rasm).




**2.1-rasm.** Atom yadrosiga yaqinlashayotgan α-zarrachalarning sochilishi.

Rezerford 1911-yilda atom tuzilishining *yadro modelini* taklif qilib, α-zarrachalarning sochilishini tushuntirib berdi. Bu modelga muvofiq atom musbat zaryadlangan, o'lchamlari juda kichik og'ir yadrodan iborat. Yadroda atomning deyarli barcha massasi to'plangan. Yadro atrofida undan anchagina masofada elektronlar aylanib, atomning elektron qobig'ini hosil qiladi.

Butun atomning o'lchami $10^{-8}$ sm atrofida, yadroniki — $10^{-18}$ sm ga yaqin, ya'ni o'lchami jihatdan yadro atomdan taxminan 100 000 marta kichik. Shuning uchun α-zarrachalarning ko'pchiligi metall plastinkaning atomlari orqali ularning yadrolaridan ancha uzoq masofadan o'tib ketadi va o'z yo'lidan og'maydi. Lekin α-zarrachalarning bir qismi yadroning yaqinidan o'tadi, natijada kulon itarilish kuchlari vujudga keladi va zarrachalar og'adi. Yadroga juda yaqin joydan o'tgan zarrachalar o'sha kuchlar ta'sirida yanada kuchliroq og'adi (2.1-rasmga q.).

Atomning yadro modeli hozirgi tasavvurlarda ham saqlanib qolgan.

Atom umuman elektrneytral bo'lganligi sababli elektronlarning umumiy zaryadi yadro zaryadiga teng bo'lishi kerak. Keyingi tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, atom yadrosining musbat zaryadi elementning D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasidagi tartib nomeriga son jihatdan teng bo'lar ekan.

Shunday qilib, *har qaysi atom yadrosining musbat zaryadlari soni, shuningdek, yadro maydonida aylanadigan elektronlar soni elementning tartib raqamiga teng.*

Eng oddiysi vodorod (tartib raqami 1 ga teng) atomining tuzilish sxemasidir. Uning yadrosining bitta elementar musbat zaryadi bor va yadro maydonida bitta elektron aylanadi.

Vodorod atomining yadrosi elementar zarracha bo'lib, *proton* deyiladi.

Titan atomining tartib raqami 22 ga teng. Demak, uning musbat zaryadi 22 ga teng va yadro maydonida 22 ta elektron aylanadi. Yadrosining musbat zaryadi 107 ga teng bo'lgan 107-element yadrosining maydonida 107 ta elektron aylanadi. Boshqa elementlar atomlarining tuzilishini ham xuddi shunday tasavvur qilish mumkin.

## 2.4- §. Atom yadrolarining tarkibi. Yadro reaksiyalari

Hozirgi vaqtda atom yadrosida ko'p sonli elementar zarrachalar kashf qilingan. Ulardan eng muhimlari protonlar (simvoli $p$) bilan neytronlardir (simvoli $n$). Bu ikkala zarracha nuklon deyiladigan yadro zarrachasining ikki turli xil holati sifatida qaraladi. Elementar zarrachalarning muayyan massasi va zaryadi bo'ladi. Protonning massasi 1,0073 m. a. b. ga va zaryadi + 1 ga teng. Neytronning massasi 1,0087 m. a. b. ga, zaryadi esa nolga teng (zarracha elektrneytraldir). Proton bilan neytronning massasini deyarli bir xil deyish mumkin.

Neytron kashf etilgandan keyin tez orada rus olimlari D.D.Ivanenko bilan Y.N.Gapon yadro tuzilishining proton—neytron nazariyasini yaratdilar (1932). Bu nazariyaga muvofiq vodorod atomining yadrosidan boshqa barcha atomlarning yadrolari $Z$ protonlar bilan $(A—Z)$ neytronlardan tarkib topgan, bunda $Z$ — elementning tartib raqami, $A$ — massa soni.

Massa soni $A$ atom yadrosidagi protonlar $Z$ bilan neytronlarning $N$ umumiy sonini ko'rsatadi, ya'ni

$$A=Z+N \qquad (2.1)$$

Proton bilan neytronlarni yadroda tutib turuvchi kuchlar *yadro kuchlari* deyiladi. Bular juda qisqa masofalarda ($10^{-15}$ m atrofida) ta'sir etuvchi nihoyatda katta kuchlar bo'lib, itarilish kuchlaridan katta bo'ladi. Bu kuchlarning tabiatini yadro fizikasi o'rganadi.

Yadroda atomning deyarli barcha massasi to'plangan. Masalan, xlor atomida elektronlar hissasiga $1/1837\times17=0{,}009$ qismi (xlor atomi massasining 0,03%) to'g'ri keladi. Yadroning massasiga nisbatan elektronlarning massasini hisobga olmaslik mumkin.

Yadroning xossalari, asosan, proton va neytronlar soni, ya'ni yadroning tarkibi bilan aniqlanadi. Masalan, kislorod atomining yadrosi $^{16}_{8}O$ da 8 proton va 16—8=8 neytron bo'ladi, bu qisqacha shunday yoziladi: $(8p, 8n)$; dubniy atomining yadrosi $^{260}_{104}Du$ da 104 proton va 260—104=156 neytron bo'ladi, yadro tarkibining qisqacha yozuvi: $(104p, 156n)$ va h.k.

Tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, tabiatda bitta elementning massasi turlicha bo'lgan atomlari mavjud bo'lishi mumkin ekan. Masalan, xlorning massasi 35 va 37 bo'lgan atomlari uchraydi. Bu atomlarning yadrolarida protonlar soni bir xil, lekin neytronlarning soni turlicha bo'ladi.

**Elementning yadro zaryadlari bir xil, lekin massa sonlari turlicha bo'lgan atom turlari *izotoplar* deyiladi.**

Har qaysi izotop ikkita kattalik: *massa soni* (tegishli kimyoviy element belgisining chap tomoni yuqorisiga yoziladi) va *tartib raqami* (kimyoviy element belgisining chap tomoni pastiga yoziladi) bilan xarakterlanadi. Masalan, uglerodning massa soni 12 bo'lgan izotopi shunday yoziladi: $^{12}_{6}C$ yoki $^{12}C$, so'z bilan yozganda „uglerod-12" bo'ladi. Yozuvning bunday shakli elementar zarrachalarga ham tatbiq etiladi; elektron $^{0}_{1}e$, neytron $^{1}_{0}n$, proton $^{1}_{1}p$ yoki $^{1}_{1}H$, neytrino $^{0}_{0}v$. Barcha kimyoviy elementlarning izotoplari borligi ma'lum. Masalan, kislorodning massa sonlari 16, 17, 18 bo'lgan izotoplari bor: $^{16}_{8}O$, $^{17}_{8}O$, $^{18}_{8}O$. Argonning izotoplari: $^{36}_{18}Ar$, $^{38}_{18}Ar$, $^{40}_{18}Ar$. Kaliyning izotoplari: $^{39}_{19}K$, $^{40}_{19}K$, $^{41}_{19}K$.

**Elementning atom massasi uning barcha tabiiy izotoplari* massalarining shu izotoplarning tarqalganlik darajasi e'tiborga olingan o'rtacha qiymatiga teng.**

Masalan, tabiiy xlorning 75,4 foiz massa soni 35 bo'lgan izotopdan va 24,6 foiz massa soni 37 bo'lgan izotopdan iborat: xlorning o'rtacha atom massasi 35,453. Tarkibida 92,7% $^{7}_{3}Li$ va 7,3% $^{6}_{3}Li$ bo'lgan tabiiy litiyning o'rtacha atom massasi 6,94 ga teng va h.k. Elementlarning D.I.Mendeleyev davriy sistemasida keltirilgan atom massalari tabiiy izotoplari aralashmasining o'rtacha massa sonidir. Ana shuning uchun ham ular butun son qiymatlaridan farq qiladi.

Shunday qilib, turli xil kimyoviy elementlar atomlari yadrolarining tarkibi bir xil emas, shu sababli elementlar atom massalari jihatidan bir-biridan farq qiladi. Yadro tarkibiga protonlar kirgan-

---

* „Izotop" termini bilan bir qatorda, „nuklid" terminidan ham foydalaniladi. Nuklid — massa sonining qiymati qat'iy muayyan bo'lgan, ya'ni yadrodagi proton va neytronlarning soni o'zgarmas bo'lgan atomdir. Radioaktiv nuklid qisqacha radionuklid deyiladi. Masalan, nuklid $^{16}O$, radionuklid $^{14}O$, radionuklid $^{131}I$ va h.k. „Izotoplar" atamasini bitta elementning barqaror va radioaktiv nuklidlarini ko'rsatish uchungina ishlatish lozim (yuqorida berilgan ta'rifga q.).

ligi uchun yadro musbat zaryadlangan. Yadroning zaryadi son jihatdan elementning tartib raqamiga tengligi sababli u atomning elektron qobig'idagi elektronlar sonini belgilaydi va bu bilan kimyoviy elementlarning xossalarini ham belgilab beradi. Shu sababli *atom massasi emas, balki yadroning musbat zaryadi atomning, va demak, elementning asosiy tavsifi hisoblanadi.* Ana shu asosda kimyoviy elementga yanada aniq ta'rif berilgan, kimyoviy element haqidagi tushuncha esa kimyoda asosiy tushuncha hisoblanadi (1.2-§ ga q.).

*Yadro reaksiyalari* — bu atom yadrolarining elementar zarrachalar bilan va bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida o'zgarishidir. Bunday reaksiyalarning tenglamalarini yozish massa va zaryadning saqlanish qonunlariga asoslangan. Bu degan so'z, tenglamaning chap qismida massalar yig'indisi bilan zaryadlar yig'indisi tenglamaning o'ng qismidagi massalar yig'indisi bilan zaryadlar yig'indisiga teng bo'lishi kerak, demakdir. Masalan:

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He = ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}H$$

Bu tenglama aluminiy atomi α-zarracha bilan o'zaro ta'sirlashganda kremniy atomi bilan proton hosil bo'lishini ko'rsatadi. Radiyning radioaktiv parchalanib, radon bilan geliy hosil qilishini quyidagicha yozish mumkin:

$$^{226}_{88}Ra = ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

1919-yilda Rezerford azot atomlarining yadrolarini α-zarrachalar bilan bombardimon qilib, birinchi marta sun'iy ravishda yadro reaksiyasini amalga oshirdi:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He = ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

Yadro reaksiyasi natijasida azot kislorodga aylanib, proton ajralib chiqdi.

Siklotron qurilmasi yaratilgandan (1930) keyin juda ko'p turli-tuman yadro reaksiyalari kashf qilindi va tekshirildi.

Yadro reaksiyalarining tenglamalarini qisqacha yozish ko'p qo'llaniladi. Dastlab boshlang'ich yadroning kimyoviy belgisi yoziladi, so'ngra (qavs ichida) reaksiyani vujudga keltirgan zarracha va reaksiya natijasida hosil bo'lgan zarracha qisqacha belgilanadi, shundan keyin hosil bo'lgan yadroning kimyoviy belgisi qo'yiladi. Bunda boshlang'ich va hosil bo'lgan yadrolarning simvollarida faqat massa sonlari qo'yiladi, chunki yadrolarning zaryadlarini D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasidan oson aniqlash mumkin. Ilgari ko'rib chiqilgan yadro reaksiyalarining qisqacha yozuvi quyidagicha bo'ladi:

$^{27}Al(\alpha, p)\,^{30}Si$; $^{14}N(\alpha, p)\,^{17}O$; $^{226}Ra(-, \alpha)\,^{222}Rn$,

bunda: $\alpha$—zarrachaning ($^{3}_{4}He$) belgisi; $p$ — proton ($^{1}_{1}He$); chiziqcha radioaktiv parchalanish bo'lganda ta'sir etuvchi zarracha bo'lmasligini bildiradi.

Yadro reaksiyalari yordamida radioaktivlik xususiyati bor izotoplar (radioaktiv izotoplar) olinadi. Ularning hammasi beqaror va radioaktiv parchalanish natijasida boshqa elementlarning izotoplariga aylanadi.

Barcha kimyoviy elementlarning radioaktiv izotoplari olingan. Ularning taxminan 1500 turi ma'lum. *Faqat radioaktiv izotoplardan tarkib topgan elementlar radioaktiv elementlar deyiladi.* Bular Z=43, 61 va 84 — 109-elementlardir.

Barqaror (radioaktiv emas) izotoplardan 300 ga yaqini ma'lum. D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasidagi ko'pchilik kimyoviy elementlar ana shunday izotoplardan tarkib topgan. Ba'zi elementlarda barqaror izotoplari bilan birga uzoq vaqt yashaydigan radioaktiv izotoplari ham bo'ladi. Bular $^{40}_{19}K$, $^{87}_{37}Rb$, $^{115}_{49}In$.

Kimyoviy xossalari jihatdan radioaktiv izotoplar barqaror izotoplardan deyarli farq qilmaydi. Shuning uchun ular *„nishonlangan atomlar"* sifatida ishlatiladi, bunday atomlar radioaktivligining o'zgarishiga qarab berilgan element barcha atomlarining xususiyatini va ularning siljishini kuzatishga imkon beradi. Radioaktiv izotoplar ilmiy tekshirish ishlarida, sanoatda, qishloq xo'jaligida, tibbiyotda, biologiya va kimyoda keng ko'lamda ishlatiladi.

Yadro reaksiyalarining muhim xususiyati hosil bo'ladigan zarrachalarning kinetik energiyasi yoki nurlanish energiyasi holida ko'p miqdorda energiya chiqishidir. Kimyoviy reaksiyalarda energiya, asosan, issiqlik holida ajralib chiqadi. Yadro reaksiyalarining energiyasi kimyoviy reaksiyalarning energiyasidan millionlab marta ko'p bo'ladi. Kimyoviy reaksiyalar sodir bo'lishida atomlar yadrolarining parchalanmasligi ana shu bilan tushuntiriladi.

Yadro reaksiyalaridan transuran elementlar* sintez qilish uchun keng ko'lamda foydalaniladi.

---

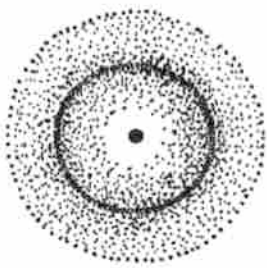
* Transuran elementlar — davriy sistemada urandan keyin joylashgan kimyoviy elementlar (atom raqamlari $Z \geq 93$). Hozirgi vaqtda 14 ta transuran element ma'lum.

## 2.5-§. Atomdagi elektron holatining hozirgi zamon modeli

Kimyoviy reaksiyalarda atom yadrosi o'zgarishga uchramaydi. Bunda atomlarning elektron qobiqlari o'zgaradi, kimyoviy elementlarning ko'pchilik xossalari shu elektron qobiqlarning tuzilishi bilan tushuntiriladi. Shuning uchun kimyoni o'rganishda atomdagi elektronlarning holatiga va elektron qobiqlarning tuzilishiga doimo katta e'tibor beriladi.

Atomdagi elektronning holatini kvant mexanikasi bayon qilib beradi, bu fan mikrozarrachalarning, ya'ni elementar zarrachalar, atomlar, molekulalar va atom yadrolarining harakatlanishi va o'zaro ta'sirini o'rganadi. Kvant mexanikasidagi tasavvurlarga ko'ra, *mikrozarrachalar to'lqin tabiatiga, to'lqinlar esa zarrachalar xossalariga ega bo'ladi.* Bu gap elektronga tatbiq etilganda u zarracha sifatida ham, to'lqin sifatida ham bo'ladi, ya'ni boshqa mikrozarrachalar kabi korpuskular-to'lqin dualizmiga (ikki xillikka) ega, deyish mumkin. Bir tomondan, elektronlar zarrachalar sifatida bosim beradi, ikkinchi tomondan, harakatlanayotgan elektronlar oqimi to'lqin hodisalarini, ya'ni elektronlar difraksiyasini keltirib chiqaradi.

Elektronning atomda harakatlanish trayektoriyasi bo'lmaydi. Kvant mexanikasi elektronning yadro atrofidagi fazoda bo'lish *ehtimolligini* ko'rib chiqadi. Tez harakatlanayotgan elektron yadroni qurshab olgan fazoning istalgan qismida bo'lishi mumkin va uning turli holatlari muayyan zichlikdagi manfiy zaryadli *elektron buluti* sifatida qaraladi. Buni quyidagicha ancha yaqqol tasavvur qilish mumkin. Agar vaqtning juda kichik oraliqlarida elektronning atomdagi holatini suratga olishga muvaffaq bo'linsa (u suratda nuqta ko'rinishida aks etadi), bunday suratlarning ko'pchiligi ustma-ust qo'yilganda elektron bulut manzarasi hosil bo'lur edi. Nuqtalar eng ko'p bo'lgan joyda bulut eng zich bo'ladi. Maksimal zichlik atom bo'shlig'ining ana shu qismida elektronning eng ko'p bo'lish ehtimolligiga to'g'ri keladi. 2.2-rasmda vodorod atomi ko'ndalang kesimining kvant mexanikasi nuqtayi nazaridan modeli tasvirlangan. Yadroga yaqin joyda elektron zichlik deyarli nolga teng, ya'ni bu yerda elektron deyarli bo'lmaydi. Yadrodan uzoqlashgan sari elektron zichlik ortib boradi va 0,053 nm masofada maksimal



**2.2-rasm.** Vodorodning zichligi notekis bo'lgan elektron buluti.

qiymatiga yetadi, so'ngra asta-sekin kamayadi. Demak, harakatdagi elektronning bo'lish ehtimolligi yadrodan 0,053 nm masofada eng ko'p bo'ladi (rasmdagi qoraroq joylar). Elektron yadro bilan qancha puxta bog'langan bo'lsa, elektron bulut zaryadning taqsimlanishi jihatidan shuncha zich va o'lchamlari shuncha kichik bo'lishi kerak.

**Yadro atrofida elektronning bo'lishi ehtimolligi eng ko'p bo'lgan fazo *orbital* deyiladi.**

Orbitalda elektron bulutning ~ 90% i bo'ladi. Bu degan so'z elektron 90% ga yaqin vaqtda fazoning ana shu qismida bo'ladi, demakdir. Atom orbitallarining o'lchamlari turlicha bo'ladi. Ravshanki, kichik o'lchamli orbitallarda harakatlanadigan elektronlar katta o'lchamli orbitallarda harakatlanadigan elektronlarga qaraganda yadroga kuchliroq tortiladi. O'lchamlari bir-biriga yaqin orbitallarda harakatlanadigan *elektronlar qavatlarni* hosil qiladi. Elektron qavatlar *energetik pog'onalar* ham deyiladi. Energetik pog'onalar yadrodan boshlab raqamlanadi: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ba'zan ular *K, L, M, N, O, P, Q* harflar bilan ham belgilanadi.

*Pog'onaning tartib raqamini ko'rsatuvchi butun son n bosh kvant soni deyiladi.* U ana shu energetik pog'onani egallaydigan elektronlarning energiyasini xarakterlaydi. Birinchi yadroga eng yaqin energetik pog'onadagi elektronlarning energiyasi eng kam bo'ladi. Birinchi pog'onadagi elektronlarga nisbatan keyingi pog'onalardagi elektronlarning energiya zaxirasi ko'p bo'ladi. Ravshanki, tashqi pog'onadagi elektronlar yadro bilan bo'shroq bog'langan bo'ladi.

Atomda elektronlar bilan to'ladigan energetik pog'onalar soni element turgan davrning raqamiga teng: 1-davr elementlarining atomlarida — bitta energetik pog'ona, 2-davrdagilarda — ikkita, 3-davrdagilarda — uchta energetik pog'ona bo'ladi va h.k. Energetik pog'onadagi elektronlarning maksimal soni pog'ona raqami kvadratining ikkiga ko'paytirilganiga teng, ya'ni

$$N=2n^2 \qquad (2.2)$$

bunda: $N$ — elektronlar soni; $n$ — pog'ona raqami (yadrodan hisoblanganda) yoki bosh kvant soni.

(2.2) tenglamaga muvofiq, yadroga eng yaqin birinchi energetik pog'onada ko'pi bilan ikkita elektron, 2-pog'onada — ko'pi bilan 8 ta, 3-pog'onada — ko'pi bilan 18 ta, 4-pog'onada ko'pi bilan 32 ta elektron bo'lishi mumkin.

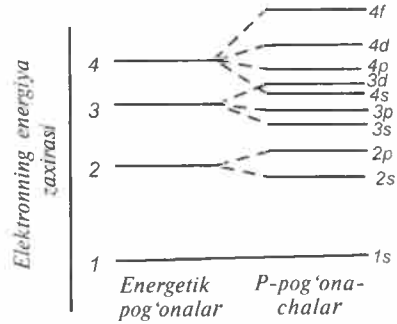
## 2.6-§. Atomlar elektron qobiqlarining tuzilishi

Endi alohida olingan elektron pog‘onaning (qavatning) tuzilishini ko‘rib chiqamiz. Bosh kvant sonining $n$=2 qiymatidan boshlab energetik pog‘onalar (qavatlar) yadro bilan bog‘lanish energiyasi jihatidan bir-biridan farq qiladigan pog‘onachalarga (qavatchalarga) bo‘linadi. Pog‘onachalar soni bosh kvant sonining qiymatiga teng, lekin to‘rttadan oshmaydi: 1-pog‘onada bitta pog‘onacha, 2-pog‘onada — ikkita, 3-pog‘onada — uchta, 4-pog‘onada — to‘rtta pog‘onacha bo‘ladi. Pog‘onachalar, o‘z navbatida, orbitallardan tarkib topadi. Pog‘onachalarni lotin harflari bilan belgilash qabul qilingan:

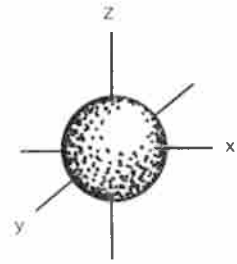
*s*— har qaysi energetik pog‘onaning yadroga eng yaqin birinchi pog‘onachasi; u bitta *s*- orbitaldan tarkib topgan, *p*- ikkinchi pog‘onacha, uchta *p*- orbitaldan tarkib topgan; *d*- uchinchi pog‘onacha, u beshta *d*- orbitaldan tarkib topadi; *f*— to‘rtinchi pog‘onacha bo‘lib, unda yettita *f*- orbital bo‘ladi. Shunday qilib, $n$ ning har qaysi qiymati uchun $n^2$ orbitallar bo‘ladi (2.1-jadval).

***2.1-jadval.*** **Bosh kvant soni, orbitallarning turi va soni hamda pog‘onacha va pog‘onalardagi elektronlarning maksimal soni**

| Energetik pog‘ona, $n$ | Pog‘onachalar soni $n$ ga teng | Orbitallar | Orbitallar soni | | Elektronlarning maksimal soni | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | pog‘onachada | pog‘onada $n^2$ ga teng | pog‘onachada | pog‘onada |
| $K$ ($n$=1) | 1 | 1 *s* | 1 | 1 | 2 | 2 |
| $L$ ($n$=2) | 2 | 2 *s*<br>2 *p* | 1<br>3 | 4 | 2<br>6 | 8 |
| $M$ ($n$=3) | 3 | 3 *s*<br>3 *p*<br>3 *d* | 1<br>3<br>5 | 9 | 2<br>6<br>10 | 18 |
| $N$ ($n$=4) | 4 | 4 *s*<br>4 *p*<br>4 *d*<br>4 *f* | 1<br>3<br>5<br>7 | 16 | 2<br>6<br>10<br>14 | 32 |




**2.3- rasm.** Energetik pog'onalarning pog'onachalarga bo'linish sxemasi.



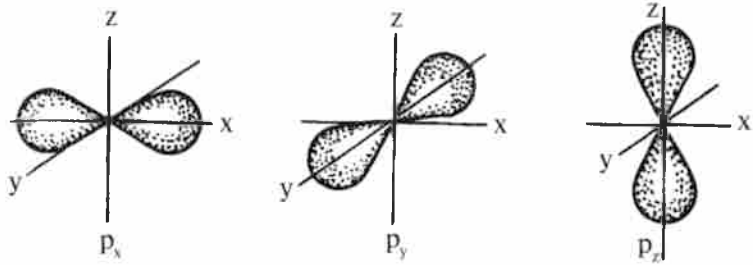

**2.4- rasm.** s- elektron orbitalning shakli.

Har qaysi orbitalda ko'pi bilan ikkita elektron bo'lishi mumkin *(Pauli prinsipi)*. Agar orbitalda bitta elektron bo'lsa, u *juftlashmagan* elektron, agar ikkita bo'lsa — *juftlashgan* elektron deyiladi. Pauli prinsipi $N=2n^2$ formulani tushuntirib beradi. Haqiqatan ham, agar masalan, uchinchi pog'onada ($n=3$) $3^2=9$ orbital, har qaysi orbitalda esa 2 tadan elektron bo'lsa, u holda elektronlarning maksimal soni $2\cdot3^2=18$ bo'ladi.

2.1- jadval dastlabki to'rtta pog'ona uchun bosh kvant soni $n$ ning pog'onachalar soni, orbitallarning turi va soni hamda pog'onacha va pog'onadagi elektronlarning maksimal soni bilan bog'liqligi ko'rsatilgan; 2.3-rasmda energetik pog'onalarning pog'onachalarga bo'linish sxemasi berilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, atomdagi elektronlarni tavsiflash uchun elektron pog'onaning nomerini va orbitallarning turlarini bilish lozim. Turli xil orbitallarning (bulutlarning) shaklini bilish muhim. Bu molekulalarning strukturasini o'rganishda kerak bo'ladi.

Nazariy ma'lumotlarga muvofiq *s*-orbital sferik simmetriyali, ya'ni shar shaklida bo'ladi. Bunga vodorod atomining orbitali, $n=1$ misol bo'la oladi (2.4-rasm). Bunday orbital *s*-orbital deyiladi. *s*-orbitaldagi elektron *s*-elektron deyiladi.

2-energetik pog'onada ($N=2$) to'rtta orbital bo'ladi, ulardan bittasi sferik simmetriyaga ega. U 2*s*- orbital deyiladi. Ravshanki, 2*s*- elektronning energiyasi ancha ko'p, shu sababli yadrodan 1*s*-elektronga qaraganda uzoqroq masofada bo'ladi. Umuman, $n$ ning har qaysi qiymati uchun bitta sferik simmetrik orbital bo'ladi.




**2.5- rasm.** *p*- elektron orbitallarning shakli va joylashishi.

*p*-orbital gantel yoki hajmiy sakkizlik shaklida bo'ladi (2.5-rasm). Atomda uchala *p*- orbitallar o'zaro perpendikular joylashgan. Ular fazoviy koordinatalarning o'qlari bo'ylab yo'nalgan, shu sababli ularni ko'pincha $p_x$, $p_y$ va $p_z$-orbitallar deb belgilanadi. Bunday belgilash *p*- orbitallarning fazoda qanday yo'nalganligini ko'rsatadi. Agar $p_x$- orbital *x* o'qi yo'nalishida joylashgan bo'lsa, u holda $p_x$- elektronlarning *x* o'qi yaqinida joylashish ehtimolligi eng ko'p bo'ladi. $p_y$ va orbitallar haqida ham shu gaplarni aytish mumkin.

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, $n=2$ dan boshlab har qaysi energetik pog'onada uchta *p*- orbital bo'ladi. *n* qiymati kattalashishi bilan elektronlar yadrodan uzoqroqda joylashgan *p*- orbitallarni egallaydi, lekin *x, y, z* o'qlari bo'ylab yo'nalish doimo saqlanib qoladi.

*d*- orbital (beshta) va *f*- orbitallarning (ular yettita) shakli *p*- orbitallarnikiga qaraganda ham murakkabroq bo'ladi. Bu yerda ular ko'rib chiqilmaydi.

## 2.7-§. Elektron formulalar

Atomda elektronlarning energetik pog'ona va pog'onachalar bo'yicha taqsimlanishi *elektron formulalar* (konfiguratsiyalar) ko'rinishida tasvirlanadi. Ular qanday tuzilishini ko'rsatib o'tamiz.

Atomdagi har qaysi elektron eng kam energiyali, uning yadro bilan puxta bog'lanishiga muvofiq keladigan erkin orbitalni egallaydi *(eng kam energiya prinsipi)*. Elementning tartib raqami ortishi bilan elektronlar orbital va pog'onalarni ularning energiyasi ortishi tartibida to'ldiradi: pog'onalar birinchidan yettinchiga tomon, pog'onachalar esa $s - p - d - f$ tartibida to'lib boradi. Energiyaning ortib borish tartibi tajriba yo'li bilan aniqlangan. U *energiya shkalasi* deyiladi. Bu shkalaga muvofiq davriy sistema elementlarining atomlarida orbitallarning elektronlar bilan ketma-ket to'lish qatori tuziladi. Bu qatorda davrlar vertikal chiziqlar bilan ajratilgan va tepasida rim raqamlari bilan belgilab qo'yilgan:

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $1s$ | $2s, 2p$ | $3s, 3p$ | $4s, 3d\ 4p$ | $5s, 4d, 5p$ | $6s, 4f, 5d, 6p$ | $7s, 5f, 6d, 7p$ |

Eng kam energiyali orbital — bu $1s$-orbitaldir. Vodorod atomida bu orbitalni uning yagona elektroni egallagan. Shu sababli vodorod atomining elektron formulasi (yoki elektron konfiguratsiyasi) $1s^1$ ko'rinishida bo'ladi*.

Bitta orbitalda ikkita elektron bo'lishi mumkinligi sababli geliy atomining ikkala elektroni $1s$-orbitalda joylashadi. Binobarin, geliyning elektron formulasi $1s^2$. He ning elektron qobig'i tugallangan va juda barqaror, bu nodir gaz.

2-davr elementlarida $L$-pog'ona ($n$=2) to'lib boradi, bunda dastlab $s$- pog'onachaning orbitali, so'ngra $p$- pog'onachaning uchta orbitali to'ladi. Li atomidagi uchinchi elektron $2s$- orbitalda joylashadi. Li ning elektron formulasi $1s^2\ 2s^1$ bo'ladi. $2s^1$ elektron $1s$ elektronlarga qaraganda atom yadrosi bilan ancha bo'sh bog'langan, shu sababli litiy atomi bu elektronini oson yo'qotib, $Li^+$ ionini hosil qilishi mumkin.

$_4$Be atomida ham to'rtinchi elektron $2s$- orbitalda joylashadi: $1s^2 2s^2$. Be da ikkita $2s$- elektron boshqa elektronlariga qaraganda oson ajralib, $Be^{2+}$ ionini hosil qiladi.

$2s$- orbital to'lganligi sababli bor $B_5$ atomida beshinchi elektron $2p$- orbitalni egallaydi. Bor atomining elektron formulasi: $1s^2 2s^2 p^1$.

Shundan keyin C, N, O, F atomlarida $2p$- orbitallar to'lib boradi, Ne atomida ular batamom to'ladi. Shu elementlar atomlarining elektron formulalarini yozamiz:

$$_6\text{C}\ 1s^2 2s^2 2p^2;\quad _7\text{N}\ 1s^2 2s^2 2p^3;\quad _8\text{O}\ 1s^2 2s^2 2p^4;$$

$$_9\text{F}\ 1s^2 2s^2 2p^5;\quad _{10}\text{Ne}\ 1s^2 2s^2 2p^6$$

3- davr elementlaridan boshlab atomlarda uchinchi $M$-pog'onaning to'lishi boshlanadi, bu pog'ona $3s$-, $3p$- va $3d$-pog'onachalardan tarkib topgan. Masalan,

$$_{11}\text{Na}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1;\quad _{17}\text{Cl}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$$

Atomlarda elektronlarning taqsimlanishi tasvirlanadigan formulalarda ba'zan faqat har qaysi energetik pog'onadagi elektronlar sonigina ko'rsatiladi. Bu holda ular shunday yoziladi:

---

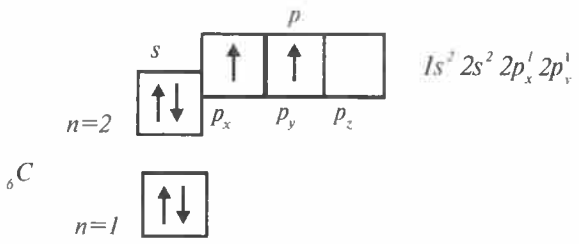
* Bu yozuvda oldingi son — pog'ona nomeri, harf bilan pog'onacha (orbital turi) belgilanadi, o'ng tomonda yuqoridagi indeks — pog'onachadagi elektronlar soni ekanligini eslatib o'tamiz.

$_{11}Na$ — 2.8.1; $_{17}Cl$— 2.8.7; $_{26}Fe$ — 2.8.14.2

Elektron formulalarni yozishda elektronning „sakrashini“ e'tiborga olish kerak. Masalan, xromning elektron formulasi $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$ bo'lishi kerak. Lekin xrom atomining tashqi pog'onasida ikkita emas, balki bitta elektron bor — ikkinchi elektron tashqaridan uchinchi pog'ononing *d*- pog'onachasiga „sakrab tushgan“. Bu holda xrom atomida elektronlarning joylashuvi shunday bo'ladi: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$. Nb, Mo va boshqa elementlarda ham xuddi shunga o'xshash ahvol kuzatiladi. Pd da elektronlar pog'onalar bo'yicha shunday taqsimlanadi; 2.8.18.18.0 (bu yerda beshinchi energetik pog'ona umuman bo'lmaydi — ikkala elektron qo'shni pog'onaga „sakrab tushgan“ yoki „ko'chib o'tgan“ bo'ladi).

Elektron qobiqlarning tuzilishi, ko'pincha, energetik, boshqacha aytganda kvant yacheykalar yordamida tasvirlanadi — bular *grafik elektron formulalar* deyiladi. Har bir shunday yacheyka katakcha bilan belgilanadi: katakcha — orbital, strelka — elektron, strelkaning yo'nalishi — spinning* yo'nalishi, bo'sh katakcha — bo'sh orbital, bu bo'sh joyni qo'zg'atilgan elektron egallashi mumkin. Pauli prinsipiga ko'ra katakchada bitta yoki ikkita elektron bo'lishi mumkin (agar ikkita elektron bo'lsa, ular juftlashgan bo'ladi).

Misol tariqasida uglerod atomida elektronlarning kvant yacheykalar bo'yicha taqsimlanish sxemasini keltiramiz:

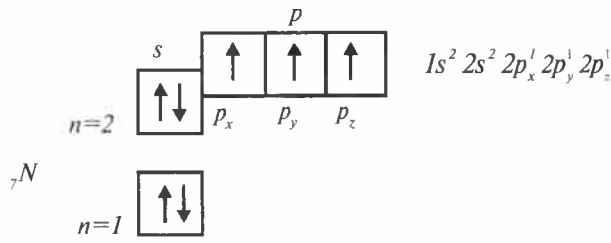



Pog'onachadagi orbitallar quyidagicha to'lib boradi: dastlab bir xil spinli bittadan elektron, so'ngra qarama-qarshi spinli ikkinchi elektron joylashadi. 2*p*- pog'onachada bir xil energiyali uchta orbital borligi sababli, ikkita 2*p*- elektrondan har biri bittadan orbitalni egallaydi (masalan, $p_x$ va $p_y$). Bitta orbital ($p_z$) bo'sh qoladi. Uglerod atomida ikkita juftlashmagan elektron bor. Sxemaning

*Spinni (inglizchadan tarjima qilinganda „urchuq“ degan ma'noni bildiradi) soddalashtirilgan holda elektronning o'z o'qi atrofida soat mili bo'ylab va unga teskari yo'nalishda aylanishi sifatida tasavvur qilish mumkin. Qarama-qarshi spinli ↑↓ elektronlar juftlashgan elektronlar deyiladi.

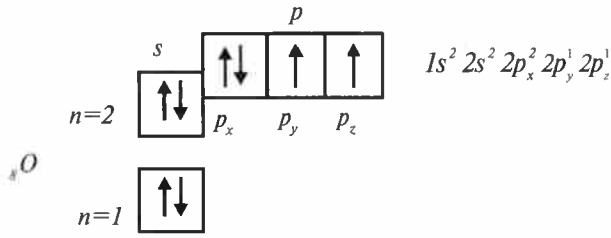
o‘ng tomonida elektron formulada elektronlarning $p_x$ va $p_y$- orbitallarda joylashuvi batafsil yozib ko‘rsatilgan. Bunday yozuv ham ko‘p qo‘llaniladi.

Azot atomida 2*p*- orbitallarning uchalasini ($p_x$, $p_y$, $p_z$) yakka elektronlar egallagan:

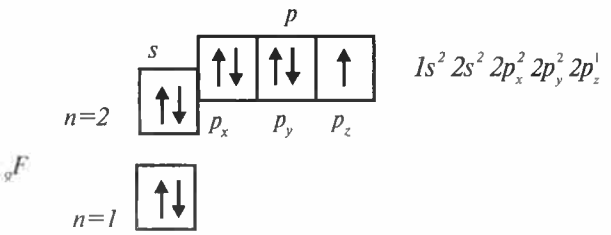



Demak, azot atomida uchta juftlashmagan elektron bor. Bu mukammal yozilgan elektron formulada ham (sxemaning o‘ng tomonida) aks ettirilgan.

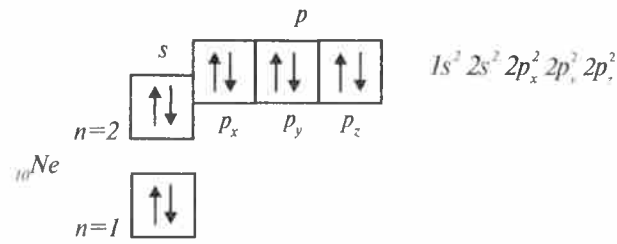
Kislorod atomidan boshlab 2*p*- orbitallar qarama-qarshi spinli ikkinchi elektron bilan to‘lib boradi:




Kislorod atomida ikkita juftlashmagan elektron bor. Ftor atomida bitta juftlashmagan elektron bor:




Shunday qilib, elektronlarni kvant yacheykalarga joylashtirib, atomidagi juftlashmagan elektronlar sonini aniqlash mumkin. Ne atomida ikkinchi pog‘onaning to‘lishi tugallanadi:




Sakkizta tashqi elektron ($s^2p^6$) to'rtta ikki elektron bulutli juda barqaror strukturani hosil qiladi. Neon atomida barcha elektronlar juftlashgan. Neon — nodir gaz.

## 2.8- §. D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasini nazariy asoslash

Energetik pog'onalar (elektron qavatlar) va pog'onachalarning (qavatchalarning) elektronlar bilan to'lish tartibi D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasini nazariy jihatdan asoslab beradi. 1- va 2- davrlardagi elementlarning elektron formulalarini (2.7-§) ko'zdan kechirib, shunday xulosaga kelish mumkin: davr atomining tashqi pog'onasida bitta *s*- elektron bo'ladigan element bilan boshlanadi: 1- davrda bu vodorod, qolgan davrlarda — ishqoriy metallar. Davr nodir gaz bilan tugallanadi: birinchisi — geliy bilan ($1s^2$), qolgan davrlar — atomlarining tashqi pog'onasining elektron konfiguratsiyasi bo'lgan elementlar bilan tugallanadi.

Shunday qilib, 1- davrda ikkita element bor: vodorod ($Z$=1) bilan geliy ($Z$=2). 2- davr litiy ($Z$=3) elementi bilan boshlanadi va neon ($Z$=10) bilan tugaydi. Ikkinchi davrda sakkizta element bor. 3- davr natriy ($Z$=11) bilan boshlanadi, uning elektron konfiguratsiyasi $1s^22s^2$, $2p^63s^1$. Uchinchi energetik pog'onaning to'lishi natriyda boshlangan. Bu jarayon inert gaz — argonda ($Z$=18) tugallanadi, uning 3*s*- va 3*p*- pog'onachalari batamom to'lgan. Argonning elektron formulasi: $1s^22s^22p^63s^23p^6$. Natriy — litiyning, argon — neonning analogi. 2- davrdagi kabi 3- davrda ham sakkizta element bor.

4-davr kaliy ($Z$=19) bilan boshlanadi, uning elektron tuzilishi $1s^22s^22p^63s^23p^64s^1$ formula bilan ifodalanadi. Kaliyning 19- elektroni 4*s*- pog'onachani egallagan, uning energiyasi 3*d*- pog'onachaning energiyasidan kam bo'ladi (2.3- rasmga q.). Tashqi 4*s*- elektron elementga natriyning xossalariga o'xshash xossalar baxsh etadi.

Kalsiyda ($Z$=20) 4$s$- pog'onacha ikkita elektron bilan to'lgan: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$. Skandiy ($Z$=21) elementidan boshlab 3$d$- pog'onachaning to'lishi boshlanadi, chunki u 4$p$- pog'onachaga nisbatan energiya jihatidan afzalroqdir (2.3-rasmga q.). 3$d$- pog'onachaning beshta orbitalini o'nta elektron egallashi mumkin, skandiydan ruxgacha ($Z$=30) bo'lgan elementlarning atomlarida ana shunday bo'ladi. Shu sababli *Sc* ning elektron tuzilishi $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ formulaga, ruxniki* — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ formulaga muvofiq keladi. Inert gaz kriptongacha ($Z$=36) bo'lgan keyingi elementlarning atomlarida 4$p$- pog'onacha to'lib boradi. 4- davrda 18 ta element bor.

5- davrda rubidiydan ($Z$=37) inert gaz ksenongacha ($Z$=54) bo'lgan elementlar joylashgan. Ularning energetik pog'onalarining to'lishi ham 4-davr elementlaridagi kabi bo'ladi: Rb va Sr dan keyin ittriydan ($Z$=39) kadmiygacha ($Z$=48) bo'lgan o'nta elementda 4$d$- pog'onacha to'ladi, shundan keyin elektronlar 5$p$- pog'onachani egallaydi. 4- davrdagi kabi 5- davrda ham 18 ta element bor.

6- davrdagi seziy ($Z$=55) va bariy ($Z$=56) elementlarining atomlarida 6$s$- pog'onacha to'ladi. Lantanda ($Z$=57) bitta elektron 5$d$- pog'onachaga o'tadi, shundan keyin bu pog'onachaning to'lishi to'xtaydi va 4$f$- pog'onacha to'la boshlaydi, uning yettita orbitalini 14 elektron egallashi mumkin. Bu hol $Z$=58 — 71 bo'lgan lantanoid elementlar atomlarida sodir bo'ladi. Bu elementlarda tashqaridan uchinchi pog'onaning ichki 4$f$- pog'onacha to'lganligi sababli ularning kimyoviy xossalari bir-biriga ancha yaqin bo'ladi. Gafniydan ($Z$=72) boshlab $d$- pog'onachaning to'lishi yana boshlanadi va simobda ($Z$=80) tugallanadi, shundan keyin elektronlar 6$p$- pog'onachani to'ldira boshlaydi. Pog'onaning to'lish jarayoni inert gaz radonda ($Z$=86) tugallanadi. 6- davrda 32 ta element bor.

7- davrda — tugallanmagan davr elektron pog'onalarining elektronlar bilan to'lishi 6- davrdagiga o'xshash. Fransiy ($Z$=87) bilan radiyda ($Z$=88) 7$s$- pog'onacha to'lgandan keyin aktiniyda elektron 6$d$- pog'onachaga o'tadi, shundan keyin 5$f$- pog'onacha 14 ta elektron bilan to'la boshlaydi. Bu hol $Z$=90 — 103 bo'lgan aktinoid elementlarning atomlarida sodir bo'ladi. 103- elementdan keyin rezerfordiy ($Z$=104), dubniy ($Z$=105), $Z$=106 va $Z$=109 elementlarda 6$d$- pog'onacha to'lib boradi. Lantanoidlar kabi aktinoidlarning ham ko'pchilik kimyoviy xossalari bir-biriga o'xshashdir.

Oxirida qaysi pog'onacha elektronlar bilan to'lishiga qarab barcha elementlar to'rt tipga (oilaga) bo'linadi*:

* 3$d$- pog'onacha 4$s$- pog'onachadan keyin to'lsa ham formulada undan oldin qo'yiladi, chunki shu pog'onadagi barcha pog'onachalar ketma-ket yoziladi.

1. *s*- elementlar; tashqi pog'onaning *s*- pog'onachasi elektronlar bilan to'ladi. Bularga har qaysi davrning dastlabki ikki elementi kiradi.

2. *p*- elementlar; tashqi pog'onaning *p*- pog'onachasi elektronlar bilan to'ladi. Bular har qaysi davrdagi (1- va 7-davrdan tashqari) oxirgi 6 elementdir.

3. *d*- elementlar; tashqaridan ikkinchi pog'onaning *d*-pog'onachasi elektronlar bilan to'ladi, tashqi pog'onada esa bitta yoki ikkita elektron qoladi (Pd da — nol). Ularga katta davrlarning *s*- va *p*- elementlari orasida joylashgan dekadalaridagi elementlar kiradi (ular oraliq elementlar ham deyiladi).

4. *f*- elementlar; tashqaridan uchinchi pog'onaning *f*- pog'onachasi elektronlar bilan to'ladi, tashqi pog'onada esa ikkita elektron qoladi. Bular lantanoidlar va aktinoidlardir.

Davriy sistemada *s*-elementlar soni 14 ta, *p*- elementlar 30 ta, *d*- elementlar 35 ta, *f*- elementlar 30 ta. Bir turdagi elementlarning ko'pgina umumiy kimyoviy xossalari bo'ladi.

Shunday qilib, D.I.Mendeleyevning davriy sistemasi kimyoviy elementlar atomlarining elektron strukturasiga asoslangan tabiiy klassifikatsiyasidir. Element davriy sistemaning tegishli davrida va gruppachasida joylashganligiga qarab atomning elektron strukturasi, demak, elementning xossalari haqida fikr yuritiladi. Davrlarda elementlar sonining turlichaligi elektron pog'onalarning to'lib borish qonuniyati bilan tushuntiriladi.

## 2.9-§. Atomlarning tuzilishi haqidagi ta'limot asosida davriy qonun va davriy sistema

Atomlarning tuzilishi haqidagi ta'limot davriy qonunning chuqur fizik ma'nosini ochib berdi.

2.4-§ da qayd etilganidek, atomning asosiy xarakteristikasi uning yadrosining musbat zaryadidir. Bu atomning va, demak, elementning ancha umumiy va aniq xarakteristikasi hisoblanadi. Yadroning zaryadi atomning elektron qobig'idagi elektronlar sonini, atomning tuzilishini va shu bilan elementning barcha xossalarini hamda uning davriy sistemada joylashgan o'rnini aniqlab beradi. Shu munosabat bilan qonunning ta'rifi ham qisman o'zgardi.

D.I.Mendeleyev davriy qonunining hozirgi zamon ta'rifi quyidagicha:

**kimyoviy elementlarning xossalari, shuningdek, elementlar birikmalarining shakli va xossalari ular atomlari yadrosining zaryadiga davriy ravishda bog'liqdir.**

Qonunning bunday ta'rifi D.I.Mendeleyev bergan ta'rifga hech zid kelmaydi, u faqat yangi ma'lumotlarga asoslanadi, bu ma'lumotlar qonun va sistemani ilmiy jihatdan asoslaydi va ularning to'g'riligini tasdiqlaydi. D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasi davriy qonunni va shu bilan elementlar atomlarining tuzilishini ham aks ettiradi.

Atomlarning tuzilish nazariyasi elementlar xossalarining davriy o'zgarishini tushuntirib beradi. Atom yadrolari musbat zaryadlarining 1 dan 109 gacha ortib borishi tashqi energetik pog'ona tuzilishining takrorlanishiga sabab bo'ladi. Elementlarning xossalari tashqi pog'onadagi elektronlar soniga bog'liq bo'lganligi uchun bu ko'rsatkich ham davriy ravishda takrorlanadi. Davriy qonunning f i z i k m a ' n o s i ana shundan iboratdir.

K i c h i k d a v r l a r d a atomlar yadrolarining musbat zaryadi ortib borishi bilan tashqi pog'onadagi elektronlar soni ham ortib boradi (1-davrda 1 dan 2 gacha, 2- va 3-davrlarda 1 dan 8 ga qadar), shu sababli elementlarning xossalari o'zgaradi: davrning boshida (1- davrdan tashqari) ishqoriy metall turadi, so'ngra metall xossalari asta-sekin susayadi va metallmaslik xossalari kuchayib boradi.

K a t t a d a v r l a r d a yadrolarning zaryadi ortishi bilan pog'onalarga elektronlar to'lishi murakkabroq kechadi (2.8-§ ga q.), shu sababli elementlarning xossalaridagi o'zgarish ham kichik davrlarning elementlaridagiga qaraganda murakkabroq bo'ladi. Masalan, katta davrlarning juft qatorlarida zaryad kattalashishi bilan tashqi pog'onadagi elektronlar soni o'zgarmaydi va 2 yoki 1 ga teng bo'ladi. Shu sababli tashqaridan oldingi pog'ona elektronlar bilan to'layotganda bu qatorlarda elementlarning xossalari juda sekin o'zgaradi. Toq qatorlarda yadro zaryadi ortishi bilan tashqi pog'onadagi elektronlar soni ko'payganida (1 dan 8 gacha) elementlarning xossalari tipik elementlardagi kabi o'zgara boshlaydi.

Davriy sistemaning qisqa shakldagi variantida odatda qatorlar ajratib ko'rsatiladi. Lekin hozirgi vaqtda bu tushuncha fizikaviy ma'nosi yo'qligi sababli kam qo'llaniladi.

Atomlarning tuzilishi haqidagi ta'limot asosida qaralganda D.I.Mendeleyevning barcha elementlarni yettita davrga bo'lganligi asosli ekanligi ko'rinadi. Davrning raqami atomlarning elektronlar bilan to'ladigan energetik pog'onalari soniga mos keladi. Shu sababli

*s*- elementlar barcha davrlarda, *p*- elementlar 2- va undan keyingi davrlarda, *d* - elementlar — 4- va undan keyingi davrlarda va *f*- elementlar — 6- hamda 7- davrlarda bor.

Gruppalarning gruppachalarga bo'linishini ham oson tushuntirish mumkin, bunday bo'linish energetik pog'onalarning elektronlar bilan to'lishidagi farqqa asoslangan. Bosh gruppachalar elementlarida tashqi pog'onalarning *s*- pog'onachalari (bular *s*-elementlar) yoki *p* - pog'onachalari (bular *p*- elementlar) to'ladi. Yonaki gruppachalarning elementlarida tashqaridan ikkinchi pog'onaning *d*- pog'onachasi to'ladi (bular *d*-elementlar). Lantanoid va aktinoidlarda tegishlicha 4- va 5- pog'onachalar to'ladi (bular *f*- elementlar). Shunday qilib, har qaysi gruppachaga atomlarining tashqi elektron pog'onalarining tuzilishi o'xshash bo'lgan elementlar birlashgan. Bunda bosh gruppachalardagi elementlar atomlarining tashqi pog'onalaridagi elektronlar soni gruppa raqamiga teng bo'ladi. Yonaki gruppachalarga esa atomlarining tashqi pog'onasida ikkita yoki bittadan elektron bo'ladigan elementlar kiradi.

Bitta gruppaning turli gruppachalaridagi elementlar atomlarining tuzilishidagi farq xossalaridagi tafovutni keltirib chiqaradi. Masalan, galogenlar gruppachasidagi elementlar atomlarining tashqi pog'onasida yettitadan elektron, marganes gruppachasidagilarda — ikkitadan elektron bo'ladi. Galogenlar tipik metallmaslar, marganes gruppachasidagilar metallardir.

Lekin bu gruppachalar elementlarining umumiy xossalari ham bor: ularning hammasi (ftor F dan tashqari) kimyoviy reaksiyaga kirishganida kimyoviy bog'lanish hosil qilishga 7 tadan elektronini berishi mumkin. Bunda marganes gruppachasidagi atomlar tashqi pog'onasidan 2 ta elektron, tashqaridan oldingi pog'onasidan 5 ta elektron beradi. Shunday qilib, *yonaki gruppachalarning elementlarida faqat tashqi pog'onaning emas, balki tashqaridan oldingi pog'onaning elektronlari ham valent elektronlar hisoblanadi,* bosh va yonaki gruppachalarning elementlari xossalaridagi asosiy farq ana shundan iborat.

Bundan *gruppaning raqami odatda kimyoviy bog'lanish hosil bo'lishida ishtirok eta oladigan elektronlar sonini ko'rsatadi,* degan xulosa kelib chiqadi. Gruppa nomerining fizikaviy ma'nosi ana shundadir.

Shunday qilib, atomlarning tuzilishi ikkita qonuniyatni keltirib chiqaradi: 1) elementlar xossalarining g o r i z o n t a l b o ' y l a b o'zgarishi — davrda chapdan o'ngga borgan sari metal-

lik xossalari kuchayadi; 2) elementlar xossalarining vertikal bo'ylab o'zgarishi — **gruppacha tartib raqami kattalashishi bilan metallik xossalari kuchayadi va metallmaslik xossalari susayadi.** Bunday holda element (va sistemaning katakchasi) gorizontal bilan vertikalning kesishgan joyida bo'ladi va ana shu uning xossalarini belgilaydi. Bu hol izotoplari sun'iy yo'l bilan olinadigan elementlarni topish va xossalarini bayon qilishga yordam beradi. Agar 8-davr elementlarining izotoplari olinsa, ularning eng muhim kimyoviy xossalari davriy sistemada joylashgan o'rniga qarab aniqlanadi. Elementning sistemada joylashgan o'rni davr va gruppaning raqami bilan aniqlanadi, „elementlarning o'rni" tushunchasini birinchi bo'lib D.I.Mendeleyev kiritgan.

Vodorodning davriy sistemada joylashgan o'rnini atom tuzilishi nuqtayi nazaridan tushuntirish mumkin. Vodorod atomining bitta elektroni bor, uni boshqa elementlarning atomlariga berish mumkin. Davrlarni boshlab beradigan barcha elementlarning — Li, Na, K, Rb, Cs, Fr atomlari ana shunday xossani namoyon qilganligi sababli vodorod ham gruppaning I bosh gruppachasida turishi kerak. Ikkinchi tomondan, vodorod atomi galogenlarning atomlari kabi bitta elektronni biriktirib olish xususiyatiga ega bo'lganligi ($H+e=H^+$), ya'ni metallmaslik xossalarini namoyon qilganligi sababli u VII gruppaning bosh gruppachasida joylashishi kerak. Vodorodning kimyoviy xususiyatidagi bunday ikki taraflamalik sababli uni ikkita gruppachaga joylashtiradilar. Bunda gruppachalardan birida elementning simvoli qavs ichiga olib yoziladi.

Davriy sistemaning to'rtta joyida elementlarning joylashgan o'rni atom massalarining ortib borish tartibiga mos kelmaydi:

Ar (39,948) — K (39,102); Co (58,933) — Ni (58,71);
Te (127,60) — I (126,904); Th (232,038) — Pa (231).

Bunday chetga chiqishni davriy sistemaning kamchiligi deb hisobladilar. Atom tuzilishi haqidagi ta'limot bu chetga chiqishlarni izohlab berdi. Yuqorida biz elementning xossalari atom massasiga emas, balki yadroning musbat zaryadi qiymatiga bog'liq, degan xulosaga kelgan edik. Yuqoridagi ko'rsatilgan to'rtta elementlar jufti yadrolarining zaryadini tajribada aniqlash Mendeleyev ularni to'g'ri joylashtirganligini isbotladi:

$$_{18}Ar - {}_{19}K;\ {}_{27}Co - {}_{28}Ni;\ {}_{52}Te - {}_{53}I;\ {}_{90}Th - {}_{91}Pa$$

Argonning atom massasi kaliyning atom massasidan katta ekanligini (boshqa juftlarning ham) qanday tushuntirish mumkin?

Ma'lumki, elementning atom massasi izotoplari massa sonlarining o'rtacha qiymati sifatida olinadi. Argonning atom massasi asosan massa soni katta bo'lgan izotopi bilan (u tabiatda ko'p miqdorda uchraydi) aniqlansa kerak, kaliyda esa massa soni kichik bo'lgan izotopi ko'p bo'ladi (2.4-§ ga q.). Shunday qilib, davriy sistemaning nuqsoni yo'q va atom yadrolari zaryadlarining qiymati jihatidan elementlar to'g'ri joylashtirilgan.

Elementlar yadrolarining zaryadini tajribada aniqlash vodorod bilan uran orasidagi elementlarning sonini, shuningdek, lantanoidlarning sonini aniqlashga imkon berdi. Hozirgi vaqtda davriy sistemadagi joylarning hammasi to'lgan va Z=1 bilan Z=109 oralig'ida yangi elementlar Yerda ham, koinotda ham kashf etilishi mumkin emas.

Haqiqatan ham, Yerga olib tushilgan Oy tuprog'i kimyoviy analiz qilinganda faqat davriy sistemada bor elementlargina topildi. Lekin davriy sistema tugallangan emas. Yangi transuran elementlar kashf etilishi mumkin.

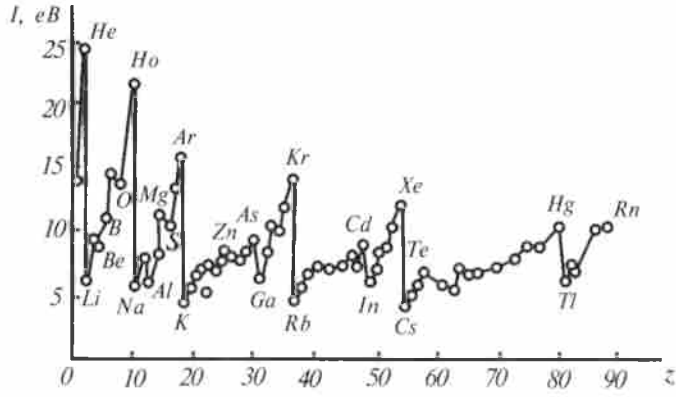
## 2.10- §. Atomlarning davriy xossalari

Atomlarning o'lchami, ionlanish energiyasi, elektronga moyilligi, elektrmanfiyligi, oksidlanish darajasi kabi xossalari atomning elektron konfiguratsiyasi bilan bog'liq. Elementning tartib raqami ortishi bilan bu xossalarning o'zgarishida davriylik kuzatiladi.

Atomlarning qat'iy muayyan chegarasi bo'lmaydi, bunga sabab elektronlarning to'lqin tabiatli ekanligidir. Hisoblashlarda *effektiv* yoki *shartli radiuslar* degan tushunchalardan, ya'ni kristall hosil bo'lishida bir-biriga yaqinlashgan sharsimon atomlarning radiuslaridan foydalaniladi. Odatda ular rentgenometrik ma'lumotlardan hisoblab topiladi.

Atomning radiusi — uning muhim xarakteristikasidir. Atom radiusi qancha katta bo'lsa, tashqi elektronlar atomda shuncha zaif tortib turiladi. Aksincha, atom radiusi kichrayishi bilan elektronlar yadroga kuchliroq tortiladi.

Davrda atom radiusi chapdan o'ngga tomon kichrayib boradi. Bunga sabab yadroning zaryadi ortishi bilan elektronlarning tortilish kuchi ortishidir. Gruppachalarda yuqoridan pastga atom radiusi kattalashib boradi, chunki qo'shimcha elektron qavat qo'shilishi natijasida atomning hajmi va demak, uning radiusi kattalashadi.




**2.6-rasm.** Atom ionlanish energiyasining elementning tartib raqamiga bog'liq holda o'zgarishi.

*Ionlanish energiyasi* — elektronni atomdan uzish uchun talab etiladigan energiyadir. U odatda elektronvoltlarda ifodalanadi. Elektron atomdan uzilib chiqqanda tegishli kation hosil bo'ladi.

Bitta davrdagi elementlar uchun ionlanish energiyasi yadro zaryadi ortishi bilan chapdan o'ngga tomon ko'payib boradi. Guruppachada bu energiya elektron yadrodan uzoqlashishi tufayli yuqoridan pastga tomon kamayib boradi. Yadro zaryadi ortishi bilan atomlar ionlanish energiyasining o'zgarishi grafik tarzda 2.6-rasmda ko'rsatilgan.

Ionlanish energiyasi elementlarning kimyoviy xossalari bilan bog'langan. Masalan, ionlanish energiyasi kichikroq bo'lgan ishqoriy metallar yaqqol ifodalangan metallik xossalarga ega bo'ladi. Nodir gazlarning kimyoviy inertligi ularning ionlanish energiyasining qiymati nihoyatda katta bo'lishi bilan bog'liq.

Atomlar faqat elektron beribgina qolmay, balki biriktirib olishi ham mumkin. Bunda tegishli anion hosil bo'ladi. Atomga bitta elektron biriktirib olinganida ajralib chiqadigan energiya elektronga moyillik deyiladi. Ionlanish energiyasi kabi elektronga moyillik ham odatda elektron-voltlarda ifodalanadi. Elektronga moyillikning qiymati ko'pchilik elementlar uchun noma'lum; uni o'lchash ancha qiyin ish. Tashqi pog'onasida 7 tadan elektron bo'ladigan galogenlarda elektronga moyillikning qiymati eng katta bo'ladi. Bu hol davr oxiriga yaqinlashgan sari elementlarning metallmaslik xossalari kuchayishini ko'rsatadi.

Elektrmanfiylikka 1932-yilda amerika olimi L.Poling ta'rif berdi. U elektrmanfiylikning birinchi shkalasini taklif etdi. Polingning

ta'rifiga ko'ra, ***elektrmanfiylik*** **atomning birikmada o'ziga elektronlarni tortish xususiyatidir.**

Bunda valent elektronlar, ya'ni kimyoviy bog'lanish hosil bo'lishida ishtirok etadigan elektronlar nazarda tutiladi. Ravshanki, nodir gazlarda elektrmanfiylik bo'lmaydi, chunki ular atomlarining tashqi pog'onasi tugallangan va barqarordir.

Miqdoriy xarakteristika berish uchun elektrmanfiylikning o'lchami sifatida atomning ionlanish energiyasi ($I$) bilan elektronga moyilligining ($E$) arifmetik yig'indisiga teng energiyani hisoblash taklif etilgan, ya'ni

$$X=I+E,$$

bunda $X$ —atomning, va demak, elementning elektrmanfiyligi.

Misol tariqasida ftor va litiy uchun $X$ ni aniqlaymiz. Ma'lumotnoma jadvallaridan $I_F$=17,42 eV, $E_F$=3,62 eV, $I_{Li}$=5,39 eV, $E_{Li}$=0,22 eV ekanligini topamiz (bilvosita yo'l bilan hisoblab topilgan). U holda $X_F$=17,42+3,62=21,04 eV, $X_{Li}$=5,39+0,22=5,61 eV.

Ftor uchun $I+E$ qiymat eng katta bo'ladi, shu sababli u eng elektrmanfiy element hisoblanadi. Ishqoriy metallarning atomlari uchun elektrmanfiylik qiymatlari eng kichik bo'ladi.

Odatda, litiyning elektrmanfiyligi bir deb qabul qilinadi va boshqa elementlarning elektrmanfiyligi unga taqqoslanadi. Shunda elementlar *nisbiy elektrmanfiyligining* (uni $x$ orqali belgilaymiz) oddiy va taqqoslash uchun qulay qiymatlari olinadi:

$$X_{Li} = 1; \quad X_F = \frac{21,04}{5,61} \approx 4$$

Hozirgi vaqtda nisbiy elektrmanfiyliklar jadvali keng tarqalgan, uni tuzishda atomlarning elektron tuzilishi va ularning radiuslari haqidagi eng yangi ma'lumotlardan foydalanilgan (2.2-jadval).

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, kimyoga doir turli kitoblarda keltirilgan nisbiy elektrmanfiylik qiymatlari bir-biridan qisman farq qiladi. Bunga sabab ularning muayyan farazlar va taxminlar asosida turli usullar bilan hisoblab topilganligidir.

Elementlarning elektrmanfiylik qiymatlarini fransiydan (0,86) ftorga (4,10) qadar taqqoslab (2.2-jadval), nisbiy elektrmanfiylik davriy qonunga bo'ysunishini oson payqash mumkin: davrda u elementning raqami kattalashishi bilan ortadi, guruppada — kamayadi. Uning qiymati elementlarning metallmaslik o'lchovi bo'lib xizmat qiladi. Ravshanki, nisbiy elektrmanfiylik qancha katta bo'lsa, element metallmaslik xossalarini shuncha kuchli namoyon qiladi.

2.2-jadval. **Elementlarning nisbiy elektrmanfiylik qiymatlari**

| Davr \ Gruppa | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | (H) 2,1 | | | | | | H 2,1 | | | | He — |
| 2 | Li 1,0 | Be 1,5 | B 2,0 | C 2,5 | N 3,0 | O 3,5 | F 4,1 | | | | Ne — |
| 3 | Na 0,9 | Mg 1,2 | Al 1,5 | Si 1,8 | P 2,2 | S 2,5 | Cl 3,0 | | | | Ar — |
| 4 | K 0,8 | Ca 1,0 | Sc 1,3 | Ti 1,5 | V 1,6 | Cr 1,6 | Mn 1,5 | Fe 1,8 | Co 1,9 | Ni 1,9 | |
| | Cu 1,9 | Zn 1,6 | Ga 1,6 | Ge 1,8 | As 2,0 | Se 2,4 | Br 2,8 | | | | Kr — |
| 5 | Rb 0,8 | Sr 1,0 | Y 1,2 | Zr 1,4 | Nb 1,6 | Mo 1,8 | Tc 1,9 | Ru 2,2 | Rh 2,2 | Pd 2,2 | |
| | Ag 1,9 | Cd 1,7 | In 1,7 | Sn 1,8 | Sb 1,9 | Te 2,1 | I 2,5 | | | | Xe — |
| 6 | Cs 0,7 | Ba 0,9 | La* 1,0 | Hf 1,3 | Ta 1,5 | W 1,7 | Re 1,9 | Os 2,2 | Ir 2,2 | Pd 2,2 | |
| | Au 2,1 | Hg 1,9 | Te 1,6 | Pb 1,9 | Bi 1,9 | Po 2,0 | At 2,2 | | | | Rn — |
| 7 | Fr 0,7 | Ra 0,9 | Ac** 1,1 | Rf — | (Db) — | * Lantanoidlar 1,00 — 1,10<br>**Aktinoidlar 1,11 — 1,2 | | | | | |

2.2-jadvaldan yana shu narsa ko'rinib turibdiki, metallmaslar nisbiy elektrmanfiyligining kattaligi, metallar esa kichikligi bilan xarakterlanadi. Elementlar kimyoviy o'zaro ta'sirlashganda elektronlar nisbiy elektrmanfiyligi kichik atomdan nisbiy elektrmanfiyligi katta atomga tomon siljiydi.

Oksidlanish darajasi haqida 3.9-§ ga q.

## 2.11-§. Davriy qonunning va atomlar tuzilish nazariyasining ahamiyati

D. I. Mendeleyevning davriy qonuni nihoyatda katta ahamiyatga ega. U hozirgi kimyoga asos soldi, uni bir butun fanga aylantirdi. Elementlar bir-biri bilan o'zaro bog'liqlikda ularning davriy

sistemadagi o‘rniga qarab ko‘rib chiqiladigan bo‘ldi. N. D. Zelinskiy aytib o‘tganidek, davriy qonun «dunyodagi barcha atomlarning o‘zaro bog‘liqligining kashf etilishi» bo‘ldi.

Kimyo tavsif bilan cheklangan fandan haqiqiy fanga aylandi. Davriy qonun kashf etilishi bilan kimyoda ilmiy bashorat qilish mumkin bo‘lib qoldi. Yangi elementlarni va ularning birikmalarini oldindan aytish va tavsiflash imkoniyati yaratildi. Bunga ajoyib misol — D. I. Mendeleyevning o‘sha vaqtda hali kashf etilmagan elementlar mavjudligini oldindan aytganligidir, ulardan uchtasining — Ga, Sc va Ge ning xossalarini Mendeleyev aniq bayon qilib berdi.

D. I. Mendeleyev qonuni asosida sistemaning $Z$=1 elementdan $Z$=92 elementgacha bo‘lgan barcha bo‘sh kataklari to‘ldirildi, shuningdek, transuran elementlar kashf etildi. Bugungi kunda ham bu qonun yangi kimyoviy elementlarni kashf etish yoki sun’iy yo‘l bilan olish uchun yo‘l ko‘rsatkich bo‘lib xizmat qilmoqda. Masalan, davriy qonunga asoslanib, agar $Z$=114 element sintez qilinsa, u qo‘rg‘oshinning analogi (ekaqo‘rg‘oshin), agar $Z$=118 element sintez qilinsa, u nodir gaz (ekaradon) bo‘ladi, deyish mumkin.

Gazlar davriy sistemada davrlarni tugallaydi va VIII gruppaning bosh gruppachasini tashkil etadi. «Davriy qonun kashf etilgunga qadar, — deb yozgan edi D. I. Mendeleyev, — elementlar tabiatning bir-biriga bog‘lanmagan tasodifiy hodisalari edi; biror yangi element kashf etilishini kutish uchun asos yo‘q, yangi topilganlari esa batamom kutilmagan yangilik hisoblanardi. Davriy qonuniyat hali kashf etilmagan elementlarni birinchi bo‘lib uzoqdan ko‘rishga imkon berdi. Davriy qonuniyat durbinini taqmagan kishi ularni ko‘ra olmas edi».

Davriy qonun elementlarning atom massalarini to‘g‘rilashda asos bo‘lib xizmat qildi. D. I. Mendeleyev 20 ta elementning atom massasini tuzatdi, shundan keyin bu elementlar davriy sistemada o‘z o‘rnini egalladi.

Davriy qonunning katta umumilmiy va falsafiy ahamiyati shundan iboratki, u tabiat rivojlanishining eng umumiy qonunlarini (qarama-qarshiliklarning birligi va ularning kurashi, miqdor o‘zgarishlarning sifat o‘zgarishlariga o‘tishi, inkorni inkor qonuni) tasdiqlab berdi.

Davriy qonun va davriy sistema tabiiyot fanining rivojlanishida juda katta rol o‘ynadi va hozir ham ahamiyati katta.

D. I. Mendeleyevning davriy qonuni va davriy sistemasi asosida atom tuzilishi haqidagi ta'limot tez rivojlandi. U davriy qonunning fizik ma'nosini ochib berdi va elementlarning davriy sistemada joylashgan o'rnini tushuntirib berdi. Atom tuzilishi haqidagi ta'limotning to'g'riligi doimo davriy qonun bilan tekshirib kelindi. Mana yana bir misol. 1921- yilda N. Bor D. I. Mendeleyev 1870-yilda mavjudligini oldindan aytgan $Z$=72 element atomining tuzilishi sirkoniy atomining tuzilishiga o'xshash bo'lishini (Zr — 2.8.18.10.2, Hf — 2.8.18. 32.10.2), shu sababli uni sirkoniy minerallari orasidan izlash lozimligini ko'rsatib berdi. Ana shu maslahatga asoslanib, 1922- yilda vengr kimyogari D. Xeveshi bilan golland fizigi D. Koster Norvegiyada topilgan sirkoniy rudasida $Z$=72 elementni kashf etdilar va uni gafniy deb atadilar (Kopengagen shahrining — element kashf etilgan joyning lotincha nomidan olingan). Bu atom tuzilishi nazariyasining katta tantanasi edi: atom tuzilishi asosida elementning tabiatda joylashgan o'rni aytib berildi.

Atom tuzilishi haqidagi ta'limot atom energiyasining kashf etilishiga va undan odam ehtiyojlari uchun foydalanilishiga olib keldi. Davriy qonun XX asrda kimyo va fizikadagi barcha kashfiyotlarning asosiy manbayi bo'ldi, desak mubolag'a bo'lmaydi. U boshqa kimyoga yaqin fanlarning rivojlanishida ham juda katta rol o'ynadi.

Davriy qonun va sistema hozirgi kimyo fani va sanoatining masalalarini hal qilishda asos bo'ladi. D. I. Mendeleyevning kimyoviy elementlar davriy sistemasini e'tiborga olgan holda yangi polimer va yarimo'tkazgich materiallar, issiqbardosh qotishmalar, oldindan belgilangan xossali materiallar olishga, yadro energiyasidan foydalanishga doir ishlar olib borilmoqda, Yer bag'ri, Koinot tekshirilmoqda.

Davriy sistemaning pedagogik ahamiyati ham ulkandir — u o'rta va oliy maktabda kimyo o'qishning ilmiy asosi bo'lib xizmat qiladi.

## 2.12-§. Namunaviy masalalar yechish

**1-masala.** Tartib raqami 42 bo'lgan element D. I. Mendeleyev elementlar davriy sistemasining qaysi gruppasida va qaysi davrda joylashgan?

*Yechish.* Davriy sistemada elementlar atomlarining tuzilishiga muvofiq quyidagicha joylashgan: birinchi davrda 2 ta, ikkinchida

8 ta, uchinchida 8 ta. Uchinchi davr tartib raqami 18 (2—8—8=18) bo'lgan element bilan tugaydi. To'rtinchi davrda 18 element bor, ya'ni u tartib raqami 36 bo'lgan element bilan tugaydi. Beshinchi davrda ham 18 element bor, shu sababli tartib raqami 42 bo'lgan element beshinchi davrga o'tadi. U oltinchi o'rinni egallaydi, demak oltinchi gruppada bo'ladi. Bu element — molibden (Mo).

**2-masala.** Natriy va seziy elementlaridan qaysi birida metallik xossalar yaqqolroq ifodalangan?

*Yechish.* Natriy bilan seziy atomlari elektron qobiqlarining tuzilishini quyidagicha tasavvur etish mumkin:

$$Na\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \text{ yoki qisqartirilgani } [Ne]3s^1$$

$$_{55}Cs\ 1s^2 s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1 \text{ yoki } [Xe]6s^1$$

Ko'rinib turibdiki, atomlarning tashqi energetik pog'onasida bittadan elektron bor. Lekin seziy atomida tashqi elektron yadrodan uzoqroq joylashgan (oltinchi energetik pog'onada, natriyniki — uchinchi pog'onada), binobarin u atomdan oson uziladi. Metallik xossalar elektronlar berish xususiyati bilan belgilangani uchun ular seziynikidan kuchliroq ifodalangan.

**3-masala.** VI gruppa bosh gruppachasining elementlari vodorod bilan qanday birikmalar hosil qiladi? Ulardan eng barqaror va eng beqaror birikmalarining nomini ayting.

*Yechish.* VI gruppaning bosh gruppachasidagi elementlar — *r*- elementlar. Ularning tashqi elektron pog'onasida 6 tadan elektron bo'ladi: $ns^2np^2$. Demak, ular vodorod bilan hosil qilgan birikmalarida — 2 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Birikmalarning formulalari: $H_2O$, $H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$, $H_2Po$.

Elementning tartib raqami ortishi bilan (kisloroddan poloniyga tomon) atomning radiusi kattalashadi, bu esa vodorod bilan hosil qilgan birikmasi ($H_2O$ dan $H_2Po$ ga tomon) barqarorligining kamayishiga sabab bo'ladi. Shunday qilib, yuqorida aytilgan birikmalardan eng puxtasi (barqarori) suv $H_2O$, eng beqarori — $H_2Po$.

**4-masala**. Davriy sistemada joylashgan o'rniga qarab, tartib raqami 23 bo'lgan elementning kimyoviy xossalarini aytib bering.

*Yechish.* Davriy sistemaga qarab, tartib raqami 23 bo'lgan element 4-davrda V gruppaning yonaki gruppachasida ekanini aniqlaymiz. Bu element — vanadiy V. Vanadiyning elektron formulasi

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2 \text{ yoki qisqacha } [Ar]3d^3 4s^2$$

Elektron formulasiga ko'ra vanadiy — *d*-element, degan xulosa chiqaramiz. Element 4*s*-pog'onachasidan 2 elektronini oson berib,

+2 oksidlanish darajasini namoyon qilishi mumkin. Bunda u oksid VO va gidroksid $V(OH)_2$ hosil qiladi, ular asos xossaga ega. Vanadiy vodorodli gazsimon birikmalar hosil qilmaydi, chunki yonaki gruppachada joylashgan.

Vanadiy atomi tashqaridan oldingi *d*-pog'onachasidan ham elektronlar berishi (3 elektron) mumkin, bunda u yuqori oksidlanish darajasi +5 ni namoyon qiladi (son jihatdan element joylashgan gruppa raqamiga teng). Yuqori oksidlanish darajasida mos keladigan oksidi $V_2O_5$. Bu oksid kislota xossalariga ega. Unga gidroksid sifatida beqaror metavanadat kislota $HVO_3$ muvofiq keladi (uning tuzlari — vanadatlar — barqaror birikmalar).

## Izotoplar. Yadro reaksiyalari

**1-masala**. Tabiiy xlor tarkibida ikkita izotop: $^{35}Cl$ va $^{37}Cl$ bo'ladi. Xlorning o'rtacha nisbiy atom massasi 35,45 ga teng. Xlorning har qaysi izotopining molyar ulushini aniqlang.

*Yechish.* Xlorning har 100 atomidagi $^{35}Cl$ atomlarining soni $x$ bo'lsin, u holda $^{37}Cl$ atomlarining soni $(100-x)$ bo'ladi. $^{35}Cl$ atomlarining massasi $35x$ ga, $^{37}Cl$ atomlarining massasi $37(100-x)$ ga teng.

Xlorning o'rtacha nisbiy atom massasini bilgan holda quyidagi tenglamani tuzish mumkin:

$$\frac{35x + 37(100 - x)}{100} = 35,45$$

Bu tenglamani yechsak, $x = 77,5$ va $100-x = 22,5$ olinadi. Demak, tabiiy xlor tarkibida 77,5% $^{35}Cl$ atomlari va 22,5% $^{37}Cl$ atomlari bo'ladi.

**2-masala.** Bor 19,6% $^{10}B$ izotop bilan 80,4% $^{11}B$ izotopdan tarkib topganligi ma'lum bo'lsa, borning nisbiy atom massasini aniqlang.

*Yechish.* Borning har 100 atomiga 19,6 atom $^{10}B$ va 80,4 atom $^{11}B$ to'g'ri keladi. Bu atomlarning massalari tegishlicha $19,6 \cdot 10(^{10}B)$ va $80,4 \cdot 11(^{11}B)$ ga, 100 atomning massasi esa $19,6 \cdot 10 + 80,4 \cdot 11$ ga teng.

Tabiiy borning nisbiy atom massasi

$$\frac{19,6 \cdot 10 + 80,4 \cdot 11}{100} = 10,8$$

**3-masala.** Tabiiy brom tarkibida ikkita tabiiy izotop bor. Ulardan $^{79}Br$ izotopning molyar ulushi 50,5% ga teng. Elementning o'rtacha

nisbiy massasi 79,9 ga teng bo'lsa, brom tarkibiga yana qanday izotop kiradi?

*Yechish.* Bromning har 1000 atomiga 505 atom $^{79}Br$ va 495 atom boshqa izotop to'g'ri keladi, noma'lum izotopning massasini $x$ orqali belgilaymiz. Bu atomlarning massasi $505 \cdot 79$ ($^{79}Br$) va $495\ x$ (boshqa izotop) ga teng. Shunday qilib, 1000 atomning massasi quyidagiga teng:

$$505 \cdot 79+495x,$$

bitta atomning massasi esa

$$\frac{205 \cdot 79+495x}{1000} = 79,9,$$

bundan $x$=81, ya'ni ikkinchi izotop — $^{81}Br$.

**4-masala.** Astat elementi (izotop $^{211}_{85}At$) vismutning $^{209}_{83}Bi$ izotopini $\alpha$-zarrachalar (geliy atomining yadrolari) bilan nurlantirish orqali olingan. Yadro reaksiyasining tenglamasini to'liq va qisqartirilgan shakllarda yozing.

*Yechish.* Yadro reaksiyalarining tenglamalarini tuzishda moddalar massasining saqlanish qonunini e'tiborga olish zarur (bunda elektronlarning massasi hisobga olinmaydi). Bundan tashqari, tenglamaning chap va o'ng qismlarida barcha zarrachalarning zaryadlari o'zaro teng bo'lishi kerak.

Tenglamaning chap qismiga o'zaro ta'sirlashayotgan yadrolarni, o'ng qismiga — reaksiya mahsulotlarini yozamiz. Atomlarning tartib raqamini va nisbiy massalarini e'tiborga olib, reaksiya sxemasini yozamiz:

$$^{209}_{83}Bi + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{211}_{85}At + x$$

Ravshanki, $x$ zarrachaning zaryadi 0 (chunki 83+2=85) va atom massasi 209+4−211=2 bo'lishi kerak. Zaryadi 0 bo'lgan zarracha — bu neytron $^{1}_{0}n$, demak, 2 ta neytron hosil bo'lishi kerak. Tenglamaning oxirgi ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$^{209}_{83}Bi + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{211}_{85}At + 2\,^{1}_{2}n$$

yoki qisqartirilgan shaklda

$$^{209}Bi\,(\alpha, 2n)\,^{211}At.$$

## Atomlar elektron qobiqlarining tuzilishi

**1-masala.** Atomining $3d$- pog'onachasida bitta elektron bo'ladigan elementning elektron formulasini yozing. U qaysi davr, gruppa va gruppachada joylashgan hamda bu elementning nomi nima?

*Yechish.* Energiya shkalasiga (2,7-§ va 2.3-rasmga q.) muvofiq. 3*d*-pog'onacha $4s^2$-pog'onacha to'lganidan keyin to'la boshlaydi:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$$

yoki

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4d^1 4s^2$$

Elementning davriy sistemadagi tartib raqamini belgilaydigan atomdagi elektronlarning umumiy soni — 21. Bu element — skandiy. Elektron formulasidan ko'rinib turibdiki, bu element 4-davrda, uchinchi gruppada (uchta valent elektroni bor $3d^1 4s^2$), yonaki gruppachada joylashgan (*d*-oila elementi).

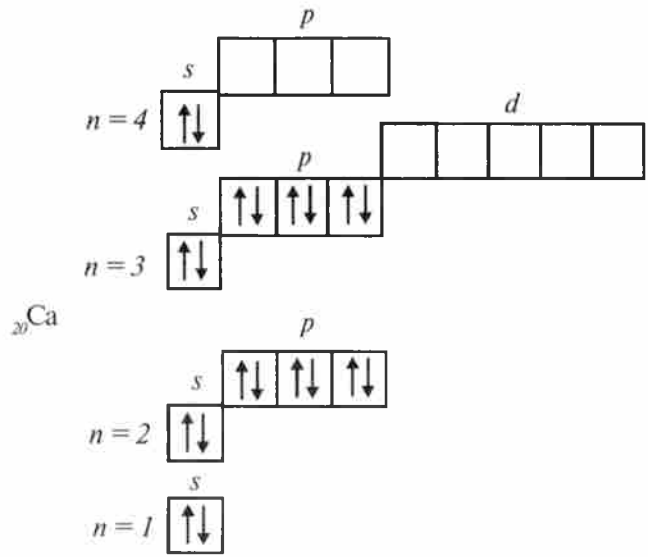
**2-masala.** Tartib raqami 20 bo'lgan elementning elektron formulasini va qisqartirilgan elektron formulasini tuzing. Elektronlarning kvant katakchalar (orbitallar) bo'yicha taqsimlanishini ko'rsating.

*Yechish.* Tartib raqamiga qarab, atomda 20 elektron bor, degan xulosa chiqaramiz. Bu element — kalsiy. Eng kam energiya prinsipiga muvofiq (2.7-§ ga q.) uning elektron formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 (2+2+6+2+6+2)=20$$

Elektron formulaning yanada ixcham yozilishi qisqartirilgan elektron formula deyiladi va u quyidagicha bo'ladi:

$$[Ar]4s^2.$$



Unda nodir gazning to'lgan elektron pog'onalariga muvofiq keladigan qismi elementning o'rta qavs ichiga olingan simvoli bilan belgilanadi va yoniga qolgan elektronlar yoziladi.

Kalsiy atomining elektron formulasiga elektronlarning orbitallar bo'yicha taqsimlanishi yuqorida qayd etilgan elektron formulaga muvofiq keladi.

## 2-BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**2.1.** Quyidagi yadro reaksiyasi tenglamasini tugating. Reaksiya natijasida qanday zarrachalar hosil bo'ladi?

$$^{209}_{83}\mathrm{Bi} + \alpha \rightarrow {}^{211}_{85}\mathrm{At} + ?$$

A) 2 ta neytron; B) 2 ta proton; C) proton va neytron; D) deyteriy yadrosi; E) elektron va neytron.

*Yechish.* Tenglamaning chap tomonidagi zarrachalarning massa yig'indisi 209+4=213 ga teng, undan tenglamaning o'ng tomonida hosil bo'lgan izlanayotgan zarracha massasi 213−211=2 bo'lishi kerak (2.4-§ ga qarang). Bunday massaga deyteriy (D javob), 2 ta neytron (A), 2 ta proton (B) yoki proton va neytron (D) mos keladi. Hosil bo'ladigan zarrachalarning yadro zaryadlarining qiymati 82+2−85=0 ga teng bo'lishi kerak, ya'ni bu zarrachalar 2 ta neytron bo'lishi kerak.

*Javob:* **A** bo'ladi.

**2.2.** Yadrosidagi protonlar soni 22 ta bo'lgan elementning asosiy holatida nechta toq va juft elektronlari bo'ladi?

1) 11 ta juft; 2) 10 ta juft; 3) 12 ta juft;
4) 1 ta toq; 5) 2 ta toq; 6) 4 ta toq; 7) toq elektronlari yo'q.

A) 4, 3; B) 5, 2; C) 6, 1; D) 7, 1; E) 5, 3.

*Yechish.* Elementlarning yadro zaryadi (yoki protonlar soni) ulardagi elektronlar soniga teng. 22 ta elektron tutgan atom (titan elementi) uchun elektron konfiguratsiya quyidagicha bo'ladi: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$ (2.7-§ ga qarang). Bu elektronlarning 20 tasi 6 ta to'lgan pog'onachalarda joylashib 10 ta elektron juftini, qolgan 2 ta elektron toq holda $3d$-pog'onachaning ikkita katakchasida joylashgan bo'ladi. Yuqorida keltirilgan imkoniyatlarning faqat 5 va 2 laridagi elektronlar soni test savolini qanoatlantiradi.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**2.3.** D. I. Mendeleyev davriy sistemasidagi asosiy gruppacha elementlarining quyida aytib o'tilgan xossalari elementlarning jadvalda yuqoridan pastga tushish tartibida qanday o'zgaradi?

1) valent elektronlar soni; 2) atom radiuslari; 3) ionlanish potensiali; 4) elektronga moyillik energiyasi; 5) elektrmanfiylik; 6) elektron pog'onalar soni.

A) o'zgaradi, kamayadi, kamayadi, ortadi, o'zgarmaydi, ortadi;

B) o'zgarmaydi, kamayadi, ortadi, kamayadi, kamayadi, o'zgarmaydi;

C) o'zgarmaydi, ortadi, kamayadi, kamayadi, kamayadi, ortadi;

D) o'zgarmaydi, ortadi, ortadi, kamayadi, kamayadi, kamayadi;

E) o'zgarmaydi, ortadi, ortadi, kamayadi, ortadi, ortadi.

*Yechish.* Davriy sistemaning asosiy gruppachasida *s*-va *p*-elementlar joylashgan. Har bir gruppachada yuqoridan pastga tushish tartibida element atomlarida quyidagi o'zgarishlar kuzatiladi:

— davr tartib raqami ortib borishi bilan elementlar atomlarining radiusi ham ortib boradi (2.10-§ ga qarang), chunki yadro atrofidagi elektron qobiqlar (pog'onalar) soni ham ortib boradi;

— shu sababli, davr tartib raqami ortib borishi tufayli valent pog'ona elektronlarining yadroga tortilish energiyasi kamayadi, ya'ni atomlarning ionlanish energiyasi kichiklashib boradi;

— valent pog'onasidagi elektronlar soni ortib borishi tufayli elementlarning elektron qobiqlaridan elektron chiqib ketishi osonlashadi, bunda ma'lum darajada elektronga moyillik energiyasi ham kamayadi. Bu energiyaning qiymati yuqoridan pastga tushish yo'nalishida kamayib boradi, shu tartibda elementlarning metallmaslik xususiyati kamayadi; shu tartibda atomlarning elektrmanfiylik qiymati ham kamayadi (2.2- jadvalga qarang), bu xususiyat elementlarning metallmaslik xossasining nisbiy o'lchami bo'lib xizmat qiladi.

*Javob:* **C** to'g'ri bo'ladi.

**2.4**. Quyidagi moddalarning qaysilari suvda eritilganda donor-akseptor bog'lanish yuz beradi?

1) uglerod (IV) oksid; 2) vodorod bromid; 3) metil xlorid; 4) chumoli kislota; 5) sirka kislota; 6) metilamin; 7) glitserin; 8) so'ndirilgan ohak; 9) sulfat kislota; 10) kaliy gidroksid.

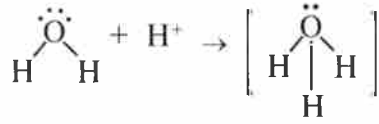
A) 1, 2, 3, 5, 6; B) 1, 3, 4, 6, 7; C) 2, 4, 6, 7, 8;

D) 3, 4, 6, 9, 10; E) 2, 4, 5, 6, 9.

*Yechish.* Suv molekulasidagi kislorod atomining taqsimlanmagan ikkita elektron jufti elektron donorlik vazifasini bajarishi mumkin. Akseptorlik vazifasini bajarishi mumkin bo'lishi ikki xil vaziyatda yuz berishi kuzatiladi: a) suvda eritilgan moddalar orasida

valent qobig'ida elektronlar bilan ishg'ol etilmagan bo'sh orbital bo'lishi; b) molekulada elektrmanfiyligi kuchli bo'lgan element bilan bog'langan atomning bog'lovchi elektron jufti birinchi atomga siljiganda (qutbli kovalent bog' amalga oshgan holat) ikkinchi atomning elektron orbitali akseptorlik xususiyatga ega bo'ladi (3.1-§ ga qarang).

Masalan, testdagi vodorod bromid va sulfat kislotalar protoni akseptor, erituvchi — suvning kislorod atomi



donorlik xususiyati borligi natijasida gidroksoniy kationida yangi bog' hosil bo'ladi. Chumoli va sirka kislotalari protoni ham shunday bog' hosil qiladi. Shunday vaziyat metilaminning azot atomidagi taqsimlanmagan elektron jufti bilan suvning vodorod atomi hisobiga ham donor-akseptor bog'lanish paydo bo'ladi:

$$CH_3NH_2 + H_2O \rightarrow [CH_3NH_3]^+ OH^-$$

*Javob:* **E** bo'ladi.

**2.5.** Quyidagi moddalar qaysilarining molekulasida *sp*-gibrid orbitalli atomlar mavjud?

1) etilen; 2) etin; 3) toluol; 4) azot; 5) vinil asetilen; 6) kumol; 7) kumush asetilenid; 8) propin.

A) 1, 3, 5, 6, 7; B) 2, 4, 5, 7, 8; C) 2, 3, 4, 7, 8;
D) 1, 4, 5, 7, 8.

*Yechish.* Atomlar orasida kimyoviy bog' hosil qilishda toq yoki taqsimlangan elektron juftlarga ega bo'lgan ikki yoki uch xil orbital kvant songa ($l$= 0,1, 2 yoki 3 bo'lgan *s*-, *p*-, *d*- va *f*- pog'onachalar) ega bo'lgan atom orbitallar gibridlanishi shu sistemadagi orbitallarni energetik jihatdan turg'un holatlarga o'tkazadi. Bunday aralash orbitallar *sp*-, $sp^2$- va $sp^3$- bo'lgan holatlar anorganik va organik sistemalarda uchraydi (3.2-§ ga qarang).

Testda keltirilgan molekulalardagi atomlarda faqat *sp*-gibrid orbitallarga ega bo'lgan molekulalar 2, 4, 5, 7 va 8 raqamli moddalarga taalluqli. Qolgan molekulalarda $sp^3$-gibrid orbitallar esa 3 va 6-moddalarda mavjud.

*Javob:* **B** bo'ladi.

## *3-BOB.* KIMYOVIY BOG'LANISH

# 3.1. Kovalent bog'lanish

Kimyoviy bog'lanish haqidagi ta'limot — hozirgi kimyoning asosiy masalasidir. Bu ta'limotning turli-tumanlilik sabablarini, ularning hosil bo'lish mexanizmini, tuzilishini va reaksiyaga kirisha olish xususiyatlarini tushunib bo'lmaydi.

Atomlardan molekulalar hosil bo'lishi sistemaning energiya yutishiga olib keladi, chunki odatdagi sharoitda molekular holat atom holatidan barqarorroqdir. Atomlarning tuzilishi haqidagi ta'limot molekulalarning hosil bo'lish mexanizmini, shuningdek, kimyoviy bog'lanish tabiatini tushuntirib beradi.

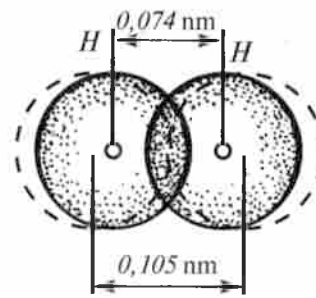
Atomning tashqi energetik pog'onasida elektronlar soni shu pog'ona sig'dira oladigan eng ko'p elektronlar soniga teng bo'lsa, bunday pog'ona *tugallangan* pog'ona deyiladi. Tugallangan pog'onalar juda mustahkamligi bilan farq qiladi. Nodir gazlar atomlarining tashqi pog'onalari ana shunday pog'onalardir: geliyning tashqi pog'onasida ikkita elektron ($s^2$), qolgan gazlarnikida — sakkiztadan elektron ($ns^2np^6$) bo'ladi. Boshqa elementlar atomlarining tashqi pog'onalari *tugallanmagan* bo'lib, kimyoviy jarayonda ular tugallanadi (to'ladi).

Kimyoviy bog'lanish valent elektronlar hisobiga vujudga keladi, lekin turli usullarda amalga oshadi. Kimyoviy bog'lanishning uchta asosiy turi bor: *kovalent, ionli* va *metall* bog'lanish.

*Kovalent bog'lanishning* vujudga kelish mexanizmini vodorod molekulasining hosil bo'lishi misolida ko'rib chiqamiz:

$$N+H=H_2;\ \Delta H=-436\ kJ/mol$$

Erkin vodorod atomining yadrosi 1*s*-elektron hosil qilgan sferik simmetrik elektron bulut bilan o'ralgan bo'ladi (2.2- rasmga q.). Atomlar o'zaro muayyan masofaga qadar yaqinlashganida ularning elektron bulutlari (orbitallari) bir-birini qisman *qoplaydi* (3.1-rasm). Natijada ikkala yadroning markazlari orasida (yadrolar orasidagi fazoda) maksimal elektron zichlikka ega bo'lgan ikki elektronli molekular bulut vujudga keladi; manfiy zaryad zichligining ko'payishi esa yadrolar bilan molekular bulut orasidagi tortishish kuchlarining keskin ortishiga imkon beradi.




**3.1- rasm.** Vodorod molekulasi hosil bo'lishida elektron orbitallarning bir-birini qoplash sxemasi.

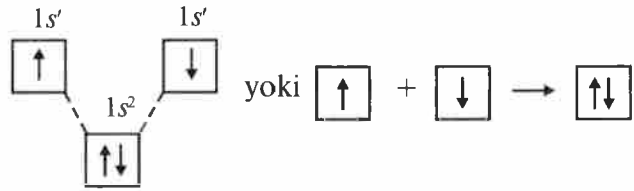
Shunday qilib, kovalent bog'lanish atomlar elektron bulutlarining bir-birini qoplashi natijasida hosil bo'ladi, bunda energiya ajralib chiqadi. Agar bir-biriga juda yaqinlashgan vodorod atomlarining yadrolari orasidagi masofa 0,106 nm bo'lsa, elektron bulutlar bir-birini qoplaganidan ($H_2$ molekulasi hosil bo'lganidan) keyin bu masofa 0,074 nm ga teng bo'lib qoladi (3.1-rasm). Elektron bulutlar bir-birini, odatda, ikkala atom yadrosini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'yicha eng ko'p qoplaydi. Elektron orbitallar bir-birini qancha ko'p qoplasa, kimyoviy bog'lanish shuncha puxta bo'ladi. Ikkita vodorod atomi orasida kimyoviy bog'lanish vujudga kelishi natijasida bu atomlarning har biri nodir gaz — geliy atomining elektron konfiguratsiyasiga erishadi.

Kimyoviy bog'lanishlarni turlicha tasvirlash qabul qilingan:

1) elementning kimyoviy belgisiga qo'yilgan nuqtalar ko'rinishidagi elektronlar yordamida. Bunda vodorod molekulasining hosil bo'lishini ushbu sxema bilan ko'rsatish mumkin:

$$H \cdot + H \cdot \rightarrow H : H$$

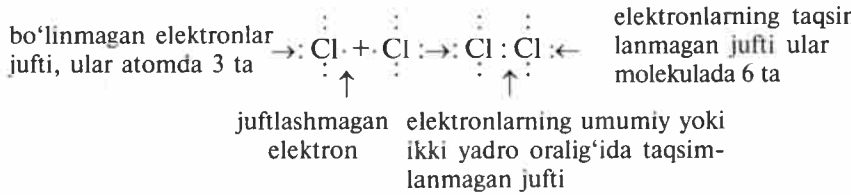
2) kvant katakchalar (orbitallar) yordamida, bunda qarama-qarshi spinli ikkita elektronning bitta molekular kvant katakchada joylashuvi sifatida ko'rsatiladi:




Chap tomonda joylashgan sxemada molekular energetik pog'ona boshlang'ich atom pog'onalarga qaraganda pastroqda joylashtirilgan, ya'ni moddaning molekular holati atom holatiga nisbatan barqaror ekanligini ko'rsatadi;

3) ko'pincha, ayniqsa organik kimyoda, kovalent bog'lanish elektronlar juftini bildiradigan chiziqcha (shtrix) bilan tasvirlanadi (masalan, H — H).

Xlor molekulasida ham kimyoviy bog'lanish ikkita umumiy elektron, ya'ni elektronlar jufti yordamida vujudga keladi:



Ko'rinib turibdiki, xlorning har bir atomida uchta *bo'linmagan juft* va bitta *juftlashmagan* elektron bor. Kimyoviy bog'lanish har qaysi atomning juftlashmagan elektronlari hisobiga hosil bo'ladi. Juftlashmagan elektronlar bog'lanib, umumiy elektronlar juftini hosil qiladi, u taqsimlangan juft ham deyiladi.

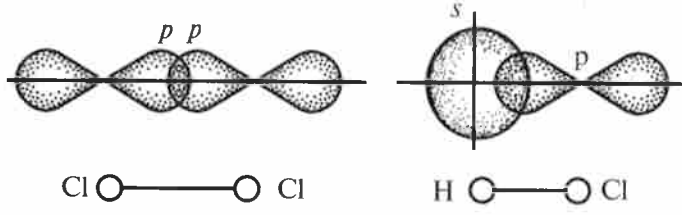
Agar atomlar orasida bitta kovalent bog'lanish (bitta umumiy elektronlar jufti) vujudga kelsa, u *yakka* bog'lanish deyiladi, agar bittadan ko'p bo'lsa, karrali bog'lanish deyiladi: masalan, qo'shbog' (ikkita umumiy elektronlar jufti), *uchlamchi* bog'lanish (uchta elektronlar jufti).

Yakka bog'lanish bitta chiziqcha, qo'shbog' — ikkita, uchlamchi bog'lanish — uchta chiziqcha bilan tasvirlanadi. Ikki atom orasidagi chiziqcha ularda elektronlar jufti umumlashganligini, buning natijasida kimyoviy bog'lanish hosil bo'lganligini anglatadi.

Molekulalarning struktura formulalari ana shunday chiziqchalar yordamida tasvirlanadi (3.8-§ ga q.).

Shunday qilib, xlor molekulasida uning har qaysi atomi sakkiz elektrondan ($s^2p^6$) iborat tugallangan tashqi pog'onaga ega bo'ladi, bu elektronning ikkitasi (elektronlar jufti) ikkala atomga bir xil darajada taalluqli bo'ladi. Molekula hosil bo'lishida elektron orbitallarning bir-birini qoplashi 3.2-rasmda ko'rsatilgan.

Kislorod molekulasi $O_2$ dagi bog'lanish qisman boshqacha tasvirlanadi. Kislorod paramagnit modda ekanligi (magnit maydoniga tortiladi) tajribada aniqlangan. Uning molekulasida ikkita juftlashmagan elektron bor. Bu molekulaning tuzilishini shunday tasvirlash mumkin:




**3.2-rasm.** Xlor $Cl_2$ va vodorod xlorid HCl molekulalarida kimyoviy bog'lanishning hosil bo'lish sxemasi.

$$:\ddot{O}: \ :\ddot{O}:$$

Kislorod molekulasining elektron tuzilishini tasvirlashga yagona usul hali topilgan emas.* Lekin uni quyidagicha yozish noto'g'ri:

* $O_2$ molekulasining tuzilishini molekular orbitallar usuli bilan bayon qilgan yaxshi, bu usul maktablarda o'rganilmaydi

$$:\underset{\cdot\cdot}{O}: \; :\underset{\cdot\cdot}{O}: \text{ yoki } O=O$$

Azot molekulasi $N_2$ da atomlarning uchta umumiy elektronlar jufti bor:

$$:N\vdots + \vdots N: \rightarrow :N\vdots\vdots N:$$

Ravshanki, azot molekulasi kislorod yoki xlor molekulalariga qaraganda ancha mustahkam, shu sababli azot kimyoviy reaksiyalarda anchagina inert bo'ladi.

**Elektron juftlar tufayli vujudga keladigan kimyoviy bog'lanish kovalent bog'lanish* deyiladi. Bu ikki elektronli va ikki markazli (ikkita yadroni tutib turadi) bog'lanishdir. Kovalent bog'lanishli birikmalar *gomeopolyar* yoki *atom birikmalar* deyiladi.**

Kovalent bog'lanishning ikki turi: qutbsiz va qutbli bog'lanish mavjud.

*Qutbsiz kovalent bog'lanishda* umumiy elektronlar jufti hosil qilgan elektron buluti, boshqacha aytganda bog'lanishning elektron buluti fazoda ikkala atomning yadrolariga nisbatan simmetrik taqsimlanadi. Bunga bitta element atomlaridan tarkib topgan ikki atomli molekulalar: $H_2$, $Cl_2$, $O_2$, $N_2$, $F_2$ va b. misol bo'la oladi, ularda elektronlar jufti ikkala atomga bir xil darajada taalluqli bo'ladi.

*Qutbli kovalent bog'lanishda* elektron buluti nisbiy elektrmanfiyligi katta atomga tomon siljigan bo'ladi. Bunga uchuvchan anorganik birikmalar: HCl, $H_2O$, $H_2S$, $NH_3$ va b. molekulalari misol bo'la oladi.

HCl molekulasining hosil bo'lishini ushbu sxema bilan ko'rsatish mumkin:

$$H\cdot + \cdot\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}: = H\textcircled{:}\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}:$$

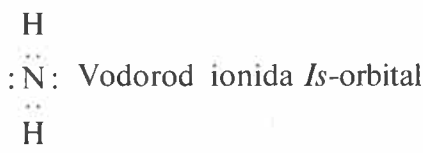
Elektronlar jufti xlor atomiga tomon siljigan, chunki xlor atomining nisbiy elektrmanfiyligi (3,0) vodorod atominikiga (2,1) qaraganda kattadir.

Kovalent bog'lanish bir elektronli bulutlarning bir-birini qoplash hisobiga hosil bo'lsa — bu kovalent bog'lanish hosil bo'lishining *almashinish* mexanizmi deyiladi.

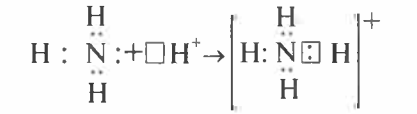
---

* «Kovalent» so'zi «birlashgan» degan ma'noni bildiradi. Bu so'zdagi *ko*— old qo'shimcha «birgalikda ishtirok etish» degan ma'noni beradi.

Kovalent bog'lanish hosil bo'lishining boshqacha — *donor akseptorli* mexanizmi ham bo'lishi mumkin. Bu holda kimyoviy bog'lanish bitta atomning ikki elektronli buluti bilan boshqa atomning erkin orbitali hisobiga vujudga keladi. Misol tariqasida ammoniy ioni $NH_4^+$ ning hosil bo'lish mexanizmini ko'rib chiqamiz. Ammiak molekulasida azot atomining bo'linmagan elektronlar jufti (ikki elektronli buluti) bo'ladi:




bo'sh (to'lmagan); uni shunday belgilash mumkin: □ $H^+$. Ammoniy ioni hosil bo'lishida azotning ikki elektronli buluti azot bilan vodorod atomlari uchun umumiy bo'lib qoladi, ya'ni u molekular elektron bulutga aylanadi. Demak, to'rtinchi kovalent bog'lanish vujudga keladi. Ammoniy ioni hosil bo'lish jarayonini ushbu sxema bilan ko'rsatish mumkin:




Vodorod ionining zaryadi umumiy bo'lib qoladi (u delokallashgan, ya'ni barcha atomlar orasida tarqalgan), azotga tegishli ikki elektronli bulut (bo'linmagan elektronlar jufti) esa vodorod bilan umumiy bo'lib qoladi. Sxemalarda katakchaning tasviri □ ko'pincha tushirib qoldiriladi.

Bo'linmagan elektronlar juftini beradigan atom *donor,* uni biriktirib oladigan (ya'ni bo'sh orbital beradigan) atom *akseptor* deyiladi.

**Bir atomning (donorning) ikki elektronli buluti va boshqa atomning (akseptorning) bo'sh orbitali hisobiga kovalent bog'lanish hosil bo'lish mexanizmi *donor-akseptorli mexanizm* deyiladi. Shu yo'l bilan hosil bo'lgan kovalent bog'lanish *donor-akseptorli* yoki *koordinatsion bog'lanish* deyiladi.**

Lekin bu bog'lanishning alohida turi emas, balki kovalent bog'lanish hosil bo'lishining boshqacha mexanizmi (usuli)dir, xolos. Ammoniy ionidagi to'rtinchi N—H bog'lanish xossalari jihatidan qolgan uchta bog'lanishdan hech farq qilmaydi.

## 3.2- §. Kovalent bog'lanishning xossalari

Kovalent bog'lanishning o'ziga xos xususiyatlari — uning uzunligi, energiyasi, to'yinuvchanligi va yo'nalganligidir.

*Bog'lanishning uzunligi* — bu yadrolararo masofa. Bu masofaning uzunligi qancha kam bo'lsa, kimyoviy bog'lanish shuncha puxta bo'ladi. Lekin bog'lanishning puxtalik o'lchovi bog'lanish energiyasi hisoblanadi.

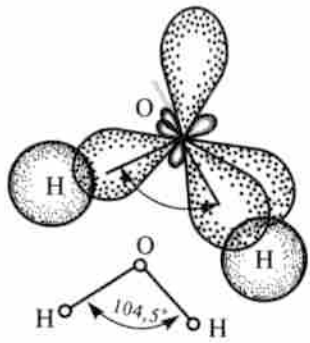
*Bog'lanish energiyasi* bog'lanishni uzish uchun zarur bo'lgan energiya miqdori bilan aniqlanadi. Odatda, u bir mol moddaga to'g'ri keladigan kilojoullar bilan o'lchanadi. Masalan, tajriba ma'lumotlariga ko'ra $H_2$, $Cl_2$ va $N_2$ molekulalaridagi bog'lanish uzunligi tegishlicha 0,074, 0,198 va 0,109 nm (nanometr)ga, bog'lanish energiyasi esa tegishlicha 436, 242 va 946 kJ/mol ga teng. Bog'lanish karraliligi ortishi bilan bog'lanish energiyasi ko'payadi, uzunligi esa kichrayadi.

*To'yinuvchanlik* deganda atomlarning cheklangan sondagi kovalent bog'lanish hosil qilish xususiyati tushuniladi. Masalan, vodorod atomi (bitta juftlashmagan elektron) bitta bog'lanish, uglerod atomi (qo'zg'algan holatdagi to'rtta juftlashmagan elektron) — ko'pi bilan to'rtta bog'lanish hosil qiladi. Bog'lanishlarning to'yinuvchanligi tufayli molekulalar muayyan tarkibli bo'ladi: $H_2$, $CH_4$, HCl va h.k. Lekin to'yingan kovalent bog'lanishlarda ham donor-akseptorli mexanizm bo'yicha ancha murakkab molekulalar hosil bo'lishi mumkin.

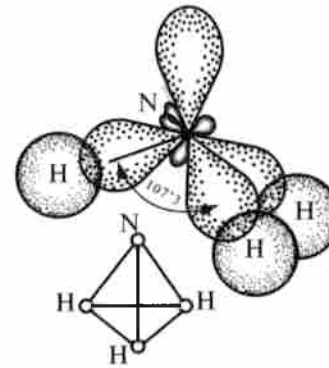
Kovalent bog'lanishning *yo'nalganligi* molekulalarning fazoviy tuzilishiga, ya'ni ularning geometriyasiga (shakliga) bog'liq bo'ladi. Buni HCl, $H_2O$ va $NH_3$ molekulalari hosil bo'lishi misolida ko'rib chiqamiz.

Ma'lumki, kovalent bog'lanish o'zaro ta'sir etuvchi atomlar elektron orbitallarining bir-birini maksimal qoplashi yo'nalishida vujudga keladi. HCl molekulasi hosil bo'lishida vodorod atomining *s*-orbitali bilan xlor atomining *p*-orbitali bir-birini qoplaydi. Bunday turdagi molekulalar gantelsimon shaklda bo'ladi (3.2- rasm, *b*).

Kislorod atomining tashqi pog'onasida juftlashmagan ikkita elektron bo'ladi. Ularning orbitallari bir-biriga perpendikular, ya'ni bir-biriga nisbatan 90° li burchak ostida joylashadi. Suv molekulasi hosil bo'lishiga kislorodning har bir *p*-orbital elektronining orbitalini vodorod atomining 1*s*-elektroni orbitali koordinata o'qlari chizig'i bo'ylab quyuq nuqtalar bilan belgilangan joyda qoplaydi




**3.3-rasm.** $H_2O$ molekulasida kimyoviy bog'lanishlarning hosil bo'lish sxemasi.




**3.4-rasm.** $NH_3$ molekulasida kimyoviy bog'lanishlarning hosil bo'lish sxemasi.

(3.3-rasm). Bu holda kimyoviy bog'lanishlar 90° li burchak ostida yo'nalgan bo'lishi kerak. Suv molekulasida bog'lanishlar orasidagi burchak H—O—H=104,5° ekanligi tajribada topilgan (bu chetga chiqishning sabablari quyiroqda, shu paragraf oxirida tushuntirib beriladi).

Shunday qilib, ikkita juftlashmagan (valent) *r*-elektronlari bor kislorod atomi vodorod bilan suv molekulasini hosil qiladi, u *burchak shaklida* bo'ladi. Ravshanki, kislorodning analoglari — oltingugurt, selen va tellur vodorod bilan xuddi shunday shakldagi molekulalar hosil qiladi.

$NH_3$ molekulasi hosil bo'lishida azot atomining uchta juftlashmagan *r*-elektroni (ularning elektron orbitallari ham bir-biriga perpendikular) va uchta vodorod atomining 1*s*-elektronlari ishtirok etadi. Bog'lanishlar *p*-orbitallarning uchta o'qi bo'ylab joylashadi (3.4-rasm). Molekula to'g'ri piramida shaklida bo'ladi: uchburchakning burchaklarida vodorod atomlari, piramidaning uchida esa — azot atomi turadi. Bog'lanishlar orasidagi burchak H—N—H=107,3°. Azotning analoglari — fosfor, mishyak, surma ham vodorod bilan xuddi shunday shakldagi (lekin burchagining qiymati boshqacha) molekulalar hosil qiladi.

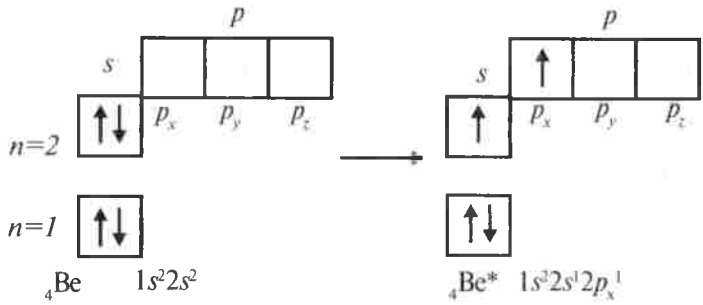
Ko'p valentli atomlardan hosil bo'lgan kovalent bog'lanishlar doimo fazoviy yo'nalgan bo'ladi. Bog'lanishlar orasidagi burchaklar *valent* burchaklar deyiladi.

Ko'pincha kovalent bog'lanish hosil bo'lishida ishtirok etadigan elektronlar turli holatlarda, masalan, biri *s*-, boshqasi *p*-orbitallarda bo'ladi. Bunda molekuladagi bog'lanishlarning

puxtaligi ham turlicha bo'lishi kerak edi. Lekin tajriba ular teng qimmatli ekanligini ko'rsatadi. Bu hodisa L. Poling tomonidan kiritilgan, atom orbitallarining *gibridlanishi* haqidagi qoida bilan tushuntiriladi.

Valent orbitallarning gibridlanishini berilliy xlorid $BeCl_2$, bor xlorid $BCl_3$ va metan $CN_4$ molekulalari hosil bo'lishi misolida ko'rib chiqamiz.

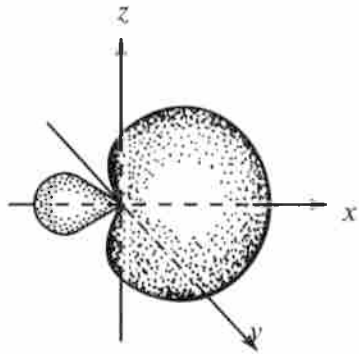
Berilliy atomi qo'zg'algan holatga o'tishida juftlashgan elektronlar bir-biridan ajraladi, ya'ni ikki elektronli bulut ($2s^2$) bir elektronliga ajraladi. Buni sxema tarzida shunday tasvirlash mumkin:




$2s$-elektronni $2p$-orbitalga o'tkazish, ya'ni atomning qo'zg'algan holatga o'tishi energiya sarflashni talab etadi, bu energiya reaksiyada ikkita bog'lanish hosil bo'lishi hisobiga ortiqchasi bilan qoplanadi. Qo'zg'algan holatda berilliy xlorning ikkita atomini biriktirib oladi:

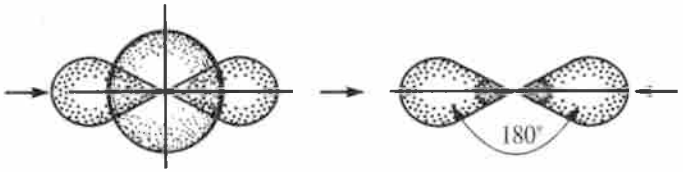
$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}:\text{Be}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}:$$

Ikkala Be — Cl bog'lanish bir xilda puxta va 180° li burchak ostida joylashgan.



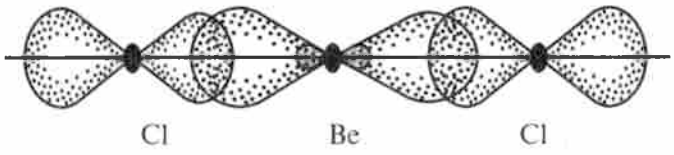

**3.5-rasm**. sp- gibrid orbitalning shakli.

Bog'lanishlar puxtaligining bir xilligi *valent (tashqi) orbitallarning gibridlanishi,* ya'ni ularning siljishi va shakli hamda energiyasining tenglashishi bilan tushuntiriladi. Bu holda atom elektron orbitallarining dastlabki shakli hamda energiyasi o'zaro o'zgaradi va bir xil shakl hamda energiyaga ega bo'lgan elektron orbitallar hosil bo'ladi. Gibrid orbital asimmetrik va yadrodan bir tomonga qattiq cho'zilgan bo'ladi (3.5-rasm).




*(s+p)–orbitallar* *ikkita sp- gibridlangan orbitallar*

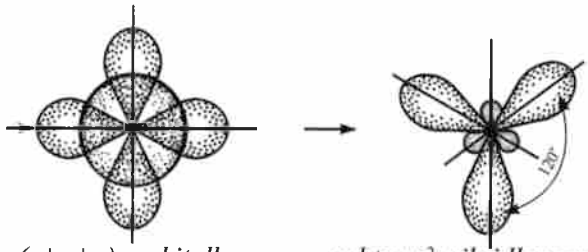
**3.6- rasm.** Valent orbitallarning sp-gibridlanishi.




**3.7- rasm.** $BeCl_2$ ning chiziqsimon molekulasi.

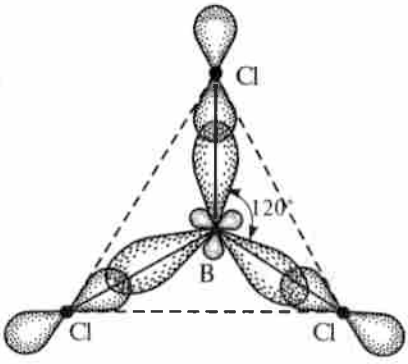
Gibrid orbitallarning elektronlari ishtirokida hosil bo'ladigan kimyoviy bog'lanish gibridmas (sof) *s*- va *p*-orbitallarning elektronlari ishtirokida hosil bo'lgan bog'lanishdan puxtaroq bo'ladi, chunki gibridlanishda orbitallar bir-birini ko'proq qoplaydi. Muayyan atomning bog'lanishlari hosil bo'lishida turli tipdagi elektronlar (bizning misolimizda *s*- va *p*-elektronlar) ishtirok etganda gibridlanish amalga oshadi. Bunda gibrid orbitallar ishtirok etganda gibridlanish amalga oshadi. Bunda gibrid orbitallar soni dastlabki orbitallar soniga teng bo'ladi. Shunday qilib, $BeCl_2$ molekulasida kimyoviy bog'lanish hosil bo'lishida markaziy atomning, ya'ni berilliyning bitta *s*- va bitta *p*-elektroni ishtirok etadi. Bu holda orbitallarning *sp-gibridlanishi* (es-pe-gibridlanish deb o'qiladi) sodir bo'ladi (3.6-rasm). Ikkita gibrid orbital bir-biriga nisbatan 180° li burchak ostida joylashadi, ya'ni $BeCl_2$ molekulasi *chiziqsimon shaklda* — uchala atomning hammasi bir chiziqda joylashgan (3.7-rasm).

Bor xlorid $BCl_3$ molekulasida markaziy atom orbitallarining *$sp^2$-gibridlanish* (es-pe-ikki-gibridlanish deb o'qiladi) amalga oshadi. Bor atomida (elektron tuzilishi $1s^22s^22p^1$, qo'zg'algan holatida $1s^2s^12s^2$) gibridlanishda bitta *s*- va ikkita *p*-elektronlarning orbitallari ishtirok etadi; buning natijasida bir-biriga nisbatan 120° li burchak ostida joylashgan uchta gibrid orbitallar hosil bo'ladi




*(s+p+p)–orbitallar* *uchta $sp^2$-gibridlangan orbital*

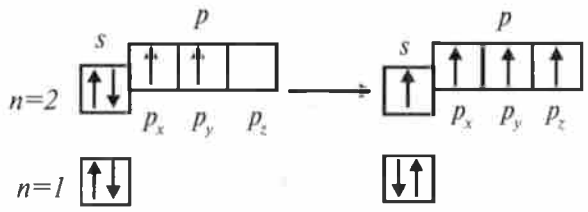
**3.8- rasm.** Valent orbitallarning $sp^2$-gibridlanishi.



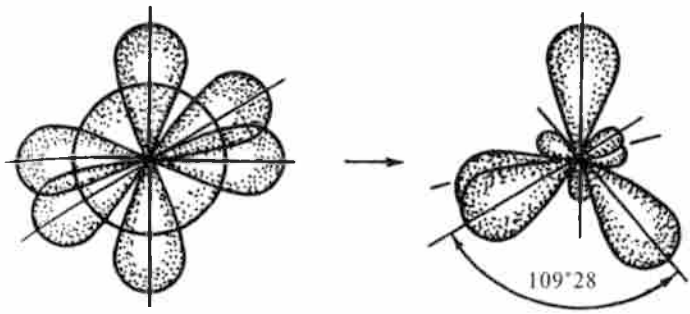

**3.9- rasm.** $BCl_3$ ning yassi uchburchaksimon molekulasi.

(3.8-rasm). $BCl_3$ molekulasi markazida B atomi joylashgan yassi teng tomonli uchburchak shaklida bo'ladi.Gibrid orbitallarning o'qlari orasidagi burchak 120° ni tashkil etadi, to'rtta atomining hammasi bitta tekislikda yotadi (3.9-rasm).

Metan molekulasi hosil bo'lishida uglerod atomi qo'zg'algan holatga o'tadi, bunda juftlashgan $2s^2$- elektronlar bir-biridan ajraladi, ya'ni ikki elektronli bulut bir elektronli bulutlarga aylanadi:




Sxemadan ko'rinib turibdiki, uglerod atomining asosiy holatida juftlashmagan ikkita elektroni bo'ladi (ikki valentli), qo'zg'algan holatida esa (yulduzcha bilan belgilangan) — to'rtta elektroni bo'ladi (to'rt valentli) va vodorodning to'rtta atomini biriktirib olishi mumkin:

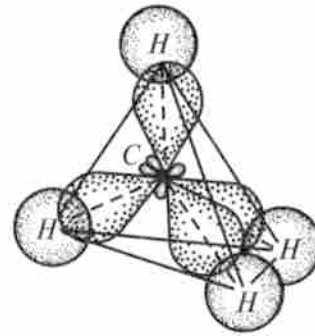



*(s+p+p+p)- orbitallar* *To'rtta $sp^3$- orbital*

**3.10- rasm.** Valent orbitallarning *sp*- gibridlanishi.

$$\cdot\dot{\underset{\cdot}{C}}\cdot + 4\cdot H \rightarrow H:\underset{H}{\overset{H}{\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{C}}}}:H$$

Metan molekulasi hosil bo'lishida uglerod atomida bitta *s*- va uchta *p*- elektronlarning orbitallari gibridlandi hamda to'rtta bir xil gibrid orbitallar hosil bo'ldi (3.10-rasm). Bunday gibridlanish $sp^3$-gibridlanish deyiladi (es-pe-uch-gibridlanish deb o'qiladi). Gibrid orbitallarning o'qlari orasidagi valent burchak 109°28′ ga teng. Uglerod atomining to'rtta gibrid $sp^3$-orbitallari bilan to'rtta vodorod atomi *s*-orbitallarining bir-birini qoplashi natijasida to'rtta bir xil bog'lanishli mustahkam metan molekulasi hosil bo'ladi (3.11-rasm). Suv va ammiak molekulalaridagi bog'lanishlarning valent burchaklari tetraedrik molekulalardagidan kichikligi ham orbitallarning gibridlanishi bilan tushuntiriladi (3.3 va 3.4-rasmlarga q.). Metanning hosil bo'lishidagi kabi suv va ammiak molekulalarining hosil bo'lishida ham kislorod va azot atomlari atom orbitallarining $sp^3$-gibridlanishi sodir bo'ladi. Lekin uglerod atomida to'rtta $sp^3$-orbitalning hammasi bog'lovchi elektron juftlar bilan band (3.11-rasmga q.), azot atomida esa to'rttadan bitta $sp^3$-orbitalni bog'lovchi bo'lmagan (taqsimlanmagan) elektron juft egal-




**3.11- rasm.** Metanning tetraedrik molekulasida kimyoviy bog'lanishlarning hosil bo'lish sxemasi.

lagan (3.4-rasmga q.), kislorod atomida ikkita $sp^3$-orbitalni ana shunday elektronlar egallagan (3.3-rasmga q.).

Shunday qilib, burchakning tetraedrnikidan (109°28′) farq qilishida $sp^3$-gibrid orbitallarni egallagan bo'linmagan (bog'lovchi bo'lmagan) elektron juftlarning itaruvchi ta'siri ko'rinadi: azot atomida esa ikkita (burchak 104,5°).

Valent orbitallarning gibridlanishi haqidagi tasavvurdan organik kimyoda keng ko'lamda foydalaniladi (III qismga q.).

## 3.3-§. Ionli bog'lanish

Ionli bog'lanish vujudga kelishini natriy xlorid NaCl hosil bo'lishi misolida ko'rib chiqamiz. Shu birikmani hosil qilgan natriy va xlor atomlari elektrmanfiyligi jihatidan bir-biridan keskin farq qiladi: natriy atomi uchun bu qiymat 0,9 ga, xlor atomi uchun 3,0 ga teng. Elektron formulalar Na $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ va Cl $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ dan ko'rinib turibdiki, bu atomlarning tashqi elektron pog'onalari tugallanmagan. Tashqi pog'onasini tugallash uchun natriy atomi 7 elektron biriktirib olishidan ko'ra 1 elektron berishi oson, xlor atomi esa 7 elektron berishidan ko'ra 1 elektron biriktirib olishi oson. Tajriba shuni ko'rsatadiki, kimyoviy reaksiyalarda natriy atomi 1 elektron beradi, xlor atomi esa uni biriktirib oladi. Buni sxema tarzida quyidagicha yozish mumkin:

$$Na - \bar{e} = Na^+$$

$$Cl + \bar{e} = Cl^-,$$

ya'ni Na atomining elektron qobig'i nodir gaz Ne ning barqaror elektron qobig'iga aylandi — $1s^2 2s^2 2p^6$ (bu natriy -ion $Na^+$), Cl atomining qobig'i esa nodir gaz Ar atomining qobig'iga aylandi — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ (bu xlorid — ion $Cl^-$). $Na^+$ va $Cl^-$ ionlari orasida elektrostatik tortishish kuchlari vujudga keladi, natijada NaCl birikma hosil bo'ladi.

**Ionlar orasida elektrostatik tortishuv tufayli vujudga keladigan kimyoviy bog'lanish *elektrovalent* yoki *ionli bog'lanish* deyiladi. Ionlarning bir-biriga tortilish yo'li bilan hosil bo'lgan birikmalar *geteropolyar* yoki *ionli birikmalar* deyiladi.**

Ionli birikmalarni elektrmanfiyligi jihatidan bir-biridan keskin farq qiladigan atomlar, masalan, I va II gruppalar bosh gruppachalaridagi elementlarning atomlari bilan VI va VII

gruppalarning bosh gruppachalaridagi elementlarning atomlari hosil qiladi. Ionli birikmalar nisbatan ko'p emas.

Natriy xlorid NaCl molekulalari faqat bug' holatdagina mavjud bo'ladi. Ionli birikmalar qattiq (kristall) holatda ma'lum qonuniyat bilan joylashgan musbat va manfiy ionlardan tarkib topadi. Bu holda molekulalar bo'lmaydi (3.7-§ ga q.).

Kovalent bog'lanish kimyoviy bog'lanishning ancha umumiy turidir. Bog'lanish nazariyasi ionli bog'lanishning kovalent bog'lanishdan vujudga kelishini umumiy elektron juftning haddan tashqari bir tomonlama qutblanishi (siljishi) bilan tushuntiradi, bunda umumiy elektronlar jufti birikayotgan atomlardan bittasining ixtiyoriga o'tadi. Masalan:

$$Na \cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: = Na \oplus \ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:, \quad so'ngra \quad Na \oplus \ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: = \left[ \overset{+}{Na} \right] \left[ :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{-}{Cl}}}: \right]$$

Keltirilgan misolda metallmaslik xossalarini namoyon qiladigan (elektrmanfiyligi $x_{Cl}$=3,0) xlor atomi haddan tashqari bir tomonlama qutblanadi. Molekular elektron bulut (elektronlar jufti) batamom xlor atomiga siljigan bo'ladi. Bu hol elektronning natriy atomidan xlor atomiga o'tganligi bilan barobardir.

Ravshanki, *qutbli kovalent bog'lanishni kovalent bog'lanishning qisman bir tomonlama qutblangan turi* (bog'lovchi elektron bulut nisbiy elektrmanfiyligi katta bo'lgan atom tomonga siljigan) *sifatida qarash mumkin*. U ionli va qutbsiz kovalent bog'lanishlar o'rtasida oraliq holatni egallaydi.

Shunday qilib, qutbsiz kovalent, qutbli kovalent va ionli bog'lanishlarning vujudga kelish mexanizmida m u h i m f a r q y o ' q . Ular bir-biridan umumiy elektron juftlarning q u t b l a n g a n l i k darajasi (siljiganligi) bilangina farq qildi. Kimyoviy bog'lanish tabiati yagonadir.

Elementlar atomlarining nisbiy elektrmanfiyligi qiymatlari asosida (2.2-jadval) bog'lanishning qutbliligini oldindan aytish mumkin. Bog'langan atomlarning nisbiy elektrmanfiyliklari orasidagi farq (uni $\Delta x$ orqali belgilaymiz) qancha katta bo'lsa, qutblilik shuncha kuchli ifodalangan bo'ladi. CsF birikmada $\Delta x$ eng katta qiymatga egadir (4,1 − 0,7= 3,4).

Shunday qilib, atomlar orasidagi kimyoviy bog'lanish $\Delta x \approx 2$ ga qadar ionli bo'ladi: $\Delta x$=0 bo'lsa — bu qutbsiz kovalent bog'lanish; oraliq holatlarda — qutbli kovalent.

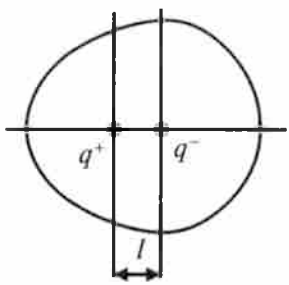
Haqiqatda bog'lanishlar 100% ionli bo'lmaydi. Shu sababli bog'lanishning ionlilik *darajasi* yoki *hissasi* haqida so'z yuritiladi.

U tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Ma'lum bo'lishicha, hatto CsF birikmada ham ionli bog'lanish 89% ifodalangan ekan, xolos.

Kovalent bog'lanishdan farq qilib, ionli bog'lanish fazoda *yo'nalmaganligi* va *to'yinmasligi* bilan tavsiflanadi. Bog'lanishning yo'nalmaganligi shu bilan aniqlanadiki, har qaysi ion go'yo zaryadlangan shar bo'lib, teskari ishorali ionni istalgan yo'nalishda o'ziga tortishi mumkin. Teskari ishorali ionlarning o'zaro ta'siri kuch maydonlarini kompensatsiyalashga olib kelmaydi: ularda o'ziga teskari ishorali ionlarni tortish xususiyati boshqa yo'nalishlarda saqlanib qoladi (to'yinmaganlik). Masalan, NaCl kristalida har qaysi $Na^+$ ion oltita $Cl^-$ ion bilan o'zaro ta'sirlashadi (3.16-rasmga q.). Shunday qilib, ionli bog'lanish to'yinmaganligi va yo'nalmaganligi tufayli, ionlardan tarkib topgan birikmalar ionli kristall panjarali qattiq moddalar bo'ladi.

## 3.4-§. Qutbli va qutbsiz molekulalar

Bir tomonlama qutblanish molekulada elektron zichlikning notekis taqsimlanishiga olib keladi. Masalan, HCl molekulasida elektron zichlik vodorod yadrosi atrofidagiga qaraganda xlor yadrosi atrofida katta bo'ladi. Molekulada musbat va manfiy zaryadlarning elektr markazlari bir nuqtada ustma-ust tushmaydi, balki bir-biridan ma'lum *l* masofada bo'ladi (3.12-rasm). Molekula umumiy neytral bo'lgani bilan xlor atomida — *q* zaryad va vodorod atomida +q zaryadli elektr dipoldan iborat. Bunday bog'lanish va molekulalar *qutbli* deyiladi. Molekuladagi atomlarning zaryadi *q, effektiv zaryadlar* deyiladi (HCl molekulasida $q_{Cl} = -18\%$, $q_H = +18\%$ elektronning absolut zaryadiga teng, bog'lanishning ionlilik darajasi 18%).




**3.12-rasm.** Dipol elektr momenti o'zgarmas bo'lgan qutbli molekula.

Bog'lanish va molekulaning qutblilik o'lchovi — dipolning elektr momenti μ («myu») quyidagi ko'paytmadan aniqlanadi:

$$\mu = ql,$$

bunda *q* — effektiv zaryad; *l* — dipolning uzunligi.

Cl sistemasida dipolning elektr momenti birligi $3{,}33 \cdot 10^{-30}$ Kl · m (kulon · metr) qiymat bilan ifodalanadi.

Dipolning elektr momenti — vektor kattalik. Uning yo'nalishi shartli ravishda musbat zaryaddan manfiy zaryadga tomon — bog'lovchi elektron bulutning siljish tomoniga yo'nalgan, deb qabul qilinadi.

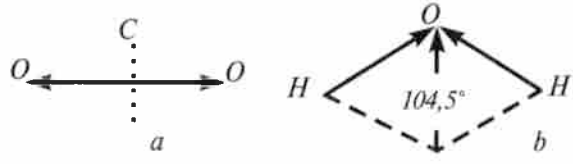
Dipollarning elektr momentlari turli bog'lanishlar va ko'pgina moddalar uchun tajribada aniqlangan (ularning qiymatlari 0 dan $36{,}6 \cdot 10^{-30}$ Kl · m gacha bo'ladi.

Molekulaning qutbliligini bog'lanishning qutbliligidan farq qilish kerak. AB tipidagi ikki atomli molekulalar uchun bu tushunchalarning ma'nosi bir xil keladi, bu HCl molekulasi misolida ko'rsatib o'tilgan edi. Bunday molekulalarda elementlarning elektrmanfiyliklari bir-biridan qancha ko'p farq qilsa, dipolning elektr momenti shuncha katta bo'ladi.

Ko'p atomli molekulalarda atomlar orasidagi bog'lanish qutbli bo'lishi mumkin. Molekulalarning o'zi esa fazoviy tuzilishiga qarab qutbli ham, qutbsiz ham bo'lishi mumkin. Bunday molekulalarda dipolning elektr momenti qutbli bog'lanishlar soni va ularning yo'nalganligi bilan aniqlanadi. Dipolning elektr momenti alohida bog'lanishlar dipol momentlarining vektor yig'indisiga teng. Masalan, C=O bog'lanish dipolning elektr momenti $9 \cdot 10^{-30}$ Kl · m ga, $CO_2$ molekulasiniki esa nolga teng. Bunga sabab shuki, $CO_2$ ning chiziqsimon molekulasida bog'lanishlar vektorlari markazdan radial yo'nalgan, shu sababli natijalovchi moment $\mu$ nolga teng (3.13-rasm, *a*.). $N_2O$ ning burchaksimon molekulasida bog'lanishlar 104,5° burchak ostida joylashgan va ikkita bog'lanishning vektor yig'indisi $\mu$ parallelogrammning diagonali bilan ifodalanadi (vektorlar kuchlar parallelogrami qoidasiga muvofiq qo'shiladi, 3.13-rasm, b). Suv uchun $\mu = 6{,}1 \cdot 10^{-30}$ Kl · m. Agar dipollar turli xil elektr momentlari vektorlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lmasa, u holda molekula qutblangan bo'ladi.

O'z navbatida, $\mu$ ning qiymati va yo'nalishiga qarab molekulaning geometrik tuzilishi haqida ma'lum darajada fikr yuritish mumkin. Masalan, $CO_2$ molekulasi uchun $\mu = 5{,}4 \cdot 10^{-30}$ Kl · m. Ravshanki, u suv molekulasi kabi burchaksimon tuzilgan bo'lishi kerak.

Qutbsiz kovalent bog'lanishli molekulalar *qutbsiz* yoki *gomeopolyar* molekulalar deyiladi. Bunday molekulalarda bog'lovchi




**3.13-rasm.** $CO_2$ (*a*) va suv (*b*) molekulalarida bog'lanishlar dipol elektr momentlarini geometrik qo'shish.

elektron bulut ikkala atom yadrolari orasida simmetrik taqsimlanadi va yadrolar unga bir xil darajada ta'sir etadi. Bunga bitta elementning atomlaridan tarkib topgan $H_2$, $F_2$, $Cl_2$, $O_2$ va b. oddiy moddalarning molekulalari misol bo'la oladi. Bunday molekulalar dipolining elektr momenti nolga teng. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, ko'pchilik murakkab moddalarning simmetrik tuzilgan molekulalarida atomlar orasidagi molekulalar qutbli bo'lsa ham, molekulalarning o'zi qutbsiz bo'ladi. Qutbsiz kovalent bog'lanishli moddalar ko'p emas.

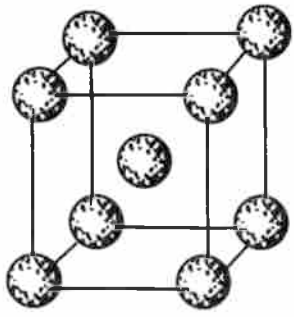
Molekulalarning (va alohida bog'lanishlarning) tashqi elektr maydon ta'sirida qutblanish xususiyati *qutblanuvchanlik* deyiladi. Bu hodisa yaqinlashib kelgan qutbli molekula hosil qilgan maydon ta'sirida ham sodir bo'lishi mumkin. Shu sababli qutblanuvchanlik kimyoviy reaksiyalarda katta ahamiyatga ega.

Molekulaning qutbliligini va uning dipolining elektr momentini e'tiborga olish doimo muhimdir. Moddalarning reaksiyaga kirishish xususiyati dipolning elektr momentiga bog'liq. Odatda molekula dipolning elektr momenti qancha katta bo'lsa, moddaning reaksiyaga kirishish xususiyati shuncha yuqori bo'ladi. Moddalarning eruvchanligi ham dipolning elektr momentiga bog'liq.

Suyuqliklarning qutbli molekulalari ularda erigan elektrolitlarning elektrolitik dissotsilanishiga yordam beradi.

## 3.5-§. Metall bog'lanish

Ko'pchilik metallar atomlarining tashqi energetik pog'onasida elektronlar soni ko'p bo'lmaydi. Masalan, tashqi pog'onada bittadan elektron 16 elementda, ikkitadan — 58 tada, uchtadan — 4 elementda bor va faqat Pd ning tashqi pog'onasida bitta ham elektron yo'q. Ge, Sn va Pb elementlari atomlarining tashqi pog'onasida 4 tadan elektron, Sb bilan Bi da — 5 tadan va Po da — 6 ta elektron bo'ladi, lekin bu elementlarni haqiqiy metallar deb bo'lmaydi.



**3.14-rasm.** Natriy kristall panjarasining tuzilishi.

Metall elementlar oddiy moddalar — metallarni hosil qiladi. Odatdagi sharoitda bular kristall moddalardir (simobdan tashqari), 3.14-rasmda natriy kristall panjarasining sxemasi ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, natriyning har qaysi atomi sakkizta qo'shni

atom bilan qurshab olingan. Natriy misolida metallardagi kimyoviy bog'lanish tabiatini ko'rib chiqamiz.

Boshqa metallarda bo'lgani kabi natriy atomlarida ham valent orbitallar ortiqcha va elektronlar yetishmaydigan bo'ladi. Masalan, valent elektron ($3s^1$) to'qqizta bo'sh orbitaldan — $3s$ (bitta), $3p$ (uchta) va $3d$ (beshta)dan bittasini egallashi mumkin. Atomlar bir-biriga yaqinlashganida kristall panjara hosil bo'lishi natijasida qo'shni atomlarning valent orbitallari bir-birini qoplaydi, shu tufayli elektronlar bir orbitaldan boshqasiga bemalol o'tib, metall kristalidagi b a r c h a atomlar orasida bog'lanish hosil qiladi. Kimyoviy bog'lanishning bunday turi *metall bog'lanish* deyiladi.

Atomlarning tashqi pog'onasida valent elektronlar soni bir-biriga yaqin tashqi energetik orbitallarning umumiy soniga nisbatan kam, valent elektronlari esa ionlanish energiyasi kichik bo'lganligi sababli atomda bo'sh tutilib turadigan elementlar metall bog'lanish hosil qiladi. Metall kristallarda kimyoviy bog'lanish juda delokallashgan, ya'ni bog'lanishni amalga oshiradigan elektronlar umumlashgan («elektron gaz») va umuman, elektroneytral bo'lgan butun metall parchasi bo'ylab ko'chib yuradigan bo'ladi.

Metall bog'lanish qattiq va suyuq holdagi metallar uchun xosdir. Bu bir-biriga bevosita yaqin joylashgan atomlar agregatlarining xossalaridir. Lekin barcha moddalarning atomlari kabi metallarning atomlari ham bug' holatida bir-biri bilan kovalent bog'lanish orqali bog'langan bo'ladi. Metallarning bug'lari alohida molekulalardan (bir atomli va ikki atomli) tarkib topgan bo'ladi. Kristallda bog'lanish puxtaligi metall molekulasidagidan kuchli, shu sababli metall kristali hosil bo'lish jarayoni energiya ajralib chiqishi bilan boradi.

Metall bog'lanish kovalent bog'lanishga ma'lum darajada o'xshaydi, chunki u ham valent elektronlarning umumlashishiga asoslangan. Lekin kovalent bog'lanishni vujudga keltiradigan elektronlar birikkan atomlarga yaqin va ular bilan puxta bog'langan bo'ladi. Metall bog'lanishni hosil qiladigan elektronlar esa barcha kristall bo'ylab erkin harakatlanadi va uning barcha atomlariga tegishli bo'ladi. Xuddi shuning uchun ham kovalent bog'lanishli kristallar mo'rt, metall bog'lanishlilari — plastik, ya'ni ular zarba ta'sirida o'z shaklini o'zgartiradi, yupqa listlar bo'lib yoyiladi va sim bo'lib cho'ziladi.

Metallarning fizik xossalari metall bog'lanish bilan tushuntiriladi (12.2-§ ga q.).

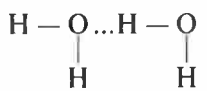
## 3.6- §. Vodorod bog'lanish

Vodorod bog'lanish — bu kimyoviy bog'lanishning o'ziga xos turidir. U molekulalararo va ichki molekular bo'lishi mumkin.

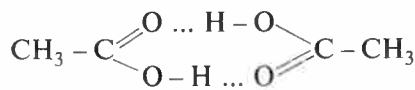
Molekulalararo vodorod bog'lanish tarkibiga vodorod hamda juda elektrmanfiy element — ftor, kislorod, azot, ba'zan xlor, oltingugurt tutadigan molekulalar orasida vujudga keladi. Bunday molekulada umumiy elektron jufti vodoroddan elektrmanfiy element tomonga ko'proq siljigan, vodorodning musbat zaryadi esa kichik hajmda to'plangan ekanligi sababli proton boshqa atom yoki ionning bo'linmagan elektron jufti bilan o'zaro ta'sirlashib, bu juftni umumlashtirib oladi. Natijada ikkinchi ancha kuchsiz bog'lanish vujudga keladi, u *vodorod bog'lanish* deyiladi.

Ilgari vodorod bog'lanish proton bilan boshqa qutbli guruh orasidagi elektrostatik tortishishdan iborat, deb tasavvur qilinar edi. Lekin bunday bog'lanish vujudga kelishidan donor-akseptorli o'zaro ta'sirning ham hissasi bor, deyish to'g'riroq bo'ladi. Fazoda yo'nalganlik va to'yinuvchanlik bu bog'lanish uchun xos xususiyatdir.

Odatda vodorod bog'lanish nuqtalar bilan belgilanadi va bu uning kovalent bog'lanishdan ancha kuchsizroqligi (taxminan 15—20 marta) ko'rsatiladi. Shunga qaramay molekulalarning assotsilanishi ana shu bog'lanish tufayli bo'ladi. Masalan, suv hamda sirka kislota dimerlarining (ular suyuq holatda eng barqaror bo'ladi) hosil bo'lishini ushbu sxemalar bilan ko'rsatish mumkin.



$(H_2O)_2$



$(CH_3COOH)_2$

Bu misollardan ko'rinib turibdiki, vodorod bog'lanish vositasida ikki molekula suv birlashgan, sirka kislotada esa ikki molekulada kislota birlashib, siklik struktura hosil qilgan. Vodorod bog'lanish ko'pchilik moddalarning xossalariga ta'sir etadi. Masalan, vodorod ftorid odatdagi sharoitda vodorod bog'lanish tufayli suyuq holatda (19,5° dan pastda) mavjud bo'ladi va tarkibida $H_2F$ dan $H_6F_6$ gacha tarkibli molekulalar bo'ladi. Vodorod bog'lanish tufayli gidrodiftorid — ion $HF_2^-$ hosil bo'ladi:

$$F^- + H-F \rightarrow F...H-F \rightarrow HF_2^-$$

bu ion tuzlar — gidroftoridlar tarkibiga kiradi ($KHF_2$ —kaliy gidrodiftorit, $NH_4HF_4$ — ammoniy gidrodiftorid).

Kislorod gruppachasidagi elementlarning vodorodli birikmalariga ($H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$) qaraganda suvning qaynash temperaturasi ancha yuqoriligi (100°C) suv molekulalari orasida vodorod bog'lanish borligi bilan tushuntiriladi. Suvning qaynashi uchun vodorod bog'lanishlarni uzishga qo'shimcha energiya sarflash lozim bo'ladi.

Vodorod bog'lanishlar oqsillar, nuklein kislotalar va boshqa biologik muhim birikmalar molekulalarida ayniqsa ko'p tarqalgan, shu sababli bu bog'lanishlar hayot faoliyati jarayonlarining kimyosida muhim rol o'ynadi.

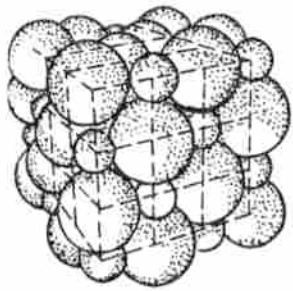
## 3.7- §. Kristall panjaralarning turlari

Qattiq moddalar, odatda, kristall tuzilishli bo'ladi. Ular zarrachalarning fazoda qat'iy muayyan nuqtalarda to'g'ri joylashuvi bilan tavsiflanadi. Bu nuqtalar bir-birini kesib o'tuvchi to'g'ri chiziqlar bilan fikran birlashtirilsa, *kristall panjara* deyiladigan fazoviy karkas hosil bo'ladi. Zarrachalar joylashgan nuqtalar *kristall panjaraning tugunlari* deyiladi. Faraz qilingan panjaraning tugunlarida ionlar, atomlar yoki molekulalar bo'lishi mumkin. Ular tebranma harakatda bo'ladi. Harorat ko'tarilishi bilan tebranishlar amplitudasi ortadi, bu jismlarning issiqlikdan kengayishida namoyon bo'ladi.

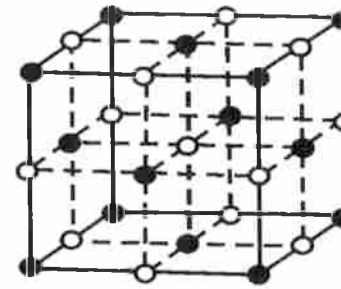
Zarrachalarning turiga va ular orasidagi bog'lanish xarakteriga qarab, kristall panjaraning to'rtta turi bo'ladi: ionli, atomli, molekular va metall panjaralar.

Ionlardan tuzilgan kristall panjaralar ionli panjara deyiladi. Ularni ionli bog'lanishli moddalar hosil qiladi. Bunga natriy xlorid kristali misol bo'lishi mumkin; ilgari aytib o'tilganidek, natriy xlorid kristalida har qaysi natriy ioni oltita xlorid-ion bilan, har qaysi xlorid-ion esa oltita natriy ionlari bilan qurshab olingan. Agar ionlar kristallda joylashgan sharlar sifatida tasavvur qilinsa, yuqoridagi kabi joylashish eng zich joylashishga muvofiq keladi (3.15- rasm). Ko'pincha kristall panjaralar 3.16- rasmda ko'rsatilganidek tasvirlanadi, unda zarrachalarning o'lchamlari emas, balki faqat o'zaro joylashuvi ko'rsatiladi.

**Kristallda yoki alohida molekulada ayni zarrachaga zich yaqinlashib kelgan qo'shni zarrachalar soni *koordinatsion son* deyiladi.**



**3.15-rasm.** NaCl ning ionli panjarasida ionlarning fazoviy joylashuvi (mayda sharlar — natriy ionlari).



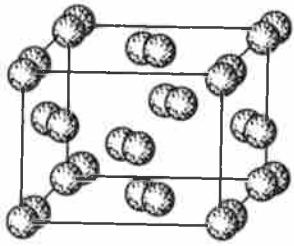
$\bullet Na^+ \circ Cl^-$

**3.16-rasm.** NaCl ning kristall panjarasi.

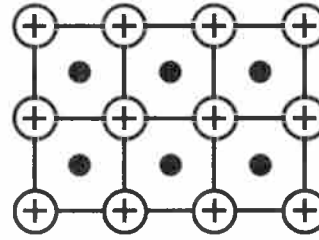
Natriy xloridning panjarasida ikkala ionlarning koordinatsion soni 6 ga teng. Shunday qilib, natriy xlorid kristalida tuzning alohida molekulalarini ajratib olib bo'lmaydi. Ular yo'q. Kristallning hammasini bir xil sondagi $Na^+$ va $Cl^-$ ionlaridan tarkib topgan ulkan makromolekula sifatida qarash kerak, $Na_n Cl_n$, bundan $n$ — katta son (3.15- rasmga q.). Bunday kristallda ionlar orasidagi bog'lanish juda puxta bo'ladi. Shu sababli ionli panjarali moddalar nisbatan juda qattiq bo'ladi. Ular qiyin suyuqlanadigan, kam uchuvchandir.

Ionli kristallarning suyuqlanishi ionlarning bir-biriga nisbatan geometrik to'g'ri joylashuvining buzilishiga va ular orasidagi bog'lanish puxtaligining kamayishiga olib keladi. Shuning uchun ularning suyuqlanmalari elektr tokini o'tkazadi. Ionli birikmalar, odatda, qutbli molekulalardan tarkib topgan suyuqliklarda, masalan, suvda oson eriydi.

Tugunlarida alohida atomlar bo'ladigan kristall panjaralar ***atomli panjaralar*** deyiladi. Bunday panjaralardan atomlar o'zaro puxta kovalent bog'lanishlar bilan birikkan bo'ladi. Bunga olmos — uglerodning modifikatsiyalaridan biri misol bo'la oladi. Olmos uglerod atomlaridan tarkib topgan bo'lib, ularning har biri qo'shni to'rtta atom bilan bog'langan. Olmosda uglerodning koordinatsion soni 4. Olmosning strukturasi 11.1- rasmda ko'rsatilgan. Natriy xloridning panjarasidagi kabi olmosning panjarasida ham molekulalar bo'lmaydi. Kristallning hammasini yirik molekula sifatida qarash kerak. Anorganik kimyoda atomli kristall panjarali ko'p moddalar ma'lum. Ularning suyuqlanish temperaturalari yuqori (olmosniki 350°C dan yuqori), mustahkam, qattiq, suyuqliklarda amalda erimaydi. Atomli kristall panjara qattiq bor,



**3.17-rasm.** Yodning kristall panjarasi.



**3.18-rasm.** Metall panjarani sxema tarzida tasvirlash.

kremniy, germaniy va ba'zi elementlarning uglerod va kremniy bilan hosil qilgan birikmalari uchun xosdir.

Molekulalardan (qutbli va qutbsiz) tarkib topgan kristall panjaralar ***molekular panjaralar*** deyiladi. Bunday panjaralarda molekulalar bir-biri bilan nisbatan bo'sh molekulalararo kuchlar vositasida birikkan bo'ladi. Shuning uchun molekular panjarali moddalarning qattiqligi kam va suyuqlanish temperaturalari past bo'ladi, suvda erimaydi yoki kam eriydi, ularning eritmalari elektr tokini deyarli o'tkazmaydi. Molekular panjarali anorganik moddalarning soni ko'p emas. Ularga muz, qattiq uglerod (IV) oksid („quruq muz"), qattiq vodorod galogenidlar, bir atomli (nodir gazlar), ikki ($F_2$, $Cl_2$, $Br_2$, $I_2$, $H_2$, $O_2$, $N_2$), uch ($O_3$), to'rt ($P_4$) va sakkiz ($S_8$) atomli molekulalardan hosil bo'lgan qattiq oddiy moddalar misol bo'ladi. Yodning molekular kristall panjarasi 3.17- rasmda ko'rsatilgan. Kristall organik birikmalarning ko'pchiligi molekular panjarali bo'ladi.

Qattiq holatda metallar ***metall*** kristall panjaralar hosil qiladi. Ular, odatda, valent elektronlar, ya'ni manfiy zaryadlangan „elektron gaz" bilan yagona bo'lib bog'langan metall kationlarning birikmasi sifatida tasavvur qilinadi. Elektronlar kationlarni elektrostatik tortib, panjaraning barqarorligini ta'minlaydi. 3.18-rasmda metall panjaraning sxematik tasviri ko'rsatilgan (erkin elektronlar nuqtalar bilan ko'rsatilgan). Uni kristall panjaralarning boshqa turlari bilan taqqoslang.

## 3.8- §. Struktura formulalar

Birikmalarning tarkibi kimyoviy formulalar: empirik, elektron va struktura formulalar ko'rinishida tasvirlanadi. Misol tariqasida vodorod, suv, ammiak va metan molekulalarining tegishli formulalarini yozamiz:

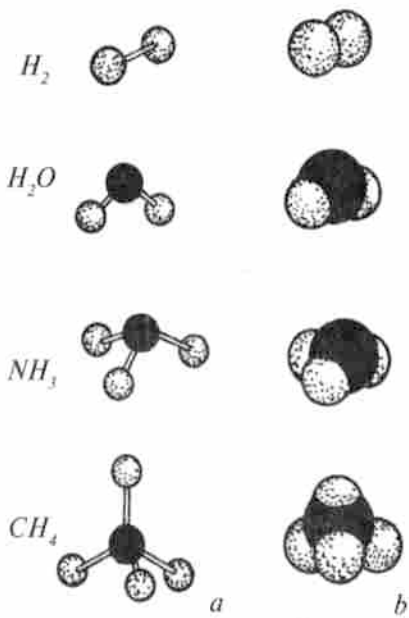
Empirik formulalar: $H_2$ $H_2O$ $NH_3$ $CH_4$

Elektron formulalar: H : H H : Ö : H H : N : H (H) H : C : H (H)

Struktura formulalar: H – H H – O – H H – N – H (H) H – C – H (H)

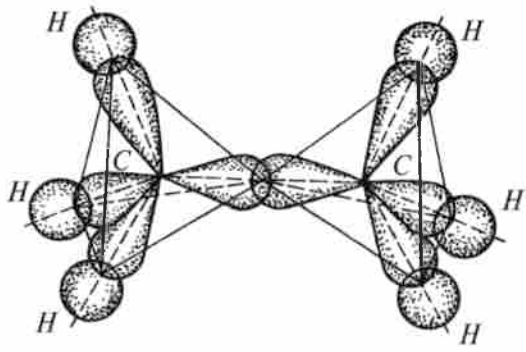
*Empirik* yoki *molekular* formulalar molekulalarning faqat miqdoriy va sifat tarkibini, ya'ni birikmalardagi atomlarning turi va sonini ko'rsatadi.

*Elektron formulalar* elementlarning simvollaridan tarkib topgan bo'lib, ularning atrofida tashqi pog'onadagi elektronlar, atomlar orasiga esa — bog'lovchi elektron juftlar nuqtalar sifatida qo'yiladi. Bu formulalar molekulada atomlarning birikish tartibini, shuningdek, kimyoviy bog'lanish tabiatini va molekulalarning atomlardan hosil bo'lish mexanizmini ko'rsatadi, shu sababli birikmalarning turli reaksiyalardagi o'zgarishlarini tushuntirish uchun ko'p qo'llaniladi. Elektron formulalarda atomlar orasidagi ikki nuqta elektron bulutlarning bir-birini qoplash joyini, demak, bog'lovchi elektron bulutning eng zich joyini ham ko'rsatadi.




**3.19-rasm.** Molekulalarning modellari:
*a*—shar-sterjenli; *b*— masshtabli.

*Strukturaviy elektron formulalar,* boshqacha aytganda *tuzilish formulalari* — bular har qaysi bog'lovchi elektronlar jufti chiziqcha (shtrix)bilan tasvirlangan formulalardir. Ular ham elektron formulalar kabi molekulada atomlarning birikish tartibini, ularning bir-biri bilan o'zaro bog'liqligini ko'rsatadi. Soddalashtirish maqsadida struktura formulalarni qisqartirilgan, faqat zanjirni hosil




**3.20-rasm.** Etan molekulasi.

qiluvchi atomlar orasidagi bog'lanish ko'rsatilgan holda tasvirlash qabul qilingan. Masalan, etan $CH_3—CH_3$, etilen $CH_2=CH_2$, asetilen $CH\equiv CH$, butan $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$. Struktura formulasi molekulalardagi atomlarning fazoviy joylashuvini aks ettirmaydi, bu joylashuv, odatda, ancha murakkab bo'ladi. Uni shar-sterjenli va masshtabli modellar (3.19- rasm) yordamida ko'rsatish mumkin. Shar-sterjenli modellarda atomlar bir-biri bilan valent bog'lanishlarni ko'rsatuvchi sterjenlar yordamida biriktiriladi, masshtabli modellarda plastilin sharchalar bir-biriga bosib joylashtiriladi, bu bilan molekula bo'shlig'ining to'lganligi ko'rsatiladi. Ikkala model ham molekulaning shaklini yaqqol ko'rsatadi. Uglerod to'rtga bir xil vodorod atomlari bilan birikkan metan molekulasining modelini tetraedr (to'g'ri to'rtyoqlik) ko'rinishida tasavvur etish mumkin: uning markazida uglerod atomi, uchlarida esa vodorod atomlari turadi (3.11- rasm). Shunday qilib, uglerodning to'rtta valentligi fazoda tetraedrning to'rtta uchiga qarab yo'nalgan. Bu yo'nalishlar uglerod zanjirlari hosil bo'lishida ham saqlanib qoladi. Etanning molekulasini uchlari bilan birikkan ikkita tetraedrdan iborat shakl sifatida tasavvur etish mumkin (3.20-rasm) va h.k.

Kimyoda, odatda atomlar fazoviy joylashganligini eslatilgani holda struktura formulalardan foydalaniladi. Bu formulalar faqat kovalent bog'lanishli, molekular kristall panjarali birikmalar uchungina qo'llaniladi. Organik birikmalarning juda ko'pchiligi, ko'pgina kislota va ba'zi metallmaslarning oksidlari molekular kristall panjarali bo'ladi.

## 3.9- §. Oksidlanish darajasi

Oksidlanish darajasi kimyoning asosiy tushunchalari qatoriga kiradi. U atomning birikmadagi holatini tavsiflash uchun kiritilgan.

Bu tushunchani ta'riflashda birikmada bog'lovchi (valent) elektronlar elektrmanfiyroq atomlarga o'tadi, shu sababli birikma faqat musbat va manfiy zaryadlangan ionlardan tarkib topadi, deb shartli ravishda taxmin qilingan. Haqiqatda esa ko'pchilik hollarda elektronlar batamom berilmaydi, balki elektronlar jufti yoki aniqrog'i, bog'lovchi elektron bulut bir atomdan ikkinchi atomga tomon siljiydi, xolos.

***Oksidlanish darajasi*** **— bu birikmadagi atomning birikma faqat ionlardan tarkib topgan, degan taxmin asosida hisoblab topilgan shartli zaryadidir.**

Bu tushunchani boshqacha ta'riflash ham mumkin: ***oksidlanish darajasi*** *— bu atomning birikmadagi boshqa atomlar bilan bog'lanishida ishtirok etgan elektronlar jufti elektrmanfiyroq atomlarga o'tgandagi, bu xil atomlarga tegishli elektron juftlar esa ular orasida bo'linganda atomda paydo bo'ladigan elektr zaryadidir.*

Keltirilgan ta'riflardan oksidlanish darajasi elektr zaryadining qiymatini (elektron zaryadi birliklarida) ifodalaydi va molekula yoki iondagi har qaysi bog'lanish elektronlarining elektrmanfiyroq atomlarga taalluqli ekanligi haqidagi taxminga asoslanadi, degan xulosa kelib chiqadi.

Oksidlanish darajasi manfiy, musbat va nol qiymatga ega bo'lishi mumkin, u odatda + yoki − ishorali arab raqamlari bilan ifodalanadi va element simvolining tepasiga qo'yiladi. Masalan,

$$Na^{+1},\ O^{-2},\ Cl_2^0.$$

Boshqa atomlardan elektronlar olgan, ya'ni bog'lovchi elektron bulut o'zi tomonga siljigan atomlar oksidlanish darajasining qiymati manfiy bo'ladi. Ftor atomi barcha birikmalarida manfiy oksidlanish darajasi (−1) ga ega bo'ladi. O'zining elektronlarini boshqa atomlarga beradigan, ya'ni bog'lovchi elektron bulut o'zidan nariga siljigan atomlar oksidlanish darajasining qiymati musbat bo'ladi. Bundaylarga birikmalardagi metallar kiradi. Ishqoriy metallarning oksidlanish darajasi +1, ishqoriy-yer metallarniki +2.

Oddiy moddalarning, masalan, vodorod, xlor, azotning molekulalaridagi atomlarning oksidlanish darajasi nol qiymatga ega bo'ladi, chunki bunda elektron bulut ikkala atomga bir xil darajada taalluqli bo'ladi. Agar modda atom holatida bo'lsa, uning atomlarining oksidlanish darajasi ham nolga teng.

Oksidlanish darajasi kasr son bo'lishi ham mumkin. Masalan, magnitli temirtosh $Fe_3O_4$ dagi temirning oksidlanish darajasi +8/3 ga teng.*

Bir atomli ionlarda oksidlanish darajasi ionning zaryadiga teng: $K^+$ ioni uchun +1, $Ba^{2+}$ ioni uchun +2, $S^{2-}$ ioni uchun −2 va h.k.

Birikmalarning ko'pchiligida vodorod atomlarining oksidlanish darajasi +1 bo'ladi, faqat metallarning gidridlarida, masalan, NaH, $CaH_2$ da u −1 ga teng. Kislorodning oksidlanish darajasi ko'pchilik birikmalarda −2 bo'ladi, lekin masalan, ftor bilan birikmasi $F_2O$ da +2, peroksidlarda esa −1.

Bu ma'lumotlardan foydalanib, murakkab birikmalardagi atomlarning oksidlanish darajasini hisoblab topish mumkin; bunda

**birikmadagi atomlar oksidlanish darajalarining algebraik yig'indisi doimo nolga, murakkab ionda esa ionning zaryadiga tengligini e'tiborga olish lozim.**

Misol sifatida fosfat kislota $H_3PO_4$ dagi fosforning oksidlanish darajasini hisoblab topishni ko'rib chiqamiz. Birikmalardagi barcha atomlar oksidlanish darajalarining yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak. Shu sababli fosforning oksidlanish darajasi $x$ orqali belgilab hamda bizga ma'lum bo'lgan vodorodning oksidlanish darajasi (+1) bilan kislorodning oksidlanish darajasi (−2) ni ularning birikmadagi atomlari soniga ko'paytirib, tenglama tuzamiz:

$$(+1)\cdot 3+x+(-2)\cdot 4=0, \quad \text{bunda } x=+5$$

Xromning $Cr_2O_7^{2-}$ iondagi oksidlanish darajasini topish talab qilinadi, deb faraz qilaylik. Iondagi barcha atomlar oksidlanish darajalarining yig'indisi ionning zaryadiga teng bo'lishi kerak. U holda $2x + (-2)\times 7 = -2$, bundan $2x = +12$, $x = +6$.

Ko'pchilik atomlarning (va demak, elementlarning ham) oksidlanish darajalarining qiymati bir necha bo'ladi. Misol tariqasida davriy sistemaning VII gruppasidagi elementlarni — xlor bilan marganesni keltirish mumkin. Xlorid kislotada xlorning oksidlanish darajasi −1 ga teng, erkin holda $Cl_2$ molekulasida nolga teng; gipoxlorit HClO, xlorit $HClO_2$, xlorat $HClO_3$ perxlorat $HClO_4$ kislotalarda tegishlicha +1, +3, +5 va +7 ga teng. MnO, $Mn_2O_3$, $MnO_2$, $Mn_3O_4$, $K_2MnO_4$, $KMnO_4$ birikmalarda marganesning

---

* $Fe_3O_4$ qo'shaloq oksid ekanligi tufayli $FeO\cdot Fe_2O_3$ larda temir birida +2, ikkinchisida +3 ekanligi to'g'riroq.

oksidlanish darajasi tegishlicha +2, +3, +4, +8/3, +6 va +7 ga teng. VII gruppa elementlarining atomlarida eng yuqori musbat oksidlanish darajasi +7 ga teng.

VI gruppa elementlari, masalan, oltingugurt atomlarining birikmalaridagi o'ziga xos bo'lgan oksidlanish darajalari −2, +4, +6. Bu elementning eng yuqori oksidlanish darajasi +6 ga teng.

V gruppada azot $HNO_3$, $NO_2$, $HNO_2$, NO, $N_2O$, $NH_3$ birikmalarda tegishlicha +5, +4, +3, +2, +1, −3 ga teng oksidlanish darajalarini namoyon qiladi. Uning yuqori oksidlanish darajasi +5 ga teng.

IV gruppadagi elementlarning birikmalarida eng yuqori oksidlanish darajasi + 4 ga teng. III gruppa elementlarida +3, II gruppa elementlarida +2, ishqoriy metallarda esa +1 ga teng.

Oksidlanish darajasini bilgan holda binar birikmalarning formulalari tuziladi. Masalan, kremniy nitridning formulasini yozish uchun azotning nisbiy elektrmanfiyligi kremniynikidan katta ekanligini 2.2- jadvaldan aniqlaymiz. Azotga tomon siljiydigan elektronlar soni 4 ga teng va kremniyning oksidlanish darajasi +4. Azot atomiga tomon 3 elektron siljishi mumkin (uning *p*-orbitallarida 3 ta juftlashmagan elektronlar bor). Bunda azotning oksidlanish darajasi −3 ga teng, $Si^{+4}$ va $N^{-3}$ birikmasining formulasi $Si_3N_4$ bo'ladi.

Bog'lanish hosil qilishda atomning barcha valent elektronlari ishtirok etganida atom *yuqori musbat oksidlanish darajasini* namoyon qiladi. Son jihatdan u davriy sistema gruppasining tartib raqamiga teng va elementning birikmalaridagi muhim miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi. Elementning birikmalarida uchraydigan eng kichik oksidlanish daraja qiymati *quyi oksidlanish darajasi* deyiladi. Elementning qolgan barcha oksidlanish darajalari *o'rtacha* yoki *oraliq* oksidlanish darajalari deyiladi. Masalan, oltingugurt atomida (elementida) eng yuqori oksidlanish darajasi +6 ga teng, quyisi −2, oraliq oksidlanish darajasi +4.

Elementlar oksidlanish darajalarining davriy sistemaning gruppalari bo'yicha o'zgarishi tartib raqami ortishi bilan elementlar kimyoviy xossalarining davriy o'zgarishini aks ettiradi.

Shu o'rinda 1—4 davr elementlari birikmalarida kuzatiladigan oksidlanish darajalarining barcha qiymatlarini aks ettiradigan rasmni keltirish lozim.

Oksidlanish darajasini turli moddalarni klassifikatsiyalashda, ularning xossalarini bayon qilishda va oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini ko'rib

chiqishda tatbiq etish, ayniqsa qulaydir. Buni bir necha misollarda ko'rsatib o'tamiz, $HPO_3(+5)$,$H_3PO_4(+5)$, $H_4P_2O_2(+5)$, $H_3PO_3(+3)$ kislotalarda fosforning oksidlanish darajasini aniqlab, dastlabki uchta kislota bir-biriga o'xshash birikmalar, degan xulosaga kelish mumkin, chunki ularda fosforning oksidlanish darajasi bir xil va +5 ga teng hamda xossalari jihatdan fosfit kislota $H_3PO_3$ dan farq qiladi, bu kislotada fosforning oksidlanish darajasi +3 ga teng.

Ikkinchi misol — $SO_2$ ning $SO_3$ ga va $HSO_3^-$ ning $HSO_4^-$ ga qadar oksidlanishi. Ikkala holda ham oltingugurtning oksidlanish darajasi +4 dan +6 ga qadar o'zgaradi, ya'ni o'sha oksidlanish jarayonining o'zi sodir bo'ladi.

Elementning birikmadagi oksidlanish darajasini bilgan holda bu birikma oksidlanish yoki qaytarilish xossalarini namoyon qilishini oldindan aytish mumkin. Masalan, sulfat kislota $H_2SO_4$ da oltingugurt eng yuqori oksidlanish darajasida (+6) bo'ladi va demak, boshqa elektronlar bera olmaydi, shu sababli sulfat kislota faqat oksidlovchi bo'lishi mumkin. Vodorod sulfid $H_2S$ da oltingugurt, aksincha, quyi oksidlanish darajasi (−2)ga ega va boshqa elektronlar qabul qila (oktet hosil qila) olmaydi, shu sababli vodorod sulfid faqat qaytaruvchi bo'lishi mumkin. Lekin sulfit kislota $H_2SO_3$ (unda oltingugurt oraliq oksidlanish darajasi +4 ga ega va elektronlar berishi ham, biriktirib olishi ham mumkin) sharoitga qarab oksidlash xossalarini ham, qaytarish xossalarini ham namoyon qilishi mumkin. Oltingugurtning analoglari — selen va tellurning bir ti pdagi birikmalari haqida ham shunday xulosa chiqarish mumkin. Selen va tellur atomlari yuqori oksidlanish darajalarida oksidlanish darajasi +4 va ayniqsa −2 bo'lgan atomlardan keskin farqlanadi. Bu gap davriy sistemaning boshqa gruppachalaridagi elementlarga ham taalluqlidir.

Oksidlanish darajasi tushunchasi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini o'rganishda (7- bobga q.) ayniqsa keng qo'llaniladi.

## 3.10- §. Kimyoviy bog'lanish hamda valentlik

Atomning (elementning) *valentligi* ham kimyoning asosiy tushunchalari qatoriga kiradi. U elementlar atomlarining kimyoviy bog'lanishlar hosil qilish xususiyatlarini aks ettiradi. Ilgari bu kattalik ayni elementning bitta atomi birikadigan bir valentli elementning atomlar soni sifatida aniqlanar edi. Masalan, xlorid kislota HCl da xlor bir valentli, suv $H_2O$ da kislorod ikki valentli, ammiak $NH_3$ da azot uch valentli, metan $CH_4$ da uglerod to'rt valentli, $PCl_5$ da fosfor besh valentli, $SF_6$ da oltingugurt olti valentli, $ReF_7$ da reniy yetti valentli, $XeO_4$ da ksenon sakkiz valentli.

Valentlik va struktura formulalarining fizik ma'nosini tushunishga atomlarning tuzilishi va kimyoviy bog'lanish haqidagi ta'limot

yordam berdi. Elementlarning atomlari elektronlar berish, biriktirib olish yoki umumiy elektron juftlar hosil qilish xususiyatiga ega. Atomlar orasida kimyoviy bog'lanish hosil bo'lishida ishtirok etadigan elektronlar *valent* elektronlar deyiladi. Bular eng bo'sh bog'langan elektronlardir.

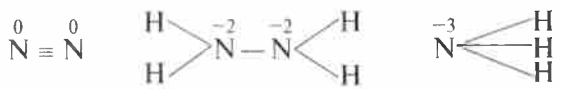
Kimyoviy elementlarda atomdagi valent elektronlarning umumiy soni, odatda, D.I. Mendeleyev elementlar davriy sistemasining gruppa nomeriga teng bo'ladi. Masalan, oltingugurt atomida (VI gruppa elementi) hammasi bo'lib 16 elektron bor, ulardan 6 tasigina valent elektronlardir.

Valent elektronlarga, avvalo tashqi tugallanmagan pog'onalardagi elektronlar kiradi. Lekin tashqaridagi ikkinchi pog'onaning (masalan, *d*- elementlar elektronlari), shuningdek, tashqaridan uchinchi pog'onaning (masalan, *f*- elementlarida) elementlari ham valent elektronlar bo'lishi mumkin.

Kimyoviy bog'lanish haqidagi ta'limot rivojlanishi bilan valentlik haqidagi tushunchalarning o'zi ham o'zgaradi. Hozirgi vaqtda ***valentlik*** **berilgan atom boshqa atomlar bilan birikkan kimyoviy bog'lanishlar soni sifatida aniqlanadi.**

Atom hosil qila oladigan bog'lanishlar soni uning juftlashmagan elektronlari soniga teng. Eng oddiy hollarda element atomining valentligi ham unda umumiy elektronlar jufti hosil qilishga ketadigan juftlashmagan elektronlar soni bilan aniqlanadi. Bunda hosil bo'lgan bog'lanishlarning qutbliligi e'tiborga olinmaydi, shu sababli valentlikning ishorasi bo'lmaydi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, bog'lanishlar soni sifatida aniqlanadigan valentlik, manfiy bo'lishi ham, nolga teng bo'lishi ham mumkin emas.

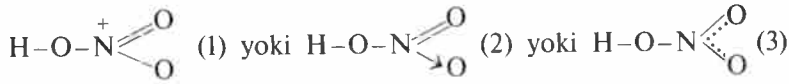
Bu holatni azot $N_2$, gidrazin $N_2H_4$, ammiak $NH_3$, ammoniy ioni $NH_4^+$ va nitrat kislota $HNO_3$ misollarida ko'rib chiqamiz. Azot atomida elektronlarning kvant katakchalar bo'yicha taqsimlash sxemasi 2.7- § da berilgan. Undan osongina shunday xulosa chiqarish mumkinki, azotning uchta juftlashmagan elektroni bo'lgani sababli u uchta kimyoviy bog'lanish hosil qilishi mumkin va uning valentligi uchga teng. Kovalent bog'lanishning har qaysi elektron juftini chiziqcha bilan belgilab, struktura formulalarni olamiz:



Bu birikmalarning hammasida azot uch valentli. Lekin azotning oksidlanish darajasi turlicha va mos ravishda 0, −2, −3 ga teng

(simvollar ustidagi raqamlar). Ammoniy ioni $NH_4^+$ da azot to'rt valentli (to'rtta bog'lanishi bor, 3.1- § ga q.), lekin oksidlanish darajasi $-3$ ga teng. $NH_3$ molekulasiga proton biriktirib olinganda azotning valentligi 3 dan 4 ga qadar ortadi, lekin oksidlanish darajasi o'zgarmay qoladi.

Nitrat kislota molekulasida ham azotning valentligi to'rtga teng. Hozirgi vaqtda nitrat kislotaning struktura formulasi quyidagicha tasvirlanadi:



(1) yoki (2) yoki (3)

Bunda kislorodning faqat azot bilan bog'langan ikkala atomi teng qimmatli ekanligi nazarda tutiladi; ular azot atomidan bir xil masofada turadi va har qaysisining zaryadi elektronning yarimta zaryadiga teng, ya'ni azotning to'rtinchi bog'lanishi kislorodning ikkita atomi orasida teng taqsimlangan. Bunda molekuladagi atomlar tashqi pog'onalarining elektron konfiguratsiyasi barqaror bo'ladi: kislorod bilan azotda sakkiz elektronli, vodorodda esa ikki elektronli pog'onaga aylanadi.

Nitrat kislotaning elektron strukturasini birin-ketin shunday keltirib chiqarish mumkin.

1. Vodorod atomi kislorod atomi bilan kovalent bog'lanish orqali bog'lanadi:



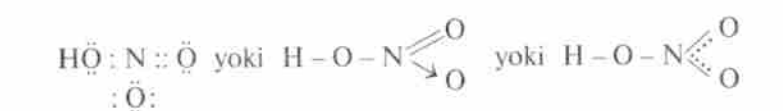
2. Kislorod atomi juftlashmagan elektroni hisobiga azot atomi bilan kovalent bog'lanish hosil qiladi:



3. Azot atomining ikkita juftlashmagan elektroni kislorodning ikkinchi atomi bilan kovalent bog'lanish hosil qiladi:



4. Kislorodning uchinchi atomi qo'zg'algan holatga kelib, juftlashmagan elektronlarining juftlashishi yo'li bilan (qo'zg'algan holatda shunday juftlashuv bo'lishi mumkin) erkin $2p$-orbital hosil qiladi. Azotning bo'linmagan jufti uchinchi kislorod atomining erkin orbitali bilan o'zaro ta'sirlashib, nitrat kislota molekulasini hosil qiladi:

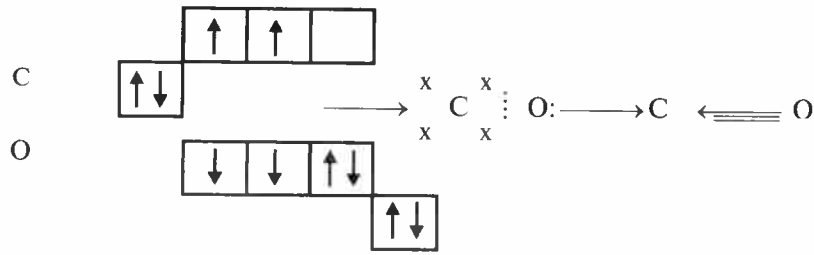


yoki yoki

Nitrat kislotada azot atomi 2-*s* pog'onachadan bitta elektronini kislorod atomlaridan biriga berishi mumkin va bunda uning to'rtta juftlashmagan elektroni bo'ladi, ya'ni $N^+$ holida (birinchi formula) to'rt valentli bo'lib qoladi.

*Azot besh valentli bo'la olmaydi.* Valentlikning atomning tashqi pog'onasida mumkin bo'lgan orbitallari (kvant katakchalari) soniga teng qiymati uning eng yuqori chegarasi hisoblanadi. Azot joylashgan 2-davr elementlari atomlarining tashqi pog'onasida to'rtta orbital bor: bitta *s*- va uchta *p*- orbital. Demak, kovalent bog'lanishlarning (shu jumladan, donor-akseptorli mexanizm bo'yicha hosil bo'lganlarining ham) maksimal soni 4. Davr tartib raqami ortishi bilan hosil qilinadigan bog'lanishlar soni ko'payadi, ya'ni elementlarning valentligi kattalashadi. Lekin azotning nitrat kislotadagi oksidlanish darajasi +5 ga teng.

Atomlarning valentligini aniqlashga yana bitta misol ko'rib chiqamiz. CO molekulasida kimyoviy bog'lanish juda puxta (1071 kJ/mol), uglerod (II) oksidning fizik xossalari esa azotning xossalariga yaqin. Bu hol CO molekulasida uchlamchi bog'lanish hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi:




Bu sxemadan ko'rinib turibdiki, uglerod va kislorod atomlarining ikkita juftlashmagan elektronlari hisoblangan ikkita kovalent bog'lanish vujudga keladi. Uchinchi bog'lanish kislorod atomining (donorning) bo'linmagan elektron jufti bilan uglerod atomining (akseptorning) erkin orbitali (sxemada uglerodning elektronlari krestchalar bilan tasvirlangan) hisobiga donor-akseptorli mexanizm bo'yicha paydo bo'ladi. Shunday qilib, uglerod (II) oksidda uglerod bilan kislorodning valentligi 3 ga teng, oksidlanish darajalari esa uglerodniki +2, kislorodniki −2.

Bu ikkala tushunchani o'zaro taqqoslab ko'ramiz. Oksidlanish darajasi — shartli, rasmiy tushuncha. Masalan, vodorod xloridda xlorning effektiv zaryadi −0,18 ga, natriy xloridda esa — 0,87 ga teng, lekin xlorning oksidlanish darajasi — 1 ga teng (faqat biriktirib olingan va berilgan elektronlar soni e'tiborga olinadi).

Bundan tashqari, moddalarning ko‘pchiligi ionlardan tarkib topmagan (oksidlanish darajasining ta’rifiga q.).

Ko‘pchilik hollarda element atomining oksidlanish darajasi u hosil qiladigan bog‘lanishlar soniga mos kelmaydi, ya’ni shu elementning valentligiga teng emas. Bu, ayniqsa, organik birikmalarda uglerodning valentligi 4 ga teng (to‘rtta bog‘lanish hosil qiladi), lekin uglerodning oksidlanish darajasi metan $CH_4$ da $-4$, metanol $CH_3OH$ da $-2$, formaldegid $CH_2O$ da $-0$, chumoli kislota HCOOH da $+2$, $CO_2$ da $+4$. Buni oson hisoblab topish mumkin.

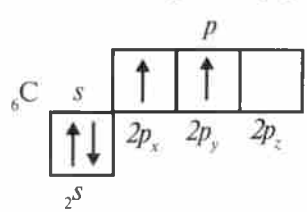
Valentlik kovalent kimyoviy bog‘lanishlar, shu jumladan, donor-akseptorli mexanizm bo‘yicha vujudga kelgan bog‘lanishlar soni bilan o‘lchanadi. Kovalent bog‘lanish bo‘lmaydigan birikmalarda atomlarning valentligi haqida gap yuritib bo‘lmaydi, bunda oksidlanish darajasi haqida gapirish kerak. Anorganik kimyoda ko‘pchilik hollarda atomning valentligi muayyanligini yo‘qotadi: uning son qiymati birikmaning kimyoviy tuzilishini bilishga bog‘liq bo‘ladi.

*Ko‘pchilik anorganik birikmalarning formulalariga qarab elementlarning valentligi haqida emas, balki ularning oksidlanish darajasi haqidagina fikr yuritish mumkin.* Shu sababli anorganik kimyoda oksidlanish darajasi tushunchasini, organik kimyoda esa — valentlik tushunchasini qo‘llagan ma’qul (valentlik — A.M. Butlerovning organik birikmalar tuzilish nazariyasining asosiy tushunchasidir). Bunga sabab shuki, ko‘pchilik anorganik birikmalar nomolekular tuzilgan, organik birikmalarning ko‘pchiligi esa molekular tuzilgan. Bu ikki tushunchani hatto ular son jihatdan bir-biriga mos kelganda ham aynan bir tushuncha deb bo‘lmaydi.

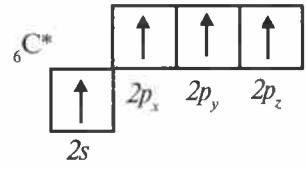
## 3.11- §. Namunaviy masalalar yechish. Valentlik va oksidlanish darajasi

**1- masala.** Nima uchun uglerod ko‘pchilik birikmalarida to‘rt valentli bo‘ladi?

*Yechish.* Uglerodning qo‘zg‘almagan atomida tashqi pog‘onasidagi elektronlar orbitallar bo‘yicha quyidagicha taqsimlanadi:



Bu sxemaga ko'ra uglerod 2 valentli, chunki eng oddiy holda valentlik juftlashmagan elektronlar soni bilan aniqlanadi. Lekin uglerod atomida bitta bo'sh $2p$-orbital bor va nisbatan oz energiya sarflanganda bitta $2s$-elektron $2p$-holatiga o'tadi, natijada juftlashmagan elektronlarning umumiy soni to'rtga yetadi:




Elektronning $2s$- dan $2p$- ga o'tishi uchun sarflangan energiyani ikkita qo'shimcha bog'lanish vujudga kelishida chiqadigan energiya ortig'i bilan qoplaydi.

**2- masala**. Quyidagi molekular va iondagi azotning oksidlanish darajasini aniqlang: a) $N_2O_4$, b) $(NH_4)_2CO_3$, d) $NO_2^-$.

*Yechish.* a) Azotning oksidlanish darajasi $x$, kislorodniki $-2$. Molekulaning neytralligiga asoslanib tenglama tuzamiz:

$$2x+4(-2)=0,$$

bundan $x=+4$, ya'ni $N_2O_4$ da azotning oksidlanish darajasi $+4$ ga teng.

b) Karbonatlarda (karbonat kislota $H_2CO_3$ ning tuzlarida) vodorodning oksidlanish darajasi $+1$, kislorodniki $-2$, uglerodniki $+4$, azotniki $x$ ga teng. Tenglama tuzamiz:

$$2x+2\cdot(+1)+(+4)+3(-2)=0,$$

bundan $x=-3$, ya'ni $(NH_4)_2CO_3$ da azotning oksidlanish darajasi $-3$ ga teng.

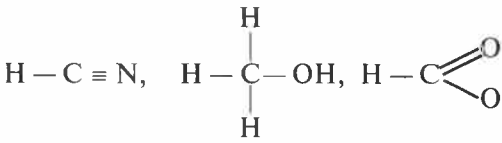
d) Kislorod bilan azotning oksidlanish darajalari tegishlicha $-2$ va $x$ ga teng. $NO_2$ ionning zaryadi $-1$ ga tengligini e'tiborga olib, tenglama tuzamiz:

$$x+2(-2)=-1.$$

Bundan $x=+3$, ya'ni $NO_2$ ionda azotning oksidlanish darajasi $+3$ ga teng.

**3- masala.** HCN, $CH_3OH$, HCOH birikmalarda uglerodning valentligini va oksidlanish darajasini aniqlang.

*Yechish.* Bu birikmalarning struktura formulalaridan


larda uglerod to'rt valentli, degan xulosaga kelamiz, uning oksidlanish darajasi esa quyidagiga teng bo'ladi:

HCN da : $1+x+(-3)=0$, $x = +2$;

$CH_3OH$ da : $x+3(+1)+(-2)+1=0$, $x = -2$;

HCOH da : $1+x+(-2)+1=0$, $x=0$

## Kimyoviy bog'lanish

**1-masala.** Quyidagi birikmalar qatorida birikmalarning barqarorligi qanday o'zgarishini aniqlang: HF, HCl, HBr, HI.

*Yechish*. Bu ikki atomli molekulalarda bog'lanish puxtaligi bog'lanishning uzunligiga bog'liq. Ftordan yodga o'tilganda atom radiusi kattalashganligi sababli bu yo'nalishda H—galogen bog'lanish uzunligi ham ortadi, ya'ni birikmalarning barqarorligi ftordan yodga o'tganda kamayadi.

**2- masala.** Oltingugurt kaliy, vodorod, brom va uglerod bilan kimyoviy bog'lanish hosil qiladi. Bu bog'lanishlardan qaysi birining qutbliligi eng ko'p va qaysi biriniki eng kam? Bog'lanishning elektron buluti qaysi atom tomonga siljishini ko'rsating.

*Yechish*. Atomlarning nisbiy elektrmanfiyliklari qiymatidan (2.2- jadvalga q.) foydalanib, oltingugurtning nisbiy elektrmanfiyligi u bilan kimyoviy bog'lanish hosil qiladigan atomlarning nisbiy elektrmanfiyliklaridan qancha farq qilishini ($\Delta x$ qiymatini) topamiz:

$\Delta x_{S-K}=2,5-0,8=1,7$ oltingugurt atomidan S tomoniga siljiydi;

$\Delta x_{S-H}=2,5-2,1=0,4$ vodorod atomidan S tomoniga siljiydi;

$\Delta x_{S-Br}=2,8-2,5=0,3$ oltingugurt atomidan Br tomoniga siljiydi;

$\Delta x_{S-C}=2,5-2,5=0$ ikkala elementning nisbiy elektrmanfiyligi bir xil, siljish kuzatilmaydi.

$\Delta x$ ning absolut qiymati qancha katta bo'lsa, bog'lanish shuncha qutbli bo'ladi.

## 3-BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**3.1.** Molekulasida qaysi turdagi kimyoviy bog'lanish bo'lgan moddalarning suyuqlanish temperaturasi nisbatan past bo'lib, ular elektr tokini o'tkazmaydi va suvda yomon erish xususiyatiga ega bo'ladi?

A) ionli; B) kovalent; C) qutbli kovalent; D)donor-akseptor; E) metallik.

*Yechish.* Test shartida sanab o'tilgan xususiyatga ega bo'lgan moddalar tarkibidagi molekulalar qutbsiz, ulardagi molekulalararo ta'sirlashuv juda zaif, ion holiga o'tmaydigan molekulalardan tashkil topgan bo'lishi kerak. Bunday moddalardan tashkil topgan kristall panjaralar tugunlarida molekulalar joylashgan bo'ladi (3.7-§ ga qarang).

*Javob:* **B** bo'ladi.

**3.2.** Quyida keltirilgan molekulalarning qaysi birida kimyoviy bog'ning puxtaligi kattaroq bo'ladi?

A) ftor; B)vodorod; C) kislorod; D) azot; E) yod.

*Yechish.* Molekulalarni hosil qilish natijasida atomlar orasidagi bog'ning energiyasi (bog'ning puxtaligi) atomlar oralig'idagi masofaga teskari proporsional, bog'lar ($\sigma$- va $\pi$- turdagi) soniga esa to'g'ri proporsional bo'ladi (3.2- § ga qarang). A,B va E javoblardagi molekulalarni hosil qilishda yakka bog' qatnashadi. Ularning puxtaligi $H_2F_2$ va $I_2$ qatorida kamaya boradi (ulardagi atomlar radiusi ortib boradi, ya'ni atomlar orasidagi masofa ham shu tartibda ortadi). Testning **C** va **D** javoblaridagi kislorod molekulasida qo'shbog', azot molekulasida esa uchbog' mavjud. Shu ketma-ketlikda bog' puxtaligi ortib boradi. Xulosa qilib aytganda, keltirilgan ikki atomli molekulalar orasida azot molekulasi eng puxta bog'ga ega bo'ladi.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**3.3.** Quyidagi keltirilgan molekulalar orasidan qutbli xossaga ega bo'lganlarini tanlang.

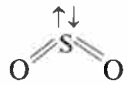
1) ammiak; 2) uglerod (IV) oksid; 3) suv; 4) uglerod (IV) sulfid; 5) fosfin; 6) oltingugurt (VI) oksid; 7) oltingugurt (IV) oksid; 8) kremniy (IV) oksid.

A) 1, 3,5, 7; B) 1, 2, 3, 4; C) 2, 3, 4, 6; D) 1, 4, 5, 8; E) 2, 4, 5, 7.

*Yechish.* Kimyoviy bog'larning qutbli bo'lishi uchun eng muhim shart — bog'lovchi atomlarning nisbiy elektrmanfiyliklari farq qilishi kerak. Ikkinchi shart — elektrmanfiyligi kichik bo'lgan atomdan shu xususiyati katta bo'lgan atomga yo'nalgan dipol moment vektori (3.4- § ga qarang) shu molekuladagi qo'shni bog'lar vektori bilan qo'shilishi natijasida olingan natija katta bo'lishi kerak.

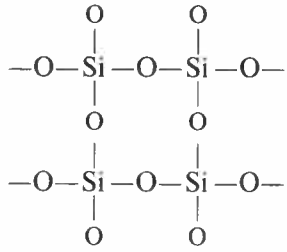
Masalan, $CO_2$ molekulasida (uning fazoviy tuzilishi O=C=O bo'lib) ayrim bog'lar vektorlari uzunligi bir xil bo'lgani va ularning

yo‘nalishi qarama-qarshi tomon bo‘lishi tufayli ikkala tomonga yo‘nalish vektorining yig‘indisi nolga teng bo‘ladi, ya’ni har bir bog‘ qutbli bo‘lganiga qaramasdan dipol moment vektorlari bir-birini so‘ndiradi. Atomlari soni $CO_2$ nikiga bir xil bo‘lgan $SO_2$ molekulasida ham vektorlar uzunligi bir xil, lekin ularning yo‘nalishi orasidagi burchak 180° emas, uning qiymati 120° ga teng bo‘ladi, vektorlar yig‘indisi noldan katta. Molekuladagi bog‘lar orasidagi burchak hosil bo‘lishi oltingugurt atomidagi taqsimlanmagan elektron jufti ta’sirida yuzaga kelib chiqadi:



Shunday bog‘larning soni ortib borganda simmetriya yuqorilashishi natijasida dipol moment vektorlari uzunligi bir xil bo‘lganda tetraedr tuzilishi sistemaning vektorlar yig‘indisi nolga teng bo‘lib qoladi.

$SiO_2$ molekulasida kislorod atomlari qo‘shni Si atomlarini bog‘lashda qatnashadi:



Bu chizmada kremniy tetraedr markazida, kislorod atomlari esa tetraedr cho‘qqilarida joylashgan.

Testda keltirilgan molekulalardan qutbli bo‘lganlari quyidagilardir (shartdagi tartib raqam saqlangan holda):

1) ammiak (uch burchakli piramidal tuzilishiga ega);

3) suv (burchakli molekula, ikki bog‘ orasidagi burchak 104,5° ga teng);

5) fosfin (ammiak tuzilishiga o‘xshash);

7) oltingugurt (IV) oksid yuqorida tahlil etildi.

*Javob* : **A** bo‘ladi.

**3.4.** Formulalari keltirilgan moddalar atomlari orasida ham kovalent, ham ionli bog‘ mavjud bo‘lganlarini tanlang.

1) $CH_3CH_2CH_3OH$; 2) NaOCl; 3) $FeS_2$;

4) HCOONa; 5) $HOOC—CH_2—CH_2—COOH$; 6) $CH_3Cl$.

A) 1, 2, 3; B) 2, 3; C) 3, 4; D) 2, 4; E) 1, 5, 6.

*Yechish.* Kovalent bog‘ hosil qiladigan ikkita elementning nisbiy elektrmanfiyliklari orasidagi farq 0,5 birlikdan kichik bo‘lgan hollarda amalga oshadi. Ionli bog‘ning hosil bo‘lishi uchun bunday farq ko‘pincha 1,7 dan katta bo‘lganda kuzatiladi. Bir molekulada ham ionli, ham kovalent bog‘ hosil qiladigan moddalarda kislota tuzi va qolgan qismida metallmaslar o‘zaro bog‘langan bo‘lishi mumkin. Testda so‘ralgan moddalar faqat ikkita — gipoxlorid kislotaning natriyli tuzi (2- modda) va chumoli kislotaning natriyli tuzi (4- modda) shu xususiyatga ega bo‘ladi.

*Javob*: **D** bo‘ladi.

**3.5.** Quyidagi molekulalarning grafik formulasida bog‘lar soni 15 dan ortiq bo‘lganlarini tanlang.

1) natriy sulfat; 2) magniy asetat; 3) ammoniy bixromat; 4) kaliy ortofosfat; 5) temir (III) sulfat; 6) kalsiy fosfat; 7) toluol; 8) izobutan; 9) izopren; 10) geksaxloran.

A) 1, 3, 5, 7, 9; B) 2, 3, 4, 5, 10; C) 2, 4, 5, 7, 9; D) 1, 4, 5, 6, 8; E) 2, 3, 5, 7, 10.

*Yechish.* Bu testni yechish uchun har bir molekulaning struktura formulalarini tuzib, ulardagi atomlarni birlashtiruvchi bog‘lar — chiziqlar sonini sanab chiqish kerak. Grafik formulalarda ionli tabiatga ega bo‘lgan bog‘larni chizish qabul qilinmagan, lekin ulardagi bog‘ tabiati emas, bog‘lovchi vosita elektrostatik tabiatga ega bo‘lsa ham uni inobatga olish o‘rinli bo‘ladi.

1) bog‘lar soni 8 ta; 2) 16 ta; 3) 22 ta; 4) 8 ta; 5) 24 ta; 6) 8 ta; 7) 18 ta; 8) 13 ta; 9) 14 ta; 10) 18 ta.

*Javob*: **E** bo‘ladi.

## *4- BOB.* KIMYOVIY REAKSIYALARNING TEZLIGI. KIMYOVIY MUVOZANAT

### 4.1- §. Kimyoviy reaksiyalarning tezligi

Kimyoviy reaksiyalarning mohiyati boshlang‘ich moddalardagi bog‘lanishlarning uzilishi va reaksiya mahsulotlarida yangi bog‘lanishlarning paydo bo‘lishidan iborat. Bunda har qaysi element atomlarining reaksiyadan oldingi va reaksiyadan keyingi umumiy soni o‘zgarmasdan qoladi. Bog‘lanishlar hosil bo‘lishida energiya chiqishi bog‘lanishlar uzilganda esa — yutilishi sababli kimyoviy reaksiyalarda energetik effekt bo‘ladi. Ravshanki, agar boshlang‘ich moddalardagi uziladigan bog‘lanishlar puxtaligi

reaksiya mahsulotlaridagi bog'lanishlar puxtaligidan kam bo'lsa energiya chiqadi, aks holda esa energiya yutiladi. Odatda energiya issiqlik ko'rinishida chiqadi va yutiladi.

Moddalarning o'zgarishlari haqidagi tasavvurlar, shuningdek, ularni sanoat miqyosida olishning iqtisodiy samaradorligi kimyoviy reaksiyalarning tezligi bilan bog'liq. Kimyoviy reaksiyalarning tezliklari va mexanizmlari haqidagi ta'limot *kimyoviy kinetika* deyiladi.

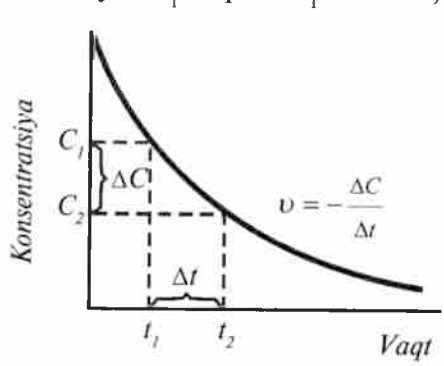
*Kimyoviy reaksiyaning tezligi deganda sistemaning hajmi o'zgarmaganda reaksiyaga kirishayotgan moddalardan birining konsentratsiyasining vaqt birligi ichida o'zgarishi tushuniladi.*

Bunda reaksiyada ishtirok etayotgan moddalardan qaysi biri haqida gap borayotganligining ahamiyati yo'q: ularning hammasi bir-biri bilan reaksiya tenglamasi orqali bog'langan va moddalardan birining konsentratsiyasining o'zgarishiga qarab qolgan barcha moddalar konsentratsiyalarining tegishlicha o'zgarishi haqida fikr yuritish mumkin. Odatda konsentratsiya mol/l da, vaqt esa — sekund yoki minutlarda ifodalanadi. Agar masalan, reaksiyaga kirishayotgan moddalardan birining boshlang'ich konsentratsiyasi 1 mol/l bo'lib, reaksiya boshlangandan 4 sekund o'tgandan keyin u 0,6 mol/l bo'lib qolsa, reaksiyaning o'rtacha tezligi $(1-0{,}6)\ 4 = 0{,}1$ mol/(l · s) bo'ladi.

Umumiy holda quyidagi tenglama bo'yicha boradigan reaksiyaning tezligini ko'rib chiqamiz:

$$A+B=C+D \qquad (1)$$

A modda sarflangan sari reaksiyaning tezligi kamayadi (bu 4.1- rasmda ko'rsatilgan). Bundan reaksiyaning tezligi faqat muayyan vaqt oralig'i uchun aniqlanishi mumkin, degan xulosa kelib chiqadi. A moddaning konsentratsiyasi $t_1$ vaqtda $C_1$ kattalik, $t_2$




**4.1.-rasm.** Reaksiyaga kirishayotgan modda konsentratsiyasining vaqt o'tishi bilan o'zgarishi.

vaqtda esa $C_2$ kattalik bilan o'lchangani sababli, $\Delta t = t_2 - t_1$ vaqt oralig'ida modda konsentratsiyasining o'zgarishi $\Delta C = C_2 - C_1$ bo'ladi, bundan reaksiyaning o'rtacha tezligi ($v$) aniqlanadi:

$$v = -\frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta C}{\Delta t} \qquad (4.1)$$

Bu yerda A moddaning konsentratsiyasi kamayishiga va binobarin, $C_2 - C_1$ ayirmaning qiymati manfiy bo'lishiga qaramay, reaksiyaning tezligi faqat musbat kattalik bo'lishi mumkin; shu sababli minus ishora qo'yiladi. Reaksiya mahsulotlaridan birining — $C$ yoki $D$ modda konsentratsiyasining o'zgarishini ham kuzatish mumkin; bu modda konsentratsiyasi reaksiya davomida ortib boradi, shu sababli tenglamaning o'ng qismiga plus ishora qo'yish lozim.

Reaksiyaning tezligi doimo o'zgarib turganligi sababli kimyoviy kinetikada faqat reaksiyaning haqiqiy tezligi $v$, ya'ni vaqtning shu momentidagi tezligi ko'rib chiqiladi.

## 4.2- §. Reaksiyaning tezligiga ta'sir etuvchi omillar

Kimyoviy reaksiyaning tezligi reaksiyaga kirishayotgan moddalarning tabiatiga, reaksiyaning borish shart-sharoitlariga: konsentratsiya $c$ temperatura $t$ katalizatorlarning ishtirok etish-etmasligiga, shuningdek, ba'zi omillarga (masalan, gazlarda bo'ladigan reaksiyalarda — bosimga, qattiq moddalarning reaksiyalarida — maydalanganligiga, radioaktiv nurlantirishga) bog'liq.

**Reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyalarining ta'siri.** $A$ va $B$ moddalar o'zaro kimyoviy reaksiyaga kirishishi uchun ularning molekulalari (zarrachalari) bir-biri bilan to'qnashishi kerak. To'qnashuvlar qancha ko'p bo'lsa, reaksiya shuncha tez ketadi. Reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, to'qnashuvlar soni shuncha ko'p bo'ladi. Shu mulohazalar va ko'p tajribalar ma'lumotlari asosida k i m y o v i y k i n e t i k a n i n g asosiy qonuni ta'riflangan; bu qonun reaksiya tezligining reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasiga bog'liqligini belgilab beradi:

**kimyoviy reaksiyaning tezligi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasiga proporsionaldir.**

(1) reaksiya uchun bu qonun ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$v = kC_A C_B \qquad (4.2)$$

bunda: $C_A$ va $C_B$—$A$ va $B$ moddalarning konsentratsiyalari, mol/l; $k$—proporsionallik koeffitsiyenti, u *reaksiyaning tezlik konstantasi* deyiladi. Kimyoviy kinetikaning asosiy qonuni ko'pincha *ta'sir etuvchi massalar qonuni* ham deyiladi.

(4.2) tenglamadan tezlik konstantasi $k$ ning fizik ma'nosini oson aniqlash mumkin: u son jihatdan reaksiyaga kirishayotgan moddalardan har birining konsentratsiyasi 1 mol/l yoki ularning ko'paytmasi birga teng bo'lgandagi reaksiya tezligiga teng.

Reaksiyaning tezlik konstantasi $k$ reaksiyaga kirishayotgan moddalarning tabiatiga va temperaturaga bog'liq, lekin moddalarning konsentratsiyasiga bog'liq emas.

Reaksiya tezligini reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi bilan bog'laydigan (4.2) tenglama *reaksiyaning kinetik tenglamasi* deyiladi. Agar reaksiyaning kinetik tenglamasi tajriba yo'li bilan aniqlangan bo'lsa, u holda reaksiyaga kirishayotgan o'sha moddalarning boshqa konsentratsiyalardagi reaksiya tezligini shu tenglama yordamida hisoblab topish mumkin.

Kimyoviy kinetikaning asosiy qonuni reaksiyaga kirishayotgan qattiq holdagi moddalarni hisobga olmaydi, chunki ularning konsentratsiyalari o'zgarmas bo'ladi va ular faqat sirtidagi reaksiyaga kirishadi. Masalan, ko'mirning yonish reaksiyasi $C+O_2=CO_2$ uchun reaksiyaning kinetik tenglamasi ushbu ko'rinishda bo'ladi: $v=kC_C SC_{O_2}$, bunda $k$ — tezlik konstantasi, $C_c$ — qattiq moddaning konsentratsiyasi; $S$ — sirt yuzasi. Bular o'zgarmas kattaliklardir. O'zgarmas kattaliklarning ko'paytmasini $k_1$ orqali belgilab, $v=k_1C_{O_2}$ ni olamiz, ya'ni reaksiyaning tezligi faqat kislorodning konsentratsiyasiga proporsionaldir.

**Temperaturaning ta'siri.** Reaksiya tezligining temperaturaga bog'liqligi Vant-Goff qoidasi bilan aniqlanadi:

**temperatura har 10° ga ko'tarilganda ko'pchilik reaksiyalarning tezligi 2—4 marta ortadi.**

Bu bog'liqlik matematik usulda ushbu nisbat bilan ifodalanadi:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10^\circ}} \qquad (4.3)$$

bunda $v_{t1}$, $v_{t2}$ — tegishlicha boshlang'ich ($t_1$) va oxirgi ($t_2$) temperaturadagi reaksiya tezligi, $\gamma$— reaksiya tezligining temperatura koeffitsiyenti, u reaksiyaga kirishuvchi moddalarning temperaturasi 10° ga ko'tarilganda reaksiyaning tezligi necha marta ortishini ko'rsatadi.

Vant-Goff qoidasi taqribiy bo'lib, uni reaksiyaning tezligiga temperaturaning ta'sirini taxminiy baholash zarur bo'lgandagina qo'llash mumkin. Temperatura kimyoviy reaksiyaning tezligiga ta'sir etib, tezlik konstantasini oshiradi.

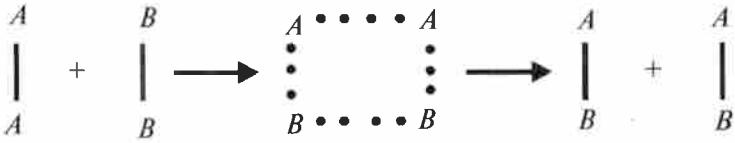
## 4.3- §. Aktivlanish energiyasi

Temperatura o'zgarganida reaksiya tezligining tez o'zgarishini aktivlashish nazariyasi tushuntirib beradi. Bu nazariyaga muvofiq ushbu reaksiyani amalga oshirishga yetarli energiyasi bor aktiv molekulalar (zarrachalar) gina kimyoviy reaksiyaga kirishadi. Noaktiv zarrachalarga zaruriy qo'shimcha energiya berish yo'li bilan ularni aktiv zarrachalarga aylantirish mumkin — bu jarayon *aktivlanish* deyiladi. Aktivlanishning usullaridan biri — temperaturani oshirish; temperatura ko'tarilganda aktiv zarrachalar soni ko'payadi, shu tufayli reaksiya tezligi ham keskin ortadi.

**Reaksiyaga kirishadigan moddalar molekulalarini (zarrachalarini) aktiv zarrachalarga aylantirish uchun ularga berilishi lozim bo'lgan energiya *aktivlanish energiyasi* deyiladi.**

Bu energiya tajriba yo'li bilan aniqlanadi, u $E_a$ harfi bilan belgilanadi va odatda kJ/mol da ifodalanadi. Masalan, vodorod bilan yodning birikishi uchun ($H_2+I_2=2HI$) $E_a=167{,}4$ kJ/mol, vodorod yodidining parchalanishi uchun ($2HI=H_2+I_2$) $E_a=186{,}2$ kJ/mol.

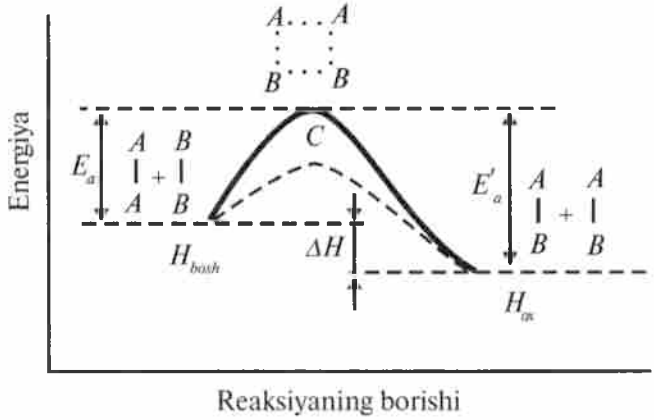
Aktivlanish energiyasi $E_a$ reaksiyaga kirishayotgan moddalarning tabiatiga bog'liq va har bir reaksiyaning xarakteristikasi hisoblanadi. Bu tasavvurlar umumiy holda $A_2+B_2=2AB$ reaksiya misolida tushuntirib berilgan. Ordintalar o'qi sistemaning potensial energiyasi, abssissalar o'qi — reaksiyaning borishini ko'rsatadi: boshlang'ich holat — o'tish holati — oxirgi holati. Reaksiyaga kirishayotgan $A_2$ va $B_2$ moddalar reaksiya mahsuloti AB ni hosil qilishi uchun ular energetik to'siq $C$ ni yengib o'tishi kerak (4.2-rasm). Bunga aktivlanish energiyasi $E_a$ sarflanadi va sistemaning energiyasi sarflangan energiya miqdori qadar ortadi. Bunda reaksiya jarayonida reaksiyaga kirishadigan moddalar zarrachalaridan *o'tish holati* yoki *aktivlangan kompleks* deyiladigan beqaror oraliq birikma ($C$ nuqtada) hosil bo'ladi, keyin uning parchalanishi oxirgi mahsulot AB ning hosil bo'lishiga olib keladi. Reaksiya mexanizmini ushbu sxema bilan tasvirlash mumkin:



boshlang'ich moddalar (sistemaning boshlang'ich holati)

aktivlangan kompleks (o'tish holati)

reaksiya mahsullari (sistemaning oxirgi holati)




**4.2-rasm.** Reaksiyaga kirishayotgan sistema energiyasining o'zgarishi:

$H_{bosh}$ — boshlang'ich holat energiyasi (boshlang'ich moddalar); $H_{ox}$ — oxirgi holat reaksiya mahsulotlari: $E_a$ — to'g'ri reaksiyaning aktivlanish energiyasi: $E'_a$ — teskari reaksiyaning aktivlanish reaksiyasi; $\begin{matrix} A\cdots A \\ \vdots\ \ \vdots \\ B\cdots B \end{matrix}$ —aktivlangan kompleks; $\Delta H$ — reaksiyaning issiqlik effekti (entalpiyasi).

Agar aktivlangan kompleks parchalanganida zarrachalarni aktivlashtirish uchun zaruridan ko'proq energiya chiqsa, reaksiya ekzotermik bo'ladi. Endotermik reaksiyaga teskari jarayon — $AB$ moddadan $A_2$ va $B_2$ moddalarning hosil bo'lishi $2AB=A_2+B_2$ misol bo'la oladi. Bu holda ham aktivlangan kompleks $A_2B_2$ hosil bo'ladi, lekin aktivlashtirish energiyasi to'g'ri jarayonnikidan ko'p bo'ladi: $E'_a=E_a+\Delta H$ ($\Delta H$ — reaksiyaning issiqlik effekti). Endotermik reaksiyalarning borishi uchun tashqaridan energiya berish talab etiladi.

4.2- rasmdan ko'rinib turibdiki, sistema oxirgi holatining energiyasi bilan ($H_{ox}$) boshlang'ich holatining energiyasi $H_{bosh}$ orasidagi ayirma reaksiyaning issiqlik effektiga teng (1.8- § ga q.):

$$\Delta H = H_{ox} - H_{bosh}$$

Reaksiyaning tezligi aktivlanish energiyasining qiymatiga bevosita bog'liq: agar u kichik bo'lsa, u holda ma'lum vaqt ichidagi reaksiyada ko'p sondagi zarrachalar energetik to'siqni yengib o'tadi va reaksiyaning tezligi yuqori bo'ladi, lekin agar aktivlanish energiyasi katta bo'lsa, u holda reaksiya sekin boradi.

Ionlar o'zaro ta'sirlashganda aktivlanish energiyasi juda kichik bo'ladi va ionli reaksiyalar juda katta tezlik bilan (amalda bir onda) boradi.

## 4.4- §. Kataliz va katalizatorlar haqida tushuncha

Reaksiya tezligini katalizatorlar yordamida oshirish mumkin. Temperaturani oshirgandan ko'ra katalizator ishlatgan afzalroq, bundan tashqari temperaturani hamma vaqt ham oshirish imkoni bo'lavermaydi.

**Kimyoviy reaksiyalarning tezligini o'zgartiradigan moddalar *katalizatorlar* deyiladi.**

Ba'zi katalizatorlar reaksiyani juda tezlashtirib yuboradi — musbat kataliz yoki to'g'ridan to'g'ri kataliz, boshqalari sekinlashtiradi — manfiy katalizlar deyiladi. Musbat katalizga sulfat kislotaning oksidlanib nitrat kislotaga aylanishi va b. misol bo'la oladi. Manfiy katalizga natriy sulfat eritmasi bilan havo kislorodining o'zaro ta'sirlanish reaksiyasining etil spirt ishtirokida sekinlashishi yoki vodorod peroksid parchalanish tezligining oz miqdordagi sulfat kislota (0,0001 massa qism) ishtirokida kamayishi va boshqalar misol bo'ladi. Manfiy kataliz ko'pincha *ingibitorlash*, reaksiya tezligini kamaytiruvchi manfiy katalizatorlar esa — *ingibitorlar* deyiladi (ularning ta'sir etish mexanizmi katalizatorlarning ta'siridan farq qiladi).

**Katalizatorlar ishtirokida sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalar *katalitik reaksiyalar* deyiladi.**

Ko'pchilik kimyoviy reaksiyalarga katalitik ta'sir ko'rsatish mumkin. Katalizatorlarning soni juda ko'p, ularning katalitik aktivligi esa turli-tumandir. Bu aktivlik reaksiya tezligining katalizator tufayli o'zgarishi bilan aniqlanadi.

**Katalizatorning o'zi reaksiyalarda sarflanmaydi va oxirgi mahsulotlar tarkibiga kirmaydi.**

Katalizning ikki turi — *gomogen* (bir jinsli) va *geterogen* (bir jinsli emas) *kataliz* bor.

Gomogen katalizda reaksiyaga kirishuvchi moddalar va katalizator bir fazali sistemadan — gaz yoki suyuq sistemani hosil qiladi, katalizator bilan reaksiyaga kirishuvchi moddalar orasida chegara sirti bo'lmaydi. Masalan, vodorod peroksidning tuzlar eritmalari ishtirokida (suyuq faza) katalitik parchalanishi. Gomogen katalizda kimyoviy reaksiyaning tezligi katalizatorning konsentratsiyasiga proporsional bo'lishi aniqlangan.

Geterogen katalizda reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan katalizator turli fazalardan iborat sistemani hosil qiladi. Bunda reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan katalizator orasida chegara sirti bo'ladi. Odatda katalizator — qattiq modda, reaksiyaga kirishuvchi moddalar — gazlar yoki suyuqliklar bo'ladi. Misol tariqasida ammiakning (gazsimon faza) platina ishtirokida (qattiq faza) oksidlanishini yoki vodorod peroksidning (suyuq faza) ko'mir yoki marganes (IV) oksid (qattiq faza) ishtirokida parchalanishini keltirish mumkin. Geterogen katalizda barcha reaksiyalar katalizator sirtida sodir bo'ladi. Shu sababli qattiq katalizatorning aktivligi uning sirtining xossalariga (o'lchamlari, kimyoviy tarkibi, tuzilishi va holatiga) ham bog'liq bo'ladi.

Musbat katalizatorlarning ta'siri reaksiyaning aktivlanish energiyasini kamaytirishdan, boshqacha aytganda — energetik to'siqning balandligini pasaytirishdan iborat (4.2-rasmdagi punktir egri chiziqqa q.), bunda energiyasining darajasi pastroq bo'lgan aktivlangan kompleks hosil bo'ladi va reaksiyaning tezligi juda ortib ketadi.

Katalizatorlar ta'sirining mexanizmi odatda reaksiyaga kirishuvchi moddalardan birining oraliq birikmalar hosil qilishi bilan tushuntiriladi. Masalan, agar sekin boradigan reaksiya A+B=AB katalizator K ishtirokida olib borilsa, u holda katalizator boshlang'ich moddalarning biri bilan reaksiyaga kirishadi va beqaror oraliq birikma hosil qiladi:

$$A+K=AK$$

Reaksiya tez ketadi, chunki bu jarayonning aktivlanish energiyasi kam. So'ngra oraliq birikma AK boshlang'ich moddaning ikkinchisi bilan o'zaro ta'sirlashadi, bunda katalizator ajralib chiqadi:

$$AK+B=AB+K$$

Bu jarayonning aktivlanish energiyasi ham kichik, shu sababli reaksiya ancha tez boradi. Agar endi bir vaqtda sodir bo'ladigan

ikkala jarayonni qo'shsak, tez boradigan reaksiyaning yakuniy tenglamasini olamiz:

$$A+B=AB$$

Aniq misol keltiramiz — katalizator NO ishtrokida $SO_2$ ning oksidlanib, $SO_3$ ga aylanishi:

$$SO_2+{}^1/_2O_2=SO_3$$
$$A+B=AB$$

Bu reaksiya sekin boradi. Lekin katalizator qo'shilganida oraliq birikma hosil bo'ladi:

$$NO+{}^1/_2O_2=NO_2$$
$$K+B=KB$$

va so'ngra

$$SO_2+NO_2=SO_3+NO$$
$$A+KB=AB+K$$

Katalizatorning sirti bir jinsli emas. Unda *aktiv markazlar* bor bo'lib, katalitik reaksiyalar asosan ana shu markazlarda sodir bo'ladi. Reaksiyaga kirishadigan moddalar markazlarda sodir bo'ladi. Reaksiyaga kirishadigan moddalar shu markazlarga adsorbilanadi, natijada ularning katalizator sirtidagi konsentratsiyasi ko'payadi. Bu hol ko'pincha reaksiyaning tezlashuviga olib keladi. Lekin reaksiya tezligi ortishining asosiy sababi adsorbilangan molekulalar kimyoviy aktivligining keskin kuchayishidir. Katalizator ta'sirida adsorbilangan molekulalarda atomlar orasidagi bog'lanishlar susayadi va ular reaksiyaga kirishuvchi bo'lib qoladi. Bu holda ham reaksiya aktivlantirish energiyasining kamayishi (shu jumladan, katalizator sirtida oraliq birikmalar hosil bo'lishi hisobiga) tufayli tezlashadi.

Ba'zi moddalar qattiq katalizatorning aktivligini kamaytiradi yoki butunlay yo'qotadi. Bunday moddalar *katalitik zaharlar* deyiladi. Misol tariqasida mishyak, simob, qo'rg'oshin birikmalarini, sianli birikmalarni keltirish mumkin, ular, ayniqsa, platina katalizatorlarga tez ta'sir etadi. Ishlab chiqarish sharoitida reaksiyaga kirishadigan moddalar katalitik zaharlardan tozalanadi, zaharlangan katalizator esa regeneratsiya qilinadi (zahardan ajratiladi).

Lekin, o'zi katalizator bo'lmay turib, shu reaksiya katalizatorlarining ta'sirini kuchaytiradigan moddalar ham bor. Bu moddalar promotorlar deyiladi (platina katalizatorlar temir, aluminiy va b. qo'shib promotorlanadi).

Shuni alohida ta'kidlab o'tish kerakki, katalizator tanlab ta'sir etadi, shu sababli turli katalizatorlarni ishlatib, bitta moddaning o'zidan turli xil mahsulotlar olish mumkin. Masalan, katalizator — aluminiy oksid $Al_2O_3$ ishtirokida 300°C da etil spirtdan suv bilan etilen olinadi:

$$C_2H_5OH \rightarrow H_2O + C_2H_4$$

Xuddi shu temperaturaning o'zida, lekin mayda tuyilgan mis ishtirokida etil spirtdan vodorod bilan sirka aldegid hosil bo'ladi:

$$C_2H_5OH \rightarrow H_2 + CH_3-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown\\ H\end{matrix}$$

Tajriba har qaysi reaksiyaning eng qulay katalizatori borligini ko'rsatadi.

Kimyoviy ishlab chiqarishlarda katalizatorlarning roli benihoya katta. Sulfat kislotaning olinishi, ammiak sintez qilish, qattiq ko'mirdan suyuq yoqilg'i olish, neft va tabiiy gazni qayta ishlash, sun'iy kauchuk, plastmassalar olish, yog'larni gidrogenlash — bular katalizatorlar ishlatiladigan eng muhim ishlab chiqarishlarga misoldir, xolos. Ravshanki, yangi, yanada mukammal katalizatorlar topish mehnat unumdorligining ortishiga va mahsulot tannarxining kamayishiga imkon beradi.

Biologik katalizatorlar — *fermentlar* alohida ahamiyatga ega. O'simlik va hayvon organizmlaridagi murakkab kimyoviy jarayonlar ana shu katalizatorlar ishtirokida sodir bo'ladi.

## 4.5- §. Qaytmas va qaytar reaksiyalar

**Faqat bir yo'nalishda boradigan va reaksiyaga kirishayotgan boshlang'ich moddalar oxirgi mahsulotlarga to'liq aylanadigan reaksiyalar *qaytmas reaksiyalar* deyiladi.**

Bunday reaksiyaga kaliy xloratning (bertolle tuzining) qizdirilganda parchalanishi misol bo'la oladi:

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2\uparrow$$

Kaliy xloratning hammasi kaliy xlorid bilan kislorodga aylangandan keyingina reaksiya to'xtaydi. Qaytmas reaksiyalar unchalik ko'p emas. Ko'pchilik reaksiyalar qaytar bo'ladi.

**Bir vaqtning o'zida bir-biriga teskari ikki yo'nalishda boradigan reaksiyalar *qaytar reaksiyalar* deyiladi.**

Qaytar reaksiyalarning tenglamalarida chap va o'ng qismlari orasida qarama-qarshi tomonlarga yo'nalgan ikkita strelka qo'yiladi. Bunday reaksiyalarga vodorod bilan azotdan ammiak sintezi misol bo'la oladi:

$$^3/_2H_2+{}^1/_2N_2 \rightleftarrows NH_3,\ \Delta H=-46{,}2\ \text{kJ/mol}$$

Texnikada qaytar reaksiyalar, odatda, afzal bo'lmaydi. Shu sababli ular turli usullar (temperatura, bosimni o'zgartirish va b.) bilan amalda qaytmas qilinadi.

Quyidagi hollarda reaksiyalar qaytmas bo'ladi:

1) hosil bo'ladigan mahsulotlar reaksiya doirasidan chiqib ketadi — cho'kma holida tushadi, gaz holida chiqadi, masalan,

$$BaCl_2+H_2SO_4=BaSO_4\downarrow+2HCl$$

$$Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+CO_2\uparrow+H_2O$$

2) kam dissotsilanadigan birikma (5.10- § ga q.), masalan, suv hosil bo'ladi:

$$HCl+NaOH=H_2O+NaCl$$

3) reaksiyada ko'p energiya chiqadi, masalan, magniyning yonishi:

$$Mg+{}^1/_2O_2\rightarrow MgO,\ \Delta H=-602{,}5\ \text{kJ/mol}$$

Qaytmas reaksiyalarning tenglamalarida chap va o'ng qismlari orasiga tenglik ishorasi yoki strelka qo'yiladi.

## 4.6- §. Kimyoviy muvozanat

Qaytar reaksiyalar oxirigacha bormaydi va *kimyoviy muvozanat* qaror topishi bilan tugallanadi. Masalan, ammiak sintezi reaksiyasida (10.4- §) vaqt birligi ichida qancha molekula ammiak hosil bo'lsa, shuncha ammiak azot bilan vodorodga ajraladigan holatda muvozanat qaror topadi. Demak,

**reaksiyaga kirishayotgan moddalar sistemasining to'g'ri va teskari reaksiyalarning tezligi o'zaro teng bo'lgan holati *kimyoviy muvozanat* deb ataladi.**

Muvozanat holatida to'g'ri reaksiya ham, teskari reaksiya ham to'xtamaydi. Shu sababli bunday muvozanat *harakatdagi* yoki *dinamik* muvozanat deyiladi. Ikkala reaksiyaning ta'siri bir-birini yo'qotgani sababli reaksion aralashmada sezilarli o'zgarishlar sodir bo'lmaydi: reaksiyaga kirishayotgan moddalarning — boshlang'ich moddalarning ham, hosil bo'ladigan moddalarning ham konsen-

tratsiyalari o'zgarmasligicha qoladi. Reaksiyaga kirishayotgan moddalarning kimyoviy muvozanat qaror topgandagi konsentratsiyasi *muvozanat konsentratsiyasi* deyiladi. Ular odatda reaksiyaga kirishayotgan moddalarning o'rta qavsga olingan formulalari bilan belgilanadi, masalan, $[H_2]$, $[N_2]$, $[NH_3]$, muvozanatmas konsentratsiyalar esa $C_{H_2}$, $C_{N_2}$, $C_{NH_3}$ kabi belgilanadi.

Kimyoviy muvozanat holatiga reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi, temperatura, gazsimon moddalar uchun esa bosim ham ta'sir etadi. Bu parametrlardan bittasi o'zgarganida muvozanat buziladi va reaksiyaga kirishayotgan barcha moddalarning konsentratsiyasi yangi muvozanat qaror topgunga qadar o'zgaraveradi, bu muvozanat konsentratsiyalarning boshqa qiymatlarida qaror topadi. Reaksiya sistemasining bir muvozanat holatidan boshqasiga bunday o'tishi kimyoviy muvozanatning siljishi (yoki surilishi) deyiladi. Agar sharoit o'zgarganida oxirgi moddalarning konsentratsiyasi ko'paysa, muvozanat reaksiya mahsulotlari tomoniga siljigan bo'ladi. Agar boshlang'ich moddalarning konsentratsiyasi ko'paysa, u holda muvozanat boshlang'ich moddalar hosil bo'lishi tomoniga siljigan bo'ladi.

## 4.7- §. Le Shatelye prinsipi

Reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi, temperatura va bosim (gazlardagi reaksiyalarda) o'zgarganda kimyoviy muvozanatning siljish yo'nalishi umumiy qoida bilan aniqlanadi, bu qoida siljuvchan *muvozanat prinsipi* yoki *Le Shatelye prinsipi* deyiladi:

**agar muvozanatdagi sistemaga biror tashqi ta'sir o'tkazilsa (konsentratsiya, temperatura, bosim o'zgartirilsa), u ikki qarama-qarshi reaksiyadan shu ta'sirni kamaytiradigan reaksiyaning borishiga yordam beradi.**

Buni ammiak sintez qilish reaksiyasi misolida tushuntiramiz:

$$\underset{\text{2 hajm}}{{}^3/_2 H_2} + \underset{\text{1 hajm}}{{}^1/_2 N_2} \rightleftarrows NH_3, \quad \Delta H^0 = -46{,}2 \text{ kJ/mol}$$

Agar tashqi ta'sir azot yoki vodorod konsentratsiyasini orttirishdan iborat bo'lsa, u holda bu ta'sir shu moddalarning konsentratsiyasini kamaytiradigan reaksiyaga yordam beradi va, binobarin, muvozanat ammiak hosil bo'lish tomoniga siljiydi. Ammiak konsentratsiyasining ko'payishi muvozanatni boshlang'ich moddalar tomoniga siljitadi.

Tenglamadan ko‘rinib turganidek, to‘g‘ri reaksiya issiqlik chiqishi bilan borgani uchun temperaturaning ko‘tarilishi issiqlik yutiladigan reaksiyaning borishiga yordam beradi va muvozanat boshlang‘ich moddalar tomoniga siljiydi; temperaturaning pasayishi muvozanatni reaksiya mahsulotlari tomoniga siljitadi.

Muvozanatning siljishiga bosimning ta’sirini aniqlash uchun tenglamaning chap va o‘ng qismlaridagi molekulalar sonini hisoblab chiqish kerak. Keltirilgan misolda tenglamaning chap qismida ikkita, o‘ng qismida — bitta molekula bor. Bosimning oshirilishi molekulalar soni kamayadigan jarayonga yordam berganligi uchun ushbu holda muvozanat reaksiya mahsuloti tomoniga siljiydi. Ravshanki, bosimning kamayishi muvozanatni boshlang‘ich moddalar tomoniga siljitadi.

Agar qaytar reaksiya tenglamasida chap qismidagi molekulalar soni o‘ng qismidagi molekulalar soniga teng bo‘lsa, masalan:

$$N_2+O_2 \rightleftarrows 2NO$$

u holda bosimning o‘zgarishi kimyoviy muvozanatni siljitmaydi.

Shuni ta’kidlab o‘tish kerakki, barcha katalizatorlar to‘g‘ri reaksiyaning ham, teskari reaksiyaning ham tezligini bir xilda oshiradi va shu sababli muvozanatning siljishiga ta’sir etmaydi, muvozanatning tezroq qaror topishiga yordam beradi, xolos.

Muvozanatni istalgan yo‘nalishda siljitish Le Shatelye prinsipiga asoslangan bo‘lib, kimyoda katta rol o‘ynaydi. Ammiak sintez qilish va sanoatdagi boshqa ko‘pchilik jarayonlarda muvozanatni olinadigan mahsulot unumdorligi katta bo‘ladigan tomonga siljitish usullarini tatbiq etish tufayli amalga oshirilgan.

Ko‘pchilik jarayonlarda kimyoviy muvozanatni reaksiya mahsulotlari tomoniga siljitish uchun hosil bo‘ladigan moddalar reaksiya doirasidan chiqarib yuboriladi. Masalan, eterifikatsiyalash reaksiyasida

$$CH_3COOH+CH_3OH \rightleftarrows CH_3COOCH_3+H_2O$$

muvozanatni metilasetat hosil bo‘lish tomoniga siljitish uchun sistemaga suvni yutadigan sulfat kislota kiritiladi.

Elektrolitik dissotsilanishda dissotsilanmagan molekulalar bilan ionlar orasidagi muvozanatni siljitishni 5.9- § dan q.

## 4.8- §. Namunaviy masalalar yechish

**1- masala.** 50 °C temperaturada reaksiya 3 min 20 s davom etadi. Reaksiya tezligining temperatura koeffitsiyenti 3 ga teng. Bu reaksiya 30 ° va 100 °C da qancha vaqtda tugaydi?

*Yechish.* Temperatura 50 ° dan 100 °C gacha oshirilganda Vant-Goff qoidasiga ko'ra reaksiyaning tezligi quyidagicha ortadi:

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}, \text{ ya'ni } 3^{\frac{100-50}{10}} = 3^5 = 243 \text{ marta}$$

Agar 50 °C da reaksiya 200 s da (3 min 20 s) tugaydigan bo'lsa, 100 °C da 200/243=0,82 s tugaydi. 30 °C da reaksiyaning tezligi

$$3^{\frac{50-30}{10}} = 3^2 = 9 \text{ marta}$$

kamayadi va reaksiya $200 \cdot 9 = 1800$ s, ya'ni 30 minutdan keyin tugaydi.

**2- masala.** Quyidagi sistemada muvozanat qaror topgan:

$$A + B \rightleftarrows C, \ \Delta H^\circ < 0$$

bunda, A, B va C — gazlar. C moddaning muvozanat konsentratsiyasiga: a) bosimning oshirilishi; b) A modda konsentratsiyasining oshirilishi; d) temperaturaning oshirilishi qanday ta'sir etadi?

*Yechish:* a) Reaksiya sodir bo'lganida gazsimon moddalar mollarining umumiy soni 2 dan 1 ga qadar kamayadi. Le Shatelye prinsipiga muvofiq bosimning oshirilishi muvozanatning gazsimon moddalarning mollar soni kam bo'ladigan tomonga (ya'ni C modda hosil bo'lish tomoniga) siljishiga olib keladi, demak, [C] ko'payadi.

b) A modda konsentratsiyasining ko'payishi muvozanatning mahsulot C hosil bo'lish tomoniga siljishiga olib keladi, ya'ni [C] ko'payadi.

d) $\Delta H^\circ < 0$ bo'lgani sababli issiqlik ajralib chiqadi, reaksiya — ekzotermik. Teskari reaksiya albatta endotermik bo'ladi. Temperaturaning oshirilishi doimo issiqlik yutiladigan reaksiyaning sodir bo'lishiga yordam beradi, ya'ni muvozanat A va B moddalar tomoniga siljiydi va [C] kamayadi.

**3- masala.** Quyidagi qaytar sistemada

$$Fe_3O_{4(q)} + CO_{2(g)} \rightleftarrows 3FeO_{(q)} + CO_{2(g)}$$

bosimning oshirilishi kimyoviy muvozanatga qanday ta'sir etadi?

*Yechish.* To'g'ri ($v_{to'g'.}$) va teskari ($v_{tes.}$) reaksiyalar uchun tezlik ifodalarini yozamiz.

$$v_{to'g'.} = r_{to'g'.}[CO];\ v_{tes.} = r_{tes.}[CO_2]$$

To'g'ri va teskari tezliklari qattiq moddalar konsentratsiyalariga bog'liq emas. Bosim 2 marta oshirilganda CO va $CO_2$ konsentratsiyalari ham ikki marta ortadi. Demak, to'g'ri va teskari reaksiyalarning tezliklari bir xil ortadi va sistemada muvozanat siljimaydi.

## 4- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**4.1.** Tenglamasi $3A+2B=A_3B_2$ bo'lgan reaksiya boshlanishidan qisqa vaqt o'tgandan keyin moddalar konsentratsiyalari (mol/l) quyidagicha bo'lgan:

$$C_A = 0,03,\ C_B = 0,01 \text{ va } C_C = 0,02.$$

A va B moddalarning boshlang'ich konsentratsiyalarini (mol/l) hisoblang.

A) 0,08 va 0,07; B) 0,08 va 0,08; C) 0,09 va 0,05;
D) 0,10 va 0,11; E) 0,11 va 0,12.

*Yechish.* Tenglamaga binoan 1 mol $A_3B_2$ hosil bo'lishi uchun 3 mol A va 2 mol B ishtirok etishi lozim. 0,02 mol $A_3B_2$ ni hosil qilishda 3 baravar ko'p (0,02·3=0,06 mol) miqdorda A va 2 baravar ko'p B (0,02·2=0,04 mol) sarf bo'lgan. Demak, A moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi 0,06+0,03=0,09 mol, B moddaniki esa 0,04+0,01=0,05 mol bo'lgan.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**4.2.** Tenglamasi $2A+B \rightarrow A_2B$ bo'lgan reaksiyada $C_A$ miqdorini 2 marta oshirilganda reaksiya tezligi necha marta o'zgaradi?

*Yechish.* Reaksiyaning tezlik ifodasi $V = k[A]^2[B]$ bo'lib, $C_A$ o'zgarishidan oldin moddalar miqdori 1 moldan olingan bo'lsa, uning tezligi $V_1 = k \cdot 1^2 \cdot 1 = k$ bo'ladi. A modda konsentratsiyasini 2 marta oshirilganda $V_2 = k \cdot [2]^2 \cdot [1] = 4K$ bo'ladi. Unda ular nisbati $V_1 : V_2 = 4k/k$ 4 marta ortgan bo'ladi.

*Javob:* **E** bo'ladi.

**4.3.** Reaksiya tezligining temperatura koeffitsiyenti 2 ga teng bo'lganda reaksiya tezligini 128 marta oshirish uchun temperaturani necha gradusga ko'tarish talab etiladi?

A) 40; B) 50; C) 60; D) 70; E) 80.

*Yechish.* Vant-Goff tenglamasi $V_{t_2} = V_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10^\circ}}$ dan (4.2- § ga qarang) $\frac{V_{t_2}}{V_{t_1}} = 128$, $\gamma = 2$ ekanligi ma'lum ekan, unda $128 = 2^{\frac{t_2 - t_1}{10^\circ}} = 2^x$ deb qabul qilsak yoki $2^x = 128$ bo'lsa, undan 2 ni 2 ga ketma-ket ko'paytirib borganda $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 128$ bo'ladi. Unda $X = \frac{t_2 - t_1}{10^\circ}$ dan $t_1 = 0$ °C bo'lganda $t_2 = 70$ °C bo'ladi.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**4.4.** Tenglamasi $FeO_{(q)} + CO_{(r)} \rightleftarrows Fe_{(g)} + CO_{2(g)}$ bo'lgan sistemasining 1000 °C dagi muvozanat konstantasi 0,5 ga teng. Agar uglerod (II) oksidning boshlang'ich konsentratsiyasi 0,05 mol/l bo'lsa, reaksiyada qatnashuvchi moddalar konsentratsiyalarini hisoblang.

A) 0,04 va 0,02; B) 0,06 va 0,03; C) 0,05 va 0,025;
D) 0,07 va 0,035; E) 0,03 va 0,01.

*Yechish.* Kimyoviy reaksiyaning muvozanat konstantasi ($K_M$) to'g'ri va teskari tomonga boradigan reaksiyalar tezliklari konstantalarining nisbatiga teng bo'ladi.

$$V_{to'g'ri} = k_{to'g'} [CO] \text{ va } V_{tesk.} = k_{tesk.} [CO_2]$$

(reaksiyaning tezlik ifodasida qattiq moddalar konsentratsiyalari 1 ga teng deb qabul qilinadi). Qaytar reaksiyalarda muvozanat qaror topganda $V_{to'g'ri} = V_{tesk.}$ bo'lib, yuqoridagi tezliklar ifodalarini

$k_{to'g'} [CO] = k_{tesk.} [CO_2]$ yozib, undan $K_M = \frac{k_{to'g'}}{k_{tesk}} = \frac{[CO_2]}{[CO]}$ ga ega bo'lamiz. $K_M$ o'rniga 0,5 ni, $[CO_2]$ o'rniga $X$ ni; $[CO]$ o'rniga $(0,05 - X)$ ni qo'yamiz: $0,5 = \frac{X}{0,05 - X}$. Bu tenglikdan $x = 0,05$ ni olamiz. Undan [CO] ning muvozanat konstantasi 0,025 bo'ladi.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**4.5.** Quyidagi qaytar reaksiya

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows NO, \quad \Delta H = 180 \text{ kJ}$$

mahsulot unumini oshirish maqsadida quyidagi omillarning qaysilaridan foydalanish mumkin:

1) bosimni oshirish; 2) bosimni kamaytirish; 3) temperaturani orttirish; 4) azotning konsentratsiyasini

kamaytirish; 5) temperaturani pasaytirish; 6) kislorod konsentratsiyasini oshirish; 7) azot (II) oksid miqdorini reaksiya sohasidan chetga chiqarib turish.

A) 3,4,6; B) 1,3,4; C) 3,6,7; D) 2,3,4; E) 4,5,6.

*Yechish.* Tenglamasi keltirilgan jarayonda boshlang'ich moddalar bilan mahsulotning mol miqdorlari bir xil (NO oldiga 2 koeffitsiyentni qo'yish kerak) bo'lgani sababli bosim o'zgarishi muvozanat holatni o'zgartira olmaydi. Jarayon endotermik xususiyatga ega (endotermik sistemalarda $\Delta H$ ning qiymati musbat bo'ladi). Shu sababli Le Shatelye prinsipiga binoan (4.7- § ga qarang) muvozanatni o'ng tomonga siljitish maqsadida sistema temperaturasini ko'tarish yaxshi natija beradi. Muvozanat holatidagi sistemada boshlang'ich moddalarning birini yoki ikkalasining konsentratsiyasini oshirish to'g'ri tomon boradigan reaksiya tezligini oshiradi (*ta'sir etuvchi massalar qonuni,* 4.2- § ga qarang). Mahsulot unumini oshirish uchun reaksiya mahsulotlarini sistemadan chiqarib turish ham Le Shatelye prinsipi asosida mahsulot unumini oshiruvchi omil bo'ladi. Bu holat ta'sir etuvchi massalar qonuni asosida oson tushuntiriladi.

*Javob:* **C** bo'ladi.

## *5- BOB.* ERITMALARNING ELEKTROLITIK DISSOTSILANISH NAZARIYASI

### 5.1- §. Eritmalar tarkibining son ifodasi

Tabiatda va texnikada eritmalar katta ahamiyatga ega. O'simliklar moddalarni eritmalar holida o'zlashtiradi. Ovqatning hazm bo'lishi oziq moddalarning eritmaga o'tishi bilan bog'liq. Tabiatdagi barcha suvlar eritmalar hisoblanadi. Muhim fiziologik suyuqliklar — qon, limfa va boshqalar eritmalardir. Ko'pchilik kimyoviy reaksiyalar eritmalarda boradi.

Eritmalar ikki yoki undan ko'p komponentlar (tarkibiy qismlar) va ularning o'zaro ta'sir mahsulotlaridan tarkib topgan bir jinsli (gomogen) sistemalardir.

Masalan, sulfat kislotaning eritmasi erituvchidan — suvdan (birinchi komponent), erigan moddadan — kislotadan (ikkinchi komponent) va ularning o'zaro ta'sir mahsulotlaridan — gidratlangan ionlardan: $H^+$, $HSO_4^-$, $SO_4^{2-}$; kaliy gidroksid eritmasi — suvdan, kaliy gidroksiddan va gidratlangan K+ hamda OH- ionlardan tarkib topgan (5.7- § ga q.).

Agregat holatiga ko'ra, eritmalar suyuq, qattiq va gazsimon bo'ladi.Suyuq eritmalariga misol tariqasida tuzlarning suvdagi eritmalarini ko'rsatish mumkin; qattiq eritmalarga nikel bilan misning qotishmasi (shulardan chaqa-tanga yasaladi)yoki oltin bilan kumushning qotishmasi misol bo'la oladi; gazsimon eritmalar — gazlarning aralashmalari, havo. Bular orasida eng katta ahamiyatga ega bo'lgan suyuq (suvdagi) eritmalardir.

Har qanday eritmaning muhim xarakteristikasi uning tarkibidir.

Eritmalar tarkibini son bilan ifodalashning har xil usullari bor: erigan moddaning massa ulushi, molyar konsentratsiyasi va boshqalar.

***Erigan moddaning massa ulushi*** **— bu o'lchamsiz fizik kattalik bo'lib, erigan modda massasining eritmaning umumiy massasiga nisbatiga teng, ya'ni**

$$\omega_m = \frac{m_m}{m} \qquad (5.1)$$

bunda: $\omega_m$ — erigan moddaning massa ulushi; $m_m$ — erigan moddaning massasi va $m$ — eritmaning umumiy massasi.

Erigan moddaning massa ulushi $\omega_M$ odatda birning ulushlarida yoki protsentlarda ifodalanadi. Masalan, erigan moddaning — suvdagi sulfat kislotaning massa ulushi 0,05 ga yoki 5% ga teng. Bu degan so'z, sulfat kislotaning 100 g massali eritmasida massasi 5 g sulfat kislota va massasi 95 g suv bor, demakdir.

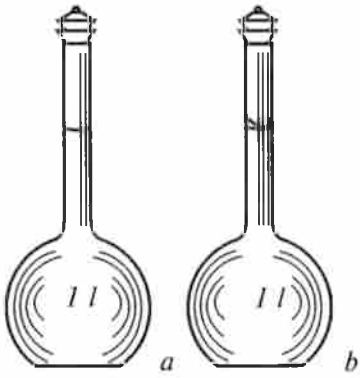
***Molyar konsentratsiya*** **yoki** ***molyarlik*** **— bu erigan modda miqdorining eritmaning hajmiga nisbatiga teng kattalik, ya'ni**

$$C(X) = \frac{n(X)}{V} \qquad (5.2)$$

bunda: $C(X)$ — $X$ zarrachalarning molyar konsentratsiyasi, $n(X)$— $X$ modda zarrachalarning eritmadagi miqdori, $V$ — eritmaning hajmi. Molyar konsentratsiyani yozishga misollar: $C$ (HCl) = 0,1 mol/l, $C$ ($H_3PO_4$)= 0,5 mol/l, $C$ ($NH_4^+$)=10 mol/l , $C$ ($H^+$) = $1{,}10^{-5}$ mol/l.

**1 litrida 1 mol erigan modda bor eritma** ***molyar eritma*** **deyiladi.**

Agar 1 l eritmada 0,1 mol modda bo'lsa, bu eritma detsimolyar, 0,01 mol bo'lsa, santimolyar, 0,001 mol bo'lsa, millimolyar eritma deyiladi. Eritmaning molyarligi odatda M harfi bilan belgilanadi. Masalan, 1M NaOH — natriy gidroksidning molyar eritmasi, bunday eritmaning 1 litrida 1 mol modda yoki 1 mol·40 g/mol =



**5.1-rasm.** 1 M eritma tayyorlash:
*a*—o'lchov kolbasi; *b*—eritma.

= 40 gNaOH bo'ladi; 001 M NaOH — santimolyar eritma, uning 1 litrida 0,01 mol, ya'ni 0,01·40 g = 0,4 g NaOH bo'ladi va h.k. Masalan, natriy gidroksidning detsimolyar eritmasini tayyorlash uchun undan tarozida 4 g tortib olish, 1 litrga teng aniq hajmi belgilab qo'yilgan litrli o'lchov kolbasiga solish (5.1-rasm, *a*), modda batamom erigunча distillangan suv quyish va so'ngra eritma hajmini belgigacha yetkazish lozim (meniskning pastki qismi belgiga tegib turishi kerak, 5.1 - rasm, *b*).

Molyar konsentratsiyadan foydalanish qulay, chunki eritmaning muayyan hajmdagi mollar soni (moddaning miqdori) ma'lum bo'ladi. Masalan, 1 litr 1 M NaOH eritmasini neytrallash uchun reaksiyaning tenglamalariga muvofiq:

a) $NaOH+HCl=NaCl+H_2O$;

b) $2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$

kislotalar eritmalaridan quyidagi hajmda olish zarur; 1 litr 1M HCl yoki 0,5 litr 1 M $H_2SO_4$. Ravshanki, 0,5 litr 2M NaOH eritmasini neytrallash uchun 0,5 litr 2M HCl yoki 0,5 l litr M $H_2SO_4$, yo bo'lmasa 0,25 litr 2M $H_2SO_4$ kerak va hokazo.

## 5.2- §. Moddalarning suvda eruvchanligi

***Eruvchanlik* — bu moddaning suvda yoki boshqa erituvchida erish xossasidir. Suvda qattiq, suyuq va gazsimon moddalar erishi mumkin.**

Suvda eruvchanligiga ko'ra barcha moddalar uchta guruhga bo'linadi: 1) yaxshi eriydigan, 2) kam eriydigan va 3) amalda erimaydigan moddalar. Amalda erimaydigan moddalar to'g'ridan to'g'ri erimaydigan moddalar ham deyiladi. Lekin mutlaqo erimaydigan moddalar yo'qligini ta'kidlab o'tish lozim. Agar suvga shisha tayoqcha yoki oltin,yo kumush bo'lagi botirilsa, ular suvda nihoyatda oz miqdorda bo'lsa ham, har holda eriydi. Ma'lumki, kumush yoki oltinning suvdagi eritmalari mikroblarni o'ldiradi.

Shisha, kumush, oltin — bular suvda amalda erimaydigan moddalarga (qattiq moddalar) misollardir. Shunday moddalar qatoriga kerosin, o'simlik moyi (suyuq moddalar), nodir gazlarni (gazsimon moddalar) ham kiritish mumkin. Suvda kam eriydigan moddalarga gips, qo'rg'oshin sulfat (qattiq moddalar), dietil efir, benzol (suyuq moddalar), metan, azot, kislorod (gazsimon moddalar) misol bo'la oladi. Ko'pchilik moddalar suvda ancha yaxshi eriydi. Bunday moddalarga shakar, mis kuporosi, natriy gidroksid (qattiq moddalar), spirt, aseton (suyuq moddalar), vodorod xlorid, ammiakni (gazsimon moddalar) misol qilib ko'rsatish mumkin.

Yuqorida keltirilgan misollardan eruvchanlik avvalo moddalarning tabiatiga bog'liq, degan xulosa kelib chiqadi. Bundan tashqari, u temperatura va bosimga ham bog'liq. Erish jarayonining o'zi erigan modda zarrachalari bilan erituvchining o'zaro ta'sirlashuvidan iborat; bu o'z-o'zidan sodir bo'ladigan jarayon.

Qattiq moddalarning suyuqliklarda erish jarayonini shunday tasavvur qilish mumkin: erituvchi ta'sirida qattiq modda sirtlaridan alohida ion yoki molekulalar asta-sekin ajrala boshlaydi va erituvchining barcha hajmi bo'yicha bir me'yorda taqsimlanadi. Agar erituvchi moddaning ko'p miqdori bilan ta'sirlashsa, u holda ma'lum vaqt o'tgandan keyin eritma to'yingan bo'lib qoladi.

**Erigan moddaning ortiqchasi bilan dinamik muvozanatda turgan eritma *to'yingan eritma* deyiladi.**

To'yingan eritma tayyorlash uchun suvga berilgan temperaturada moddani aralashtirib turgan holda cho'kma hosil bo'lguncha, ya'ni moddaning ortiqchasi erimay qolguncha qo'shib borish kerak. Bu holda eritma bilan erigan moddaning ortiqchasi orasida dinamik muvozanat qaror topadi: moddaning nechta zarrachasi eritmaga o'tsa, ularning shunchasi eritmadan ajralib chiqadi (kristallanadi). To'yingan eritmada berilgan temperaturada erigan moddaning mumkin bo'lgan eng ko'p miqdori bo'ladi.

To'yinmagan eritmada to'yingan eritmadagiga qaraganda kamroq, o'ta to'yingan eritmada esa ko'proq modda bo'ladi. O'ta to'yingan eritmalar ancha beqarordir. Idishni salgina chayqatish yoki eritmaga tuz kristalidan qo'shish ortiqcha erigan moddaning cho'kmaga tushishiga sabab bo'ladi. Saxaroza, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, $CH_3COONa$, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ va boshqalar o'ta to'yingan eritmalar hosil qiladi.

Ko'pincha kam eriydigan va amalda erimaydigan moddalar umumiy bitta nom bilan — kam eriydigan moddalar deb ataladi.

Bu holda faqat eriydigan va kam eriydigan moddalar haqida so'z yuritiladi.

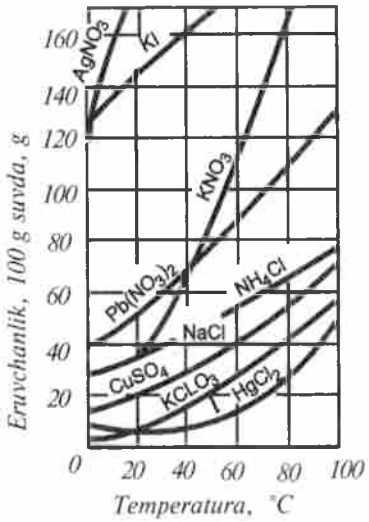
Eruvchanlik miqdoriy jihatdan to'yingan eritmaning konsentratsiyasi bilan ifodalanadi. Ko'pincha u berilgan temperaturada 100 g erituvchida eritish mumkin bo'lgan moddaning eng ko'p grammlar soni bilan ifodalanadi. Bu miqdor ba'zan *eruvchanlik koeffitsiyenti* yoki oddiygina qilib moddaning *eruvchanligi* deb ataladi. Masalan, 18°C da 100 g suvda 51 g qo'rg'oshin (II) nitrat $Pb(NO_3)_2$ tuzi eriydi (ya'ni bu tuzning 18°C dagi eruvchanligi 51,7 ga teng). Agar o'sha temperaturada shu miqdordan ortiqcha yana qo'rg'oshin (II) nitrat tuzidan qo'shilsa, u erimaydi, balki cho'kma holida qoladi.

Moddaning eruvchanligi haqida gapirilganda erishdagi temperaturani ko'rsatish kerak. Ko'pincha qattiq moddalarning eruvchanligi temperatura ko'tarilishi bilan ortadi. Bu eruvchanlik egri chiziqlari (5.2- rasm) yordamida yaqqol tasvirlanadi. Abssissalar o'qiga temperatura, ordinatarlar o'qiga — eruvchanlik koeffitsiyenti qo'yiladi. Lekin ba'zi moddalarning eruvchanligi temperatura ko'tarilganda juda kam ortadi (masalan, NaCl, $AlCl_3$) va hatto kamayadi [masalan, $Ca(OH)_2$, $Li_2SO_4$, $Ca(CH_3COO)_2$]. Qattiq moddaning suvda eruvchanlik koeffitsiyentiga bosim juda oz ta'sir qiladi, chunki erishda sistemaning hajmi sezilarli darajada o'zgarmaydi.

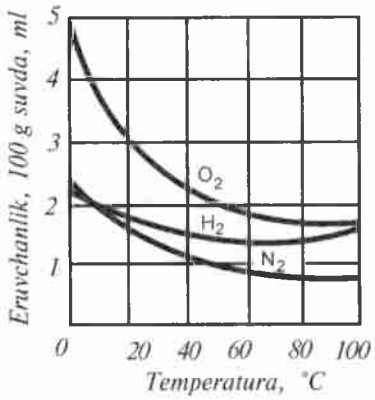
Eritma sovitilganda undan qancha tuz cho'kmaga tushishini eruvchanlik egri chiziqlari yordamida oson hisoblab topish mumkin. Masalan, agar 100 g suv olib, kaliy nitratning 45 °C da to'yingan eritmasi tayyorlansa, so'ngra u 0 ° ga qadar sovitilsa, eruvchanlik egri chizig'iga (5.2- rasm) ko'ra bunda 60 g tuz kristallari cho'kmaga tushishi kerak. Eruvchanlik egri chiziqlari yordamida moddalarning turli temperaturadagi eruvchanlik koeffitsiyenti oson aniqlanadi.

Temperatura pasayganida eritmadan moddaning ajralib chiqishi *kristallanish* deyiladi. Agar eritmada aralashmalar bor bo'lsa, kristallanishda doimo toza modda olinadi, chunki eritma hatto temperatura pasayganida ham aralashmalarga nisbatan to'yinmagan bo'ladi va ular cho'kmaga tushmaydi. Moddalarni tozalashning *qayta kristallga tushirish* deyiladigan usuli ana shunga asoslangan.

Gazlar suvda eriganda issiqlik ajralib chiqadi. Shu sababli Le Shatelye prinsipiga muvofiq temperatura ko'tarilganda gazlarning eruvchanligi kamayadi, temperatura pasayganda esa ortadi (5.3- rasm). Bosim oshganida gazlarning eruvchanligi ko'payadi. Suvning berilgan hajmida erigan gazning hajmi bosimga bog'liq bo'lmaganligi sababli gazning eruvchanligi odatda 100 g erituvchida eriydigan millilitrlar soni bilan ifodalanadi (5.3- rasm).




**5.2- rasm.** Qattiq moddalarning eruvchanlik egri chiziqlari.




**5.3- rasm.** Gazlarning eruvchanlik egri chiziqlari.

## 5.3-§. Erishda bo'ladigan issiqlik hodisalari

Moddalarning erishida issiqlik effekti sodir bo'ladi: moddaning tabiatiga qarab issiqlik chiqadi yoki yutiladi. Suvda masalan, kaliy gidroksid, sulfat kislota eriganida eritma qattiq qizib ketadi, ya'ni issiqlik chiqadi, ammoniy nitrat eritilganda esa eritma qattiq soviydi, ya'ni issiqlik yutiladi. Birinchi holda *ekzotermik jarayon* ($\Delta H<0$), ikkinchi holda esa *endotermik* ($\Delta H>0$) jarayon amalga oshadi. Erish issiqligi $\Delta H =$ bu 1 mol modda eriganda ajralib chiqadigan yoki yutiladigan issiqlik miqdoridir. Masalan, kaliy gidroksid uchun $\Delta H^{\circ} = -55{,}65$ kJ/mol, ammoniy nitrat uchun esa $\Delta H = +26{,}48$ kJ/mol.

Erigan moddaning erituvchi bilan kimyoviy o'zaro ta'siri natijasida *solvatlar* deyiladigan (erituvchi suv bo'lganida *gidratlar* deyiladi) birikmalar hosil bo'ladi. Bunday birikmalarning hosil bo'lishi jihatdan eritmalar kimyoviy birikmalarga o'xshaydi.

Rus kimyogari D. I. Mendeleyev eritmalarning kimyoviy nazariyasini yaratdi va uni juda ko'p tajriba ma'lumotlari bilan asoslab berdi; bu ma'lumotlar uning 1887-yilda rus tilida bosilib chiqqan «Suvdagi eritmalarni solishtirma og'irligiga ko'ra tekshirish» nomli kitobida bayon qilingan. Mendeleyev bu kitobida «Eritmalar kimyoviy birikmalar bo'lib, erituvchi va modda orasida ta'sir etadigan kuchlar bilan aniqlanadi», deb yozgan edi. Endilikda bu kuchlarning tabiatini biz bilamiz. Solvatlar

(gidratlar) donor-akseptorli, ion dipoli o'zaro ta'sir hisobiga, vodorod bog'lanishlar hisobiga, shuningdek, dispersion o'zaro ta'sir hisobiga (xossalari bir-biriga yaqin moddalarning, masalan, benzol bilan toluolning eritmalari bo'lganda) hosil bo'ladi.

Gidratlanishga (suv bilan birikishga) ayniqsa ionlar ko'proq moyil bo'ladi. Ionlar suvning qutbli molekulalarini biriktirib oladi, natijada gidratlangan ionlar hosil bo'ladi. (5.4- § ga q.) Shu sababli, masalan, eritmada mis (II) ioni havorang, suvsiz mis sulfatda u rangsiz bo'ladi. Bunday birikmalarning ko'pchiligi beqaror bo'lib, ularni erkin holda ajratib olish vaqtida oson parchalanib ketadi; lekin ko'pchilik hollarda puxta birikmalar hosil bo'ladi; ularni eritmadan kristallga tushirish yo'li bilan oson ajratib olish mumkin. Bunda tarkibida suv molekulalari bor kristallar cho'kmaga tushadi.

Tarkibida suv molekulalari bor kristall moddalar *kristall gidratlar*, ularning tarkibiga kiradigan suv esa *kristallanish suvi* deb ataldi. Ko'pchilik tabiiy minerallar kristallgidratlar hisoblanadi. Qator moddalar (shu jumladan, organik moddalar ham) sof holda faqat kristallgidratlar shaklida olinadi. D. I. Mendeleyev sulfat kislota gidratlarining, shuningdek, boshqa moddalar gidratlarining mavjudligini isbotladi*.

Shunday qilib, erish — faqat fizikaviy emas, balki kimyoviy jarayon hamdir. Eritmalar erigan modda zarrachalarining eritma zarrachalari bilan o'zaro ta'sirlashuvidan hosil bo'ladi. D. I. Mendeleyevning shogirdi D. P. Konovalov kimyoviy birikmalar bilan eritmalar orasida chegara yo'q, deb doimo ta'kidlar edi.

Suyuq eritmalar o'zgarmas tarkibli kimyoviy birikmalar bilan mexanik aralashmalar orasidagi holatni egallaydi. Ular kimyoviy birikmalar kabi bir jinsli bo'lib, issiqlik hodisalari bilan xarakterlanadi, shuningdek, ularda ko'pincha kontraksiya ham kuzatiladi — suyuqliklar aralashtirilganda hajmi qisqaradi. Ikkinchi tomondan, eritmalar kimyoviy birikmalardan farq qilib, tarkibning doimiylik qonuniga bo'ysunmaydi. Ularni aralashmalar kabi tarkibiy qismlarga oson ajratish mumkin. Erish jarayoni fizik-kimyoviy jarayon, eritmalar esa fizik-kimyoviy sistemalardir.

Eritmalarni o'rganishga M. V. Lomonosov ko'p e'tibor berdi. U moddalar eruvchanligining temperaturaga bog'liqligini aniqlashga doir tadqiqotlar o'tkazdi, erishda issiqlik chiqishi va yutilishini o'rganadi va

---

* Gidratlar bilan kristallgidratlarning kimyoviy formulalarida suvning formulasi alohida (nuqta bilan ajratib) yoziladi, masalan, $H_2SO_4 \cdot H_2O$, $H_2SO_4 \cdot 2H_2O$, $H_2SO_4 \cdot 4H_2O$, $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $Al_2(SO)_3 \cdot 18H_2O$ va hokazo.

sovituvchi aralashmalarni kashf etdi. M. V. Lomonosov eritmalar erituvchiga qaraganda ancha past temperaturada qotishini (kristallanishini) birinchi bo'lib aniqladi. U erishga molekular-kinetik izoh berdi, bu izoh hozirgiga yaqin bo'lib, bunda M. V. Lomonosov erigan moddaning zarrachalari erituvchining zarrachalari orasida bir me'yorda taqsimlanadi, deb faraz qildi.

D. I. Mendeleyev 40 yilga yaqin ilmiy ishini eritmalarni o'rganishga bag'ishladi. U yaratgan eritmalarning kimyoviy nazariyasi nihoyatda unumli bo'ldi. Shu nazariya asosida yangi ilmiy fanlar — fizik-kimyoviy analiz, kompleks birikmalar kimyosi, suvsiz eritmalar elektrokimyosi kabi fanlar vujudga keldi. Hozirgi vaqtda bu nazariya umum tomonidan e'tirof etilgan.

Taniqli rus olimlari D. P. Konovalov, I. A. Kablukov, N. S. Kurnakov eritmalar kimyoviy nazariyasining rivojlanishiga katta hissa qo'shdilar.

## 5.4- §. Elektrolitlar va noelektrolitlar

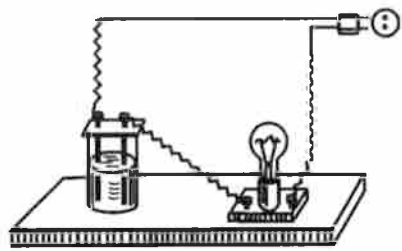
Ba'zi moddalar erigan yoki suyuqlangan holatda elektr tokini o'tkazmasligi yaxshi ma'lum. Buni oddiy asbob (5.4- rasm) yordamida kuzatish mumkin. Bu asbob simlar vositasida elektr tarmoqqa ulangan ko'mir sterjenlardan (elektrodlardan) tarkib topgan. Zanjirga elektr lampochka ulangan, u zanjirda tok bor yoki yo'qligini ko'rsatadi. Agar elektrodlar shakar eritmasiga botirilsa, lampochka yonmaydi. Lekin elektrodlar natriy xlorid eritmasiga botirilganda lampochka ravshan yonadi.

**Eritmalar yoki suyuqlanmalarda ionlarga ajraladigan va shu sababli elektr tokini o'tkazadigan moddalar *elektrolitlar* deyiladi.**

**Eritmalar yoki suyuqlanmalarda ionlarga ajralmaydigan va elektr tokini o'tkazmaydigan moddalar *noelektrolitlar* deyiladi.**

Elektrolitlarga kislotalar, asoslar va deyarli barcha tuzlar, noelektrolitlarga — organik birikmalarning ko'pchiligi, shuningdek, molekulalarida faqat kovalent qutbsiz va kam qutbli bog'lanishlar bo'ladigan moddalar kiradi.

Elektrolitlar — ikkinchi tur o'tkazgichlardir. Ular eritmada yoki suyuqlanmada ionlarga ajraladi, shu tufayli ham tok o'tadi. Ravshanki, eritmada ionlar qancha ko'p bo'lsa, u elektr tokini shuncha yaxshi o'tkazadi. Toza suv elektr tokini juda kam o'tkazadi.



**5.4-rasm.** Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligini aniqlash asbobi.

**Elektrolitlarning suvda eriganda ionlarga ajralishi *elektrolitik dissotsilanish* deyiladi.**

Masalan, natriy xlorid NaCl suvda eriganida batamom natriy ionlari $Na^+$ bilan xlorid ionlar $Cl^-$ga ajraladi. Suv vodorod ionlari $H^+$ bilan gidroksid ionlar $OH^-$ni juda oz miqdorlardagina hosil qiladi.

## 5.5- §. Elektrolitik dissotsilanish nazariyasi

Elektrolitlar suvdagi eritmalarining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntirish uchun shved olimi S. Arrenius 1887- yilda elektrolitik dissotsilanish nazariyasini taklif etdi. Keyinchalik bu nazariyani atomlarning tuzilishi va kimyoviy bog'lanish haqidagi ta'limot asosida ko'pgina olimlar rivojlantirdilar. Bu nazariyaning hozirgi mazmunini quyidagi uchta qoidadan iborat, deyish mumkin:

**1. Elektrolitlar suvda eriganda musbat va manfiy ionlarga ajraladi (*dissotsilanadi*).**

Ionlarning elektron holati atomlarnikiga qaraganda ancha barqaror bo'ladi. Ionlar bitta atomdan tarkib topgan bo'lishi mumkin — bular oddiy ionlar ($Na^+$, $Mg^{2+}$, $Al^{3+}$ va h.k.) yoki bir necha atomdan tarkib topgan bo'lishi mumkin — bular murakkab ionlar ($NO_3^-$, $SO_4^{2-}$, $PO_4^{3-}$ va h.k.). Ko'pchilik ionlar rangli bo'ladi. Masalan, $MnO_4^-$ ion pushti rangli, $CrO_4^{2-}$ ion — sariq, $Na^+$ va $Cl^-$ ionlari rangsiz bo'ladi. «Ion» so'zining o'zi grekchadan tarjima qilinganda «kezib yuradigan» degan ma'noni bildiradi. Eritmada ionlar turli yo'nalishlarda tartibsiz harakat qiladi.

**2. Elektr toki ta'sirida ionlar bir yo'nalishda harakatlanadi: musbat zaryadlangan ionlar katodga, manfiy zaryadlanganlari — anodga tomon harakatlanadi. Shu sababli musbat zaryadlangan ionlar *kationlar*, manfiy zaryadlanganlari — *anionlar* deyiladi.**

Ionlarning bir yo'nalishda harakat qilishiga sabab ularning qarama-qarshi elektrodlar tomonidan tortilishidir.

**3. Dissotsilanish — qaytar jarayon: molekulalarning ionlarga ajralishi (dissotsilanishi) bilan bir vaqtda ionlarning birikish jarayoni (*assotsilanish*) ham sodir bo'ladi.**

Shu sababli elektrolitik dissotsilanish tenglamalarida tenglik ishorasi o'rniga qaytarlik ishorasi qo'yiladi. Masalan, KA elektrolit molekulalarining kation $K^+$ bilan anion $A^-$ ga dissotsilanish tenglamasi umumiy holda quyidagicha yoziladi:

$$KA \rightleftarrows K^+ + A^-$$

Elektrolitik dissotsilanish nazariyasi anorganik kimyodagi asosiy nazariyalardan biri bo'lib, atom-molekular ta'limot hamda atomning tuzilishi nazariyasiga to'la muvofiq keladi.

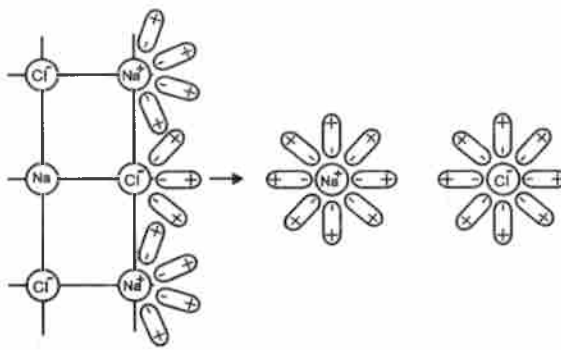
## 5.6- §. Dissotsilanish mexanizmi

Elektrolitik dissotsilanish mexanizmi haqidagi masala juda muhimdir. Haqiqatan ham, elektrolitlar nima uchun ionlarga dissotsilanadi? Atomlarning kimyoviy bog'lanish haqidagi ta'limot bu savolga javob berishga yordam beradi.

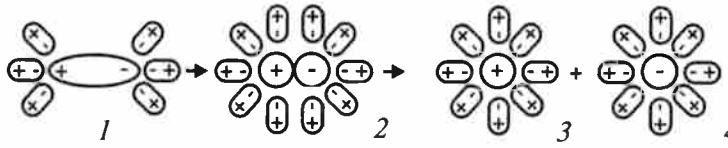
Ionli bog'lanishli moddalar eng oson dissotsilanadi.

Ma'lumki, bunday moddalar ionlardan tarkib topgan bo'ladi (3.3- § ga q.). Ular eriganida suvning dipollari musbat va manfiy ionlar atrofida to'planadi. Ionlar bilan suvning dipollari orasida o'zaro tortishuv kuchlari vujudga keladi. Natijada ionlar orasidagi bog'lanish susayadi, ionlar kristalldan eritmaga o'ta boshlaydi. Bunda 5.5- rasmda ko'rsatilganidek, *gidratlangan ionlar*, ya'ni suv molekulalari bilan kimyoviy bog'langan ionlar hosil bo'ladi.

Molekulalari qutbli kovalent bog'lanishdan hosil bo'lgan (qutbli molekulalar) elektrolitlar ham shunga o'xshash dissotsilanadi. Moddaning har qaysi qutbli molekulasi atrofida ham suv dipollari to'planadi, bunda ular o'zining manfiy qutbi bilan molekulaning musbat qutbiga, musbat qutbi bilan esa molekulaning manfiy qutbiga tortiladi. Bunday o'zaro ta'sir natijasida bog'lovchi elektron bulut (elektronlar jufti) elektrmanfiyligi katta bo'lgan atomga tomon to'liq siljiydi, qutbli molekula ionli molekulaga aylanadi va so'ngra




**5.5- rasm.** Natriy xloridning suvdagi eritmada elektrolitik dissotsilanish sxemasi.




**5.6- rasm.** Qutbli molekulaning suvdagi eritmada elektrolitik dissotsilanish sxemasi:

*1* — gidratlanish boshlanishida qutbli molekula; *2* — suv dipollari ta'sirida qutbli tuzilishning ionli tuzilishga o'tishi; *3* — gidratlangan kation; *4* — gidratlangan anion.

*gidratlangan ionlar* oson hosil bo'ladi (5.6- rasm). Qutbli molekulalar to'liq yoki qisman dissotsilanishi mumkin. Shunday qilib, ionli yoki qutbli bog'lanishli birikmalar — tuzlar, kislotalar va asoslar elektrolitlar hisoblanadi. Ular qutbli erituvchilarda ionlarga dissotsilanishi mumkin.

## 5.7- §. Ionlarning gidratlanishi

Taniqli rus kimyogari A. Kablukov elektrolitik dissotsilanishni D. I. Mendeleyevning eritmalarning kimyoviy nazariyasi yordamisiz tushuntirib bo'lmasligini ko'rsatdi. Ma'lumki, D. I. Mendeleyev erigan modda erituvchi bilan o'zaro ta'sirlashganida kimyoviy birikmalar hosil bo'lishini tajriba yo'li bilan asoslab bergan edi. Haqiqatan ham, erish jarayonida erigan moddaning suv bilan kimyoviy o'zaro ta'siri sodir bo'ladi, buning natijasida gidratlar hosil bo'lib, so'ngra ular ionlarga dissotsilanadi (5.6- rasmga q.). Bu ionlar suv molekulalari bilan bog'langan, ya'ni gidratlangan bo'ladi. I. A. Kablukov suvdagi eritmada faqat gidratlangan ionlar bo'ladi, deb taxmin qilgan edi. Hozirgi vaqtda bu tasavvur umum tomonidan e'tirof etilgan.

Shunday qilib, ionlarning gidratlanishi («umumiy holda solvatlanish»)* — dissotsilanishning asosiy sababidir. Gidratlanish ionlarning qayta birikishini (assotsilanishini) ham qisman qiyinlashtiradi.

Gidratlangan ionlar tarkibidagi suv molekulalarining soni o'zgarmas va o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Bir molekula suvni tutib turadigan vodorod $H^+$ o'zgarmas tarkibli gidrat hosil qiladi — bu gidratlangan proton $H^+(H_2O)$. Ilmiy adabiyotda u $H_3O^+$ (yoki $OH_3^+$) formula bilan tasvirlanadi va *gidroksoniy ioni* deyiladi.

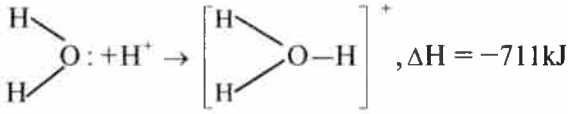
---

* Solvatlanish — ionlarning suvdan boshqa erituvchi molekulalari bilan kimyoviy bog'lanishi.

Shuni yodda tutish kerakki, eritmalarda $H^+$ ion bo'lmaydi, balki $H_3O^+$ ion bo'ladi, uni ba'zan soddalashtirib, shartli ravishda $H^+$ simvoli bilan belgilanadi.

Eritmalardagi vodorod ioni haqida gapirganda doimo gidroksoniy ioni nazarda tutiladi.

$H_3O^+$ ionda kovalent bog'lanishning vujudga kelish mexanizmi donor-akseptorli mexanizmdir:



Suv molekulasi — donor, proton — akseptor.

Lekin kimyogarlarning fikri turlicha bo'lib chiqdi. Ba'zilar eritmada faqat gidroksoniy ionlari $H_3O^+$ bo'ladi, deb faraz qilsa, boshqalar $H_3O^+$ ioni bilan birgalikda $H_9O_4^+$ ioni (bu ionni $H^+ \cdot 4H_2O$ yoki $H_3O^+ \cdot 3H_2O$ holida tasavvur qilish mumkin) va $H_7O_3(H^+ \cdot 3H_2O$ yoki $H_3O^+ \cdot 2H_2O)$ ham bo'ladi, deb hisoblaydilar. Ikkala taxmin ham tajriba yo'li bilan tasdiqlanmagan. Ko'pchilik boshqa ionlar ham o'zgaruvchi tarkibli gidratlar hosil qiladi. Shu sababli vodorod ionini $H^+$ (suvli) holida tasvirlagan ma'qul, bu vodorodning gidratlangan ionini bildiradi. Boshqa gidratlangan ionlarni yozishda ham shunga o'xshash yo'l tutish kerak. Masalan:

$$HCl(gaz) \rightleftarrows H^+(suvda) + Cl^-(suvda)$$

$$CH_3COOH(suvda) \rightleftarrows H^+(suvda) + Cl_3COO^-(suvda)$$

$$HSO_4^-(suvda) \rightleftarrows H^+(suvda) + SO_4^{2-}(suvda)$$

Lekin, odatda, soddalashtirish uchun qavs ichidagi so'zlar tushirib qoldiriladi.

## 5.8- §. Kislota, asos va tuzlarning suvdagi eritmalarda dissotsilanishi

Elektrolitik dissotsilanish nazariyasi yordamida kislota, asos va tuzlarga ta'rif beriladi hamda xossalari bayon qilinadi.

**Dissotsilanganda kationlar sifatida faqat vodorod kationlari hosil bo'ladigan elektrolitlar *kislotalar* deyiladi.**

$$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-; \qquad CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-$$

*Kislotaning asosligini* dissotsilanganda hosil bo'ladigan vodorod kationlarining soni bilan aniqlanadi. Masalan, HCl, $HNO_3$ — bir

asosli kislotalar — bitta vodorod kationi hosil bo'ladi; $H_2S$, $H_2CO_3$, $H_2SO_4$ — ikki asosli, $H_3PO_4$, $H_3AsO_4$ — uch asosli kislotalar, chunki dissotsilanganda tegishlicha ikkita va uchta vodorod kationi hosil bo'ladi. Sirka kislota $CH_3COOH$ molekulasidagi to'rtta vodorod atomidan faqat bittasi, karboksil gruppa — COOH tarkibiga kiradiganigina kation $H^+$ holida ajrala oladi — sirka kislota bir asoslidir.

Ikki va ko'p asosli kislotalar bosqich bilan (asta-sekin) dissotsilanadi. Masalan:

$$H_3PO_4 \rightleftarrows H^+ + H_2PO_4 \text{ (birinchi bosqich)}$$
$$H_2PO_4^- \rightleftarrows H^+ + H_2PO_4^{2-} \text{ (ikkinchi bosqich)}$$
$$H_2PO_4^{2-} \rightleftarrows H^+ + H_2PO_4^{3-} \text{ (uchinchi bosqich)}$$

Ko'p asosli kislota, asosan, birinchi bosqich bo'yicha, kamroq ikkinchi bosqich bo'yicha va juda oz darajada uchinchi bosqich bo'yicha dissotsilanadi. Shuning uchun, masalani fosfat kislotaning suvdagi eritmasida $H_3PO_4$ molekulalari bilan birga (asta-sekin kamayib boradigan miqdorlarda) $H_2PO_4^-$, $HPO_4^{2-}$ va $PO_4^{3-}$ ionlari ham bo'ladi.

**Dissotsilanganida anionlar sifatida faqat gidroksid-ionlar hosil bo'ladigan elektronlar *asoslar* deyiladi.**

Masalan:

$$KOH \rightleftarrows K^+ + OH^- \; ; \; NH_4OH \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$$

*Suvda eriydigan asoslar ishqorlar deyiladi.* Ular ko'p emas. Bular ishqoriy va ishqoriy-yer metallarning asoslaridir: LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, FrOH va $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$, $Ra(OH)_2$, shuningdek, $NH_4OH$. Asoslarning ko'pchiligi suvda kam eriydi.

*Asoslarning kislotaliligi* ularning gidroksil gruppalari (gidroksogruppalari) soni bilan aniqlanadi. Masalan, $NH_4OH$ — bir kislotali asos, $Ca(OH)_2$ — ikki kislotali, $Fe(OH)_3$ — uch kislotali va h. k. Ikki va ko'p kislotali asoslar bosqich bilan dissotsilanadi:

$$Ca(OH)_2 \rightleftarrows Ca(OH)^+ + OH^- \text{ (birinchi bosqich)}$$
$$Ca(OH)^+ \rightleftarrows Ca^{2+} + OH^- \text{ (ikkinchi bosqich)}$$

Lekin dissotsilanganda bir vaqtning o'zida vodorod kationlarini va gidroksid-ionlarni hosil qiladigan elektrolitlar ham bor. Bunday elektrolitlar *amfoter elektrolit* yoki qisqacha *amfolitlar* deyiladi.

Ularga suv, rux, aluminiy, xrom gidroksidlari va ko'pgina boshqa moddalar kiradi. Masalan, suv $H^+$ va $OH^-$ ionlarga dissotsilanadi (oz miqdorda):

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

Demak, suvda vodorod kationlari $H^+$ borligi tufayli kislota xossalari va $OH^-$ ionlari borligi tufayli asos xossalari bir xil darajada ifodalangan.

Amfoter rux gidroksid $Zn(OH)_2$ ning dissotsilanishini ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$2OH^- + Zn^{+2} + 2H_2O \rightleftarrows Zn(OH)_2 + 2H_2O \rightleftarrows [Zn(OH)_4]^{2} + 2H^+$$

**Dissotsilanganida metallarning kationlari (shuningdek, ammoniy kation $NH_4^+$) va kislota qoldiqlarining anionlari hosil bo'ladigan elektrolitlar *tuzlar* deyiladi.**

Masalan:

$$(NH_4)_2SO_4 \rightleftarrows 2NH_4^+ + SO_4^{2-}; \qquad Na_3PO_4 \rightleftarrows 3Na^+ + PO_4^{3-}$$

O'rta tuzlar ana shunday dissotsilanadi. Nordon va asosli tuzlar bosqich bilan dissotsilanadi. Nordon tuzlarda dastlab metallarning ionlari, so'ngra esa vodorod kationlari ajraladi. Masalan:

$$KHSO_4 \rightleftarrows K^+ + HSO_4^-$$

va so'ngra

$$HSO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{2-}$$

Asosli tuzlarda dastlab kislota qoldiqlari, so'ngra esa gidroksid ionlar ajraladi. Masalan:

$$Mg(OH)Cl \rightleftarrows Mg(OH)^+ + Cl^-$$

va so'ngra

$$Mg(OH) + \rightleftarrows Mg^{2+} + OH^-$$

## 5.9- §. Dissotsilanish darajasi

Elektrolitik dissotsilanish qaytar jarayon bo'lgani sababli elektrolitlarning eritmalarida ionlar bilan birga molekulalar ham bo'ladi. Shu sababli elektrolitlarning eritmalari *dissotsilanish darajasi* (grekcha alfa $\alpha$ harfi bilan belgilanadi) bilan tavsiflanadi.

***Dissotsilanish darajasi* — bu ionlarga ajralgan molekulalar sonining umumiy erigan molekulalar soni *N* ga nisbatidir:**

$$\alpha = \frac{n}{N} \qquad (5.3)$$

Elektrolitning dissotsilanish darajasi tajriba yo'li bilan aniqlanadi va birning ulushlarida yoki protsentlarda ifodalanadi. Agar $\alpha = 0$ bo'lsa, u holda dissotsilanish sodir bo'lmagan, agar $\alpha = 1$yoki 100% bo'lsa, u holda elektrolit ionlarga to'liq ajralgan bo'ladi*. Agar $\alpha = 20\%$ bo'lsa, bu berilgan elektrolitning 100 molekulasidan 20 tasi ionlarga ajralganligini ko'rsatadi.

Turli xil elektrolitlarning dissotsilanish darajasi turlicha bo'ladi. Tajriba dissotsilanish darajasi elektrolitning konsentratsiyasiga va temperaturaga bog'liqligini ko'rsatadi. Elektrolitning konsentratsiyasi kamayganida, ya'ni u suv bilan suyultirilganida dissotsilanish darajasi doimo ko'payadi. Odatda temperaturaning ko'tarilishi ham dissotsilanish darajasini oshiradi. Elektrolitlar dissotsilanish darajasiga qarab kuchli va kuchsiz elektrolitlarga bo'linadi (quyiroqqa q.).

Kuchsiz elektrolit — sirka kislota elektrolitik dissotsilanganda dissotsilanmagan molekulalar bilan ionlar orasida qaror topadigan muvozanatning siljishini ko'rib chiqamiz:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

Sirka kislota eritmasi suv qo'shib suyultirilganda muvozanat ionlar hosil bo'lish tomoniga siljiydi — kislotaning dissotsilanish darajasi ortadi. Aksincha, eritma bug'latilganda muvozanat kislota molekulalari hosil bo'lish tomoniga siljiydi — dissotsilanish darajasi kamayadi.

## 5.10- §. Kuchli va kuchsiz elektrolitlar

Kuchli va kuchsiz elektrolitlar bo'ladi.

**Kuchli elektrolitlar suvda eriganda ionlarga to'liq dissotsilanadi.**

Ularga quyidagilar kiradi:

1) deyarli barcha tuzlar;

2) ko'pchilik mineral kislotalar, masalan, $H_2SO_4$, $HNO_3$, HCl, HBr, HI, $HMnO_4$, $HClO_4$, $HClO_4$;

3) ishqoriy va ishqoriy-yer metallarning asoslari.

Kuchli elektrolitning, masalan, NaCl ning dissotsilanishi odatda ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$NaCl \rightleftarrows Na^+ + Cl^- \qquad a)$$

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, natriy xlorid kristalida NaCl molekulalari bo'lmaydi. Eritilganda kristall struktura buziladi, gidratlangan

---

* Kuchli elektrolitlar ana shunday dissotsilanadi (5.10- § ga q.).

ionlar eritmaga o'tadi. Eritmada molekulalar ham bo'lmaydi. Shu sababli kuchli elektrolitlar eritmalarida dissotsilanmagan molekulalar haqida faqat shartli ravishda so'z yuritish mumkin. Ularni ion juftlari ($Na^+Cl^-$), ya'ni bir-biriga yaqin turgan qarama-qarshi zaryadlangan (ionlarning radiuslari yig'indisiga teng masofaga qadar yaqinlashgan) ionlar sifatida tasavvur qilish to'g'riroq bo'ladi. Bular go'yo dissotsilanmagan molekulalar yoki boshqacha aytganda kvazimolekulalardir.

Bu holda (a) reaksiyaning tenglamasini quyidagicha yozish kerak:

$$Na^+Cl^-\,(qat) \rightleftarrows Na^+\,(suvda) + Cl^-\,(suvda) \qquad (b)$$

Lekin uni sodda qilib (a) tenglama ko'rinishida yoziladi, bunda simvolida ionlar jufti (kvazimolekula) tushuniladi. Eritmada kvazimolekulalarning konsentratsiyasi doimo juda kam, ionlarning konsentratsiyasi esa katta bo'ladi.

Kuchsiz elektrolitlar suvda eriganida ionlarga qisman dissotsilanadi.

Ularga quyidagilar kiradi:

1) deyarli barcha organik kislotalar;

2) ba'zi mineral kislotalar, masalan, $H_2CO_3$, $H_2S$, $HNO_2$, $HClO$, $H_2SiO_3$;

3) ko'pchilik metallarning asoslari (ishqoriy va ishqoriy-yer metallarning asoslaridan tashqari), shuningdek, $NH_4OH$, uni ammiakning gidrati sifatida tasvirlash mumkin $NH_3 \cdot H_2O$ (10.3 - § ga q.).

Suv kuchsiz elektrolitlarga kiradi.

Kuchsiz elektrolitlar eritmada ionlarning katta konsentratsiyasini hosil qila olmaydi.

## 5.11- §. Ion almashinish reaksiyalari

Elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga muvofiq elektrolitlarning eritmalarda sodir bo'ladigan barcha reaksiyalar ionlar orasidagi reaksiyalar hisoblanadi. Ular *ionli reaksiyalar*, bu reaksiyalarning tenglamalari esa *ionli tenglamalar* deyiladi. Ular reaksiyalarning molekular shaklda yozilgan tenglamalariga qaraganda sodda va ancha umumiy xarakterga ega bo'ladi.

Reaksiyalarning ionli tenglamalarini tuzishda shunga amal qilish kerakki, kam dissotsilanadigan, kam eriydigan (cho'kmaga tushadigan) va gazsimon moddalar molekular shaklda yoziladi. Moddaning formulasi yonida qo'yiladigan ↓ ishora shu modda reaksiya doirasidan cho'kma holida chiqib ketishini, ↑ ishora esa modda reaksiya doirasidan gaz holida chiqib ketishini bildiradi. To'liq dissotsilanadigan kuchli elektrolitlar ion holida yoziladi. Tenglamaning chap qismidagi elektr zaryadlar yig'indisi uning o'ng qismidagi elektr zaryadlar yig'indisiga teng bo'lishi kerak.

Bu qoidalarni puxta o'zlashtirib olish uchun ikkita misol ko'rib chiqamiz.

**1-misol.** Temir (III) xlorid bilan natriy gidroksid eritmalari orasidagi reaksiya tenglamasini molekular va ionli shaklda yozing.

Masalaning yechimini to'rt bosqichga bo'lamiz.

1. Reaksiyaning tenglamasini molekular shaklda yozamiz:

$$FeCl_3 + 3NaOH \rightleftarrows Fe(OH)_3 + 3NaCl$$

2. Yaxshi dissotsilanadigan moddalarni ionlar holida, reaksiya doirasidan chiqib ketadiganlarini — molekulalar holida tasvirlab, bu tenglamani qaytadan yozamiz:

$$Fe^3 + 3Cl^- + 3Na^+ + 3OH^- \rightleftarrows Fe(OH)_3 \downarrow + 3Na^+ + 3Cl^-$$

Bu reaksiyaning to'la ionli tenglamasidir.

3. To'la ionli tenglamaning ikkala qismidan bir xil ionlarni, ya'ni reaksiyada ishtirok etmaydigan ionlarni (ularning tagiga chizilgan) chiqarib tashlaymiz va reaksiyaning tenglamasini yakuniy ko'rinishda yozamiz:

$$Fe^{3+} + 3OH^- \rightleftarrows Fe(OH)_3 \downarrow$$

Bu reaksiyaning qisqartirilgan ionli tenglamasidir. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, reaksiyaning mohiyati $Fe_{3+}$ va $OH^-$ ionlarning o'zaro ta'siridan iborat, buning natijasida $Fe(OH)_3$ cho'kmasi hosil bo'ladi. Bunda shu ionlar o'zaro ta'sirlashgunga qadar bu ionlar qaysi elektrolitlarning tarkibiga kirganligining umuman ahamiyati yo'q.

**2-misol.** Kaliy xlorid bilan natriy nitrat eritmalari orasidagi reaksiyalarning tenglamalarini yozing. O'zaro ta'sir mahsulotlari suvda yaxshi eriganligi hamda reaksiya doirasidan chiqib ketmaganligi uchun bu reaksiya qaytardir.

Reaksiyalarni 1-misoldagi kabi bosqichlar bilan yozamiz:

1. $KCl + NaNO_3 \rightleftarrows KNO_3 + NaCl$
2. $K^+ + Cl^- + Na^+ + NO_3^- \rightleftarrows K^+ + NO_3^- + Na^+ + Cl^-$

Keyingi bosqichlar uchun tenglama yozib bo'lmaydi, chunki elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga ko'ra reaksiya sodir bo'lmaydi. Lekin agar bu eritma bug'latilsa, u holda ionlar orasida yangi bog'lanishlar vujudga keladi va to'rtta tuzning: KCl, $NaNO_3$, NaCl va $KNO_3$ aralashmasi hosil bo'ladi.

Eritmalarda elektrolitlar orasida sodir bo'ladigan istalgan reaksiyani ionli tenglamalar bilan tasvirlash mumkin. Bunday reaksiyalar ionlarning zaryadlari o'zgarmasa (oksidlanish darajasi o'zgarmasa), u holda bu reaksiyalar *ion almashinish* reaksiyalari deyiladi.

## 5.12-§. Suvning dissotsilanishi. pH

Kuchsiz elektrolit bo'lgan suv oz darajada $H^+$ va $OH^-$ ionlariga dissotsilanadi, bu ionlar dissotsilanmagan molekulalar bilan muvozanatda bo'ladi:

$$H_2O = H^+ + OH^-$$

Ionlarning konsentratsiyasi odatda 1 litrdagi ionlarning mollari bilan ifodalanadi. Suvning dissotsilanish tenglamasidan ko'rinib turibdiki, unda $[H^+]$ va $[OH^-]$ bir xil. Bir litr suvda xona temperaturasida (22 °C) faqat $10^{-7}$ mol suv dissotsilanishi va bunda $10^{-7}$ mol/l $OH^+$ ionlari va $10^{-7}$ mol/l $OH^-$ ionlari hosil bo'lishi tajribada aniqlangan.

Suvdagi vodorod ionlari bilan gidroksid ionlari konsentratsiyalarining ko'paytmasi *suvning ion ko'paytmasi* deyiladi ($K_c$ bilan belgilanadi). Muayyan temperatura $K_c$ — o'zgarmas kattalik bo'lib, 22 °C da son jihatidan $10^{-14}$ teng:

$$K_c = [H^+]\,[OH^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} - 10^{-14} \qquad (5.4)$$

$[H^+]$ $[OH^-]$ ko'paytmaning o'zgarmasligi har qanday suv eritmada vodorod ionlarining konsentratsiyasi ham, gidroksid ionlarning konsentratsiyasi ham nolga teng bo'lishi mumkin emasligini ko'rsatadi. Boshqacha aytganda, kislota, asos yoki tuzning suvdagi har qanday eritmasi tarkibida $N^+$ ionlar ham, $OH^+$ ionlar ham bo'ladi, toza suv uchun $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol/l. Agar unga kislota qo'shilsa, u holda $[H^+]10^{-7}$ mol/l dan katta, $[OH^-]$ esa $10^{-7}$ mol/l dan kichik bo'ladi va aksincha, agar suvga ishqor qo'shilsa, u holda $[H^+]10^{-7}$ dan kichik, $[OH^-]$ esa $10^{-7}$ mol/l dan katta bo'ladi.

$[H^+]$ $[OH^-]$ ko'paytmaning o'zgarmasligidan suv ionlaridan birining konsentratsiyasi ortganida boshqa ionning konsentratsiyasi tegishlicha kamayadi, degan xulosa kelib chiqadi. Bu hol agar $OH^-$ ionlarning konsentratsiyasi ma'lum bo'lsa, $H^+$ ionlarning konsentratsiyasini hisoblab topishga va aksincha, $H^+$ — ionning konsentratsiyasi ma'lum bo'lganda $OH^-$ ionlarning konsentratsiyasini hisoblab topishga imkon beradi. Masalan, agar suvdagi eritmada $[H^+]=10^{-3}$ mol/l bo'lsa, u holda $[OH^-]$ quyidagicha aniqlanadi:

$$[OH] = K_c/[H^+] = 10^{-14}/10^{-3} = 10^{-11} \text{ mol/l.}$$

Shunday qilib, eritmaning kislotaliligi va ishqoriyligini yoki $H^+$ ionlarning, yoki $OH^-$ ionlarining konsentratsiyasi orqali ifoda-

lash mumkin. Amalda birinchi usuldan foydalaniladi. U holda neytral eritma uchun $[H^+]=10^{-7}$, kislotali eritma uchun $[H^+]>10^{-7}$ va ishqoriy eritma uchun $[H^+]<10^{-7}$.

Manfiy daraja ko'rsatkichli sonlarni ishlatish bilan bog'liq noqulayliklarni yo'qotish uchun vodorod ionlari konsentratsiyasini vodorod ko'rsatkich orqali ifodalab, pH simvoli («pe-ash» deb o'qiladi) bilan belgilash qabul qilingan.

**Vodorod ionlari konsentratsiyasining teskari ishora bilan** olingan o'nli logarifmi ***vodorod ko'rsatkich*** **pH deyiladi:**

$$pH = -\lg[H^+] \qquad (5.5)$$

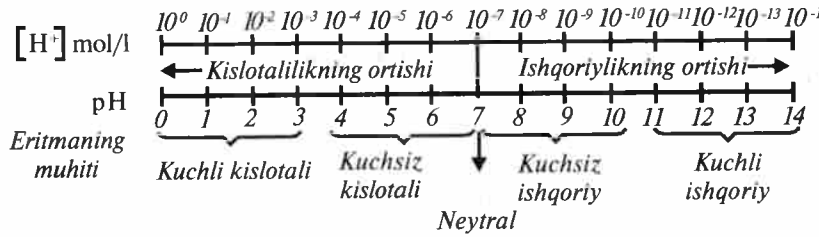
yoki

$$[H+]=10^{-pH} \qquad (5.6)$$

bunda $[H^+]$ — vodorod ionlarning konsentratsiyasi, mol/l.

„Vodorod ko'rsatkich" tushunchasini 1909- yilda daniyalik kimyogar Syorensen kiritgan edi: *p* harfi — daniyacha matematik daraja — potens so'zining bosh harfi, H harfi — vodorodning simvoli.

Eritmalarning muhiti pH yordamida quyidagicha belgilanadi: neytral — pH=7, kislotali — pH<7, ishqoriy — pH>7. Vodorod ionlarining konsentratsiyasi, pH qiymati va eritmaning muhiti orasidagi bog'liqlikni ushbu sxema yordamida yaqqol ifodalash mumkin:




Sxemadan ko'rinib turibdiki, pH qancha kichik bo'lsa, $H^+$ ionlarning konsentratsiyasi shuncha katta, ya'ni muhitning kislotaliligi yuqori bo'ladi; aksincha, pH qancha katta bo'lsa, $H^+$ ionlarning konsentratsiyasi shuncha kichik, ya'ni muhitning ishqoriyligi yuqori bo'ladi.

Eng ko'p ma'lum bo'lgan ba'zi eritmalarning pH qiymatini keltiramiz va ularga muvofiq keladigan muhit reaksiyasini ko'rsatamiz: oshqozon shirasi — pH=1,7 (kuchli kislotali muhit), torfli suv — pH=4 (kuchsiz kislotali),yomg'ir suvi — pH=6 (juda kuchsiz kislotali), vodoprovod suvi — pH=7,5 (kuchsiz

ishqoriy), qon — pH=7,4 (kuchsiz ishqoriy), so'lak — pH= 6,9 (kuchsiz kislotali), ko'z yoshlari — pH=7 (neytral).

Tabiatdagi va texnikadagi turli-tuman jarayonlarda pH ning ahamiyati nihoyatda kattadir. Kimyo, oziq-ovqat va to'qimachilik sanoatlarida hamda sanoatning boshqa tarmoqlaridagi ko'pchilik ishlab chiqarish jarayonlari muhitning muayyan reaksiyasida, ya'ni ma'lum muhitdagina sodir bo'ladi. Qishloq xo'jaligi ekinlarining yaxshi rivojlanishi va yuqori hosil olish uchun ham tuproq eritmasi muayyan bo'lishi zarur. Tuproq eritmasining pH qiymatiga qarab tuproqlar kuchli kislotali (pH= 3 — 4), kislotali (pH = 4 — 5), kuchsiz kislotali (pH=5), ishqoriy (pH = 8 — 9) va, nihoyat, kuchli ishqoriy (pH= 9 — 11) tuproqlarga bo'linadi.

Ko'pincha o'simliklar kuchli kislotalilikdan zararlanadi, uni kamaytirish uchun tuproqlar ohaklanadi — ularga ohaktoshlar — kalsiy yoki magniy karbonatlar solinadi. Agar tuproqlar kuchli ishqoriy (sho'rxok va sho'rtob tuproqlar) bo'lsa, u holda ishqoriylikni kamaytirish uchun tuproq gipslanadi — unga maydalangan gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ qo'shiladi.

Tuproqni ohaklash yoki gipslash zarurligi eritmaning (tuzli so'rimning) vodorod ko'rsatkichini hisobga olib aniqlanadi; pH ning qiymatiga qarab jadvallar bo'yicha solinadigan moddalarning miqdori aniqlanadi.

## 5.13- §. Kislota va asoslarning protolitik nazariyasi

Elektrolitik dissotsilanish nazariyasi elektrolitlarning suvdagi eritmalarida boradigan juda ko'p hodisa va jarayonlarni tushuntirib berdi. Masalan, turli xil neytrallanish reaksiyalarida

$$NaOH+HCl=NaCl+H_2O$$
$$KOH+HNO_3=KNO_3+H_2O$$

issiqlik effekti qiymatining bir xil bo'lishi (57,3 kJ/mol) $H^+$ va $HO^-$ ionlardan kam dissotsilanadigan suv molekulalarining hosil bo'lishi bilan izohlanadi:

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

NaCl va $KNO_3$ eritmalari aralashtirilganda

$$Na^+ + Cl^- + R^+ + NO_3^- = Na^+ + NO_3^- + K^+ + Cl^-$$

issiqlik effekti kuzatilmaydi. Bunga sabab shuki, $Na^+$, $Cl^-$, $K^+$, $NO_3^-$ ionlar orasida kimyoviy reaksiya sodir bo'lmaydi, bu hol ionli tenglamadan ham ko'rinib turibdi.

Elektrolitik dissotsilanish eritmalar nazariyasining yanada rivojlanishiga va eritmalarda sodir bo'ladigan jarayonlarni o'rganishga asos bo'ldi. Uning kimyodagi katta ahamiyati ana shundadir. Lekin bu nazariya suvsiz eritmalarda boradigan jarayonlarni tushuntirib bera olmaydi. Masalan, agar ammoniy xlorid suvdagi eritmada tuz kabi bo'lsa ($NH^+$ va $Cl^-$ ionlariga dissotsilanadi), u suyuqlantirilgan ammiakda kislota xossalarini namoyon qiladi — metallarni eritib, vodorod ajratib chiqaradi. Suyuq vodorod ftoridda yoki suvsiz sulfat kislotada eritilgan nitrat kislota asos sifatida ta'sir etadi. Bu dalillar elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga mos kelmaydi. Ularni kislota *va asoslarning protolitik nazariyasi* tushuntirib beradi, bu nazariyani 1923- yilda bir-biridan bexabar holda daniyalik olim Brensted bilan ingliz olimi Louri taklif etganlar.

Bu nazariyaga muvofiq:

**Berilgan reaksiyada molekula yoki ionlari protonlar ajratib chiqaradigan moddalar *kislotalar* deyiladi. Molekula yoki ionlari protonlarni biriktirib oladigan moddalar *asoslar* deyiladi. Bunday moddalarning ikkalasi ham umumiy nom bilan *protolitlar* deb ataladi.**

Proton ajralib chiqish reaksiyasi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$\text{kislota} = \text{asos} + H^+$$

Bunday jarayonda kislota bilan asos *bir-biriga bog'liq* deyiladi. Bu kislota — asos juftidir. Masalan, $H_3O^-$ ion — kislota, asos $H_2O$ ga bog'liq, xlorid — ion $Cl^-$ esa — asos bo'lib, kislota HCl ga bog'liq.

Eritmalarda erkin protonlar mustaqil ravishda mavjud bo'lmaydi. Ular kislotadan biror asosga o'tadi. Shu sababli eritmada doimo ikkita jarayon sodir bo'ladi:

$$\text{kislota} = \text{asos}_1 + H^+$$
$$\text{asos}_2 + H^+ = \text{kislota}_2$$

va ular orasidagi muvozanat ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$\text{kislota}_1 + \text{asos}_2 \rightleftarrows \text{asos}_1 + \text{kislota}_2$$

Masalan, sirka kislotaning ammiak ta'sirida neytrallanish reaksiyasini quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$CH_3COOH = CH_3COO^- + H^+$$
$$NH_3 + H^+ = NH_4$$
$$\overline{CH_3COOH + NH_3 \rightleftarrows CH_3COO^- + NH_4^+}$$
$$\text{kislota}_1 \quad \text{asos}_2 \quad \text{asos}_1 \quad \text{kislota}_2$$

Bu yerda sirka kislota — ($H^+$ protonlarini beradi), ammiak asos bo'ladi (protonlarni biriktirib oladi), $CH_3COO^-$ ionlar asos sifatida bo'ladi (bu

qaytar jarayonda ular protonlarni biriktirib olishi va yana sirka kislotalarga aylanishi mumkin), ammoniy ionlari $NH_4^+$ esa kislota vazifasini bajaradi (protonlar berishi mumkin).

Suyuq vodorod ftoridda eritilgan nitrat kislotaning asos xossalarini namoyon qilishini ham xuddi shunga o'xshash tasvirlash mumkin:

$$\underset{\text{kislota}_1}{HF} + \underset{\text{asos}_2}{HNO_3} \rightleftarrows \underset{\text{asos}_1}{F^-} + \underset{\text{kislota}_2}{[H_2NO_3]^+}$$

Shunday qilib, kislota va asosdan doimo bir-biriga bog'langan yangi kislota va asos olinadi. Protolitik nazariya neytrallanish reaksiyasini protonning kislotadan asosga o'tishi sifatida qaraydi.

Ko'rinib turibdiki, protolitik nazariya elektrolitik dissotsilanish nazariyasidagiga nisbatan kislota va asoslar doirasini kengaytirdi: ionlar ham kislota va asos bo'lishi mumkin. Bitta moddaning o'zi nima bilan reaksiyaga kirishayotganiga qarab kislota yoki asos bo'la oladi. Bu nazariya kislota va asoslar haqidagi tushuncha nisbiy ekanligini ko'rsatib berdi va ularning o'zaro ta'sir mahsulotlarini yangi kislota va asoslar sifatida qarash lozimligini ko'rsatdi. Protolitik nazariya kislota va asoslarning zamonaviy va ancha umumiy nazariyasidir.

## 5.14- §. Namunaviy masalalar yechish. Moddalarning suvda eruvchanligi

**1- masala.** Tuzning eruvchanlik koeffitsiyenti 17 ga teng. 220 g to'yingan eritmada shu tuzdan necha gramm bo'ladi?

*Yechish.* 100 g suvda 17 g tuz bor. Tarkibida 17 g tuz bor eritmaning massasi (100+17) g =117 g bo'ladi:

117 g da — 17 g tuz bor
220 g da — $x$ g tuz bor

Proporsiya tuzamiz: 117: 17=220: $x$ va quyidagini topamiz:

$$x = \frac{270 \cdot 17}{117}\text{g} = 31{,}97\text{ g}$$

**2- masala.** 25 °C da to'yingan 160 g eritmada 21 g tuz bor. Shu tuzning eruvchanlik koeffitsiyentini aniqlang.

*Yechish.* 160 g eritma tarkibidagi suvning massasi (160 — 21) g =139 g bo'ladi:

139 g suvga — 21 g tuz to'g'ri keladi.
100 g suvga — $x$ g tuz to'g'ri keladi.

Proporsiya tuzamiz: 139 : 21=100 : $x$, bundan

$$x=\frac{100\cdot 21}{139}\text{ g}=15{,}1\text{ g}$$

**3 - masala.** Ammoniy xloridning 50 °C dagi eruvchanlik koeffitsiyenti 50 g ga, 15 °C da esa — 35 g ga teng. 50 °C da to'yintirilgan $NH_4Cl$ ning 330 g eritmasi 15 °C ga qadar sovitilsa, necha gramm tuz cho'kmaga tushadi?

*Yechish.* Tarkibida 50 g $NH_4Cl$ bor, 50 °C da to'yintirilgan eritmaning massasini aniqlaymiz: 100+50=150 g. Tarkibida 15 °C da 35 g $NH_4Cl$ bo'ladigan eritmaning massasi 100+35=135 g ga teng.

Demak, 50 °C to'yintirilgan 150 g eritma sovitilganda 150−135=15 g cho'kma tushadi:

150 g dan — 15 g cho'kma
330 g dan — $x$ g cho'kma

Proporsiya tuzamiz: 150 : 15=330 : $x$ va quyidagini topamiz:

$$x=\frac{330\cdot 15}{150}\text{ g}=33\text{ g}$$

## Erigan moddaning massa ulushi

**1- masala.** 30 g kaliy xlorid 400 g suvda eritildi. Eritmadagi KCl ning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Kaliy xlorid eritmasining umumiy massasini hisoblab topamiz:

$$m=(400+30)\text{ g}=430\text{ g}$$

Erigan moddaning massasi $m_m$=30 g. Bunda (5.1) tenglamaga muvofiq quyidagini olamiz: $\omega_m$=30/430 = 0,070 yoki 7%. Shunday qilib, 100 g eritmada 7 g KCl bo'ladi, ya'ni KCl ning massa ulushi 0,070 ga, ya'ni 7% ga teng.

**2- masala.** Zichligi 1,1 g/ml bo'lgan 200 ml 16% li eritma tayyorlash uchun qancha kaliy xlorid olish kerak?

*Yechish.* Tayyorlanishi lozim bo'lgan eritmaning massasini aniqlaymiz: 200 · 1,1=220 g. Erigan moddaning massa ulushi $\varpi_m$=0,16(16%). Bu ma'lumotlarni (5.1) tenglamaga qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$0{,}16=\frac{m_m}{220},\text{ bunda }m_m=0{,}16\cdot 220\text{ g}=35{,}2\text{ g KCl}$$

**3- masala.** Mis (II) sulfatning 300 g 10% li eritmasini tayyorlash uchun qancha mis kuporosi $CuSO_4\cdot 5H_2O$ va suv olish kerak?

*Yechish.* 300 g 100% li eritma tayyorlash uchun qancha $CuSO_4$ kerak bo'lishini aniqlaymiz:

$$100\ g\ —\ 10\ g$$
$$300\ g\ —\ x\ g$$

Proporsiya tuzamiz: 100:10=300:$x$, bundan

$$x = \frac{300 \cdot 10}{100}\ g = 30\ g$$

Mis kuporosining molyar massasi (yaxlitlangani 250 g/mol) bilan mis (II) sulfatning molyar massasini (160 g/mol) bilgan holda $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ning qancha massasida 300 g $CuSO_4$ bo'lishini aniqlaymiz:

$$160\ g\ CuSO_4 — 250\ g\ CuSO_4 \cdot 5H_2O$$
$$30\ g\ CuSO_4 — y\ g\ CuSO_4 \cdot 5H_2O$$

Proporsiya tuzamiz: 160:250 = 30:$y$ va quyidagini topamiz:

$$y = \frac{30 \cdot 250}{160} = 46{,}9\ g.$$

Shunday qilib, eritma tayyorlash uchun 46,9 g mis kuporosi va (300−46,9)=253,1 suv kerak bo'lar ekan.

**4- masala.** NaOH ning 200 ml 40% li eritmasiga (zichlik 1,44 g/ml) 150 ml suv qo'shildi. Olingan eritmadagi NaOH ning massa ulushini aniqlang. Suvning zichligini 1 g/ml deb qabul qiling.

*Yechish.* 200 ml boshlang'ich eritmaning massasini aniqlaymiz:

$$200 \cdot 1{,}44 = 288\ g$$

288 g 40% li eritma tarkibidagi NaOH ning massasini topamiz:

$$100\ g\ da\ —\ 40\ g\ NaOH\ bor$$
$$288\ g\ da\ —\ x\ g\ NaOH\ bor$$

Proporsiya tuzamiz: 100:40=288:$x$, bundan

$$x = \frac{288 \cdot 40}{100}\ g = 115{,}2\ g.$$

Suvning zichligi 1 g/ml ga teng bo'lganligi uchun qo'shilgan suvning massasi 150 g ga, eritmaning suv qo'shilgandan keyingi massasi esa (288+150) g = 438 ga teng. Hosil bo'lgan eritmadagi NaOH ning massa ulushini aniqlaymiz:

$$438\ g\ da\ —\ 115{,}2\ g\ NaOH\ bor$$
$$100\ g\ da\ —\ y\ g\ NaOH\ bor$$

Proporsiya tuzamiz: 438:115,2=100:$y$, bundan

$$y = \frac{100 \cdot 115,2}{328} \text{g} = 26,3 \text{g}$$

Demak, hosil bo'lgan eritmada NaOH ning massa ulushi 26,3% ga teng.

## Molyar konsentratsiya

**1- masala.** 200 ml 0,3 M eritma tayyorlash uchun necha gramm kaliy karbonat kerak bo'ladi?

*Yechish.* Masala shartida $(K_2CO_3) = 0,3$ mol/l, $V = 0,2$ l. Bu qiymatlarni (5.2) tenglamaga qo'ysak, $0,3 = n(K_2CO_3)/0,2$ ni olamiz, bundan $n(K_2CO_3) = 0,3 \cdot 0,2$ mol $= 0,06$ mol.

Kaliy karbonatning molyar massasi 138 g/molga teng, shu sababli uning 0,06 moli $0,06 \cdot 138$ g=8,28 g ga teng, ya'ni eritma tayyorlash uchun 8,28 g kaliy karbonat kerak bo'ladi.

**2- masala.** 300 ml eritmada 40 g natriy sulfat bor. Eritmaning molyar konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish.* Natriy sulfatning molyar massasi 142 g/molga teng. 40 g natriy sulfat moddasining miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{40}{142} \text{ mol} = 0,28 \text{ mol}$$

300 ml da — 0,28 mol $Na_2SO_4$ bor
1000 ml da — $x$ $Na_2SO_4$ bo'ladi

Proporsiya tuzamiz: 300 : 0,28 = 1000 : $x$, bundan;

$$x = \frac{1000 \cdot 0,28}{300} = \text{mol} = 0,93 \text{mol}$$

ya'ni eritmaning konsentratsiyasi 0,93 M.

**3- masala.** $KMnO_4$ ning 120 ml 0,02 M eritmasini tayyorlash uchun uning 0,1 M eritmasidan necha ml olish kerak? Bunda boshlang'ich eritmani necha marta suyultirish lozim?

*Yechish.* $KMnO_4$ ning 120 ml 0,02 M eritmasini tayyorlash uchun

$$\frac{120 \cdot 0,02}{1000} \text{ mol} = 0,0024 \text{ mol } KMnO_4$$

olish kerak. Tarkibida shuncha miqdorda kaliy permanganat bor 0,1 M eritmaning hajmini aniqlaymiz:

1000 ml da — 0,1 mol $KMnO_4$
$x$ ml da — 0,0024 mol $KMnO_4$

Proporsiya tuzamiz: 1000:0,1=$x$ : 0,0024, bundan:

$$x = \frac{0{,}0024 \cdot 1000}{0{,}1}\ \text{ml} = 24\ \text{ml 0,1 M } KMnO_4.$$

Boshlang'ich eritma 120/24 = 5 marta suyultiriladi.

### Eritmalarda boradigan reaksiyalarning tenglamalari bo'yicha hisoblashlar

**1- masala.** 4 g natriy gidroksidni neytrallash uchun sulfat kislotaning 0,1 M eritmasidan necha ml kerak bo'ladi?

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

Reaksiyaga kirishayotgan moddalarning molyar massalari: natriy gidroksidniki — 40 g/mol, sulfat kislotaniki — 98 g/mol. Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, 2 mol NaOH 1 mol $H_2SO_4$ bilan o'zaro ta'sirlashadi, ya'ni 2 · 40g = 80 g NaOH bilan reaksiyaga kirishish uchun 1 · 98 g $H_2SO_4$ kerak bo'ladi. Shunga asoslanib quyidagicha yozamiz:

80 g NaOH uchun — 98 g $H_2SO_4$
4 g NaOH uchun —$x$ g $H_2SO_4$

Proporsiya tuzamiz: 80 : 98=4 : $x$, bundan:

$$x = \frac{4 \cdot 98}{80} = 4{,}9\ \text{g 100\% li } H_2SO_4$$

4,9g $H_2SO_4$ 4,9/98 = 0,05 molni tashkil etadi.

0,1 M eritmaning kerakli hajmini aniqlaymiz:

0,1 mol $H_2SO_4$—1000 ml da
0,05 mol $H_2SO_4$—$y$ ml da

Proporsiya tuzamiz: 0,1:1000 = 0,05:$y$, bundan

$$y = \frac{0{,}05 \cdot 1000}{0{,}1} = 500\text{ml}$$

**2- masala.** Mol miqdor ruxga xlorid kislotaning 30 ml 20% li eritmasi (eritmaning zichligi 1,1 g/ml) ta'sir ettirilganda normal sharoitda necha litr vodorod ajralib chiqadi?

*Yechish.* Reaksiyaning tenglamasini yozamiz:

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

30 ml 20% li HCl ning massasi 30·1,1=33 g bo'ladi. 33 g 20% li eritmada 33·20/100=6,6 g HCl (100% li) bo'ladi.

HCl ning molyar massasi 36,5 g/molga teng, vodorodning normal sharoitdagi molyar hajmi 22,4 l/mol. Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, 2 mol HCl rux bilan o'zaro ta'sir ettirilganda 1 mol $H_2$ ajralib chiqadi. Shunday qilib, 2·36,5=73 g. HCl rux bilan o'zaro ta'sir ettirilganda 1·22,4 l $H_2$ ajralib chiqadi.

73 g HCl—22,4 litr $H_2$
6,6 g HCl—$x$ litr $H_2$

Proporsiya tuzamiz: 73:22,4=6,6 : $x$, bundan

$$x = \frac{6,6 \cdot 22,4}{73} = 2,03 \text{ litr } H_2$$

**3- masala.** NaOH ning zichligi 1,27 g/ml bo'lgan 40 ml 25% li eritmasi bilan $FeCl_3$ ning 60 ml 0,5 M eritmasi aralashtirilganda tushadigan cho'kmaning massasi qancha bo'ladi?

*Yechish.* 40 ml 25% li NaOH eritmasining massasi 1,27· 40=50,8 g bo'ladi. 50,8 g 25% li eritmada quyidagi miqdorda

$$\frac{50,8 \cdot 25}{100} = 12,7 \text{ g NaOH}$$

bo'ladi. NaOH ning molyar massasi 40 g/molga tengligi sababli, 12,7 g miqdori 12,7/40 mol = 0,32 mol NaOH bo'ladi.

60 ml 0,5 M $FeCl_3$ eritmasida 60·0,5/1000 mol = 0,3 mol $FeCl_3$ bor.

Reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$FeCl_3+3NaOH=Fe(OH)_3+3NaCl$$

tenglamadan ko'rinib turibdiki, 1 mol $FeCl_3$ 3 mol $NaOH_3$ bilan reaksiyaga kirishadi, binobarin, 0,03 mol $FeCl_3$ bilan 0,09 mol NaOH reaksiyaga kirishadi. Demak, natriy gidroksid ortiqcha miqdorda olingan va cho'kmaning massasini temir (III) xlorid moddasining miqdoriga qarab hisoblash kerak.

1 mol $FeCl_3$ dan 1 mol $Fe(OH)_3$, 0,03 mol $FeCl_3$ dan esa 0,03 mol $Fe(OH)_3$ olinishi mumkin. Temir (III) gidroksidning molyar massasi 107 g /molni tashkil etadi. Demak, reaksiya natijasida 0,03·107g=3,21 g $Fe(OH)_3$ cho'kmasi hosil bo'ladi.

## Elektrolitlar eritmalaridagi almashinish reaksiyalari

**1- masala.** Reaksiya ushbu tenglamaga muvofiq boradi:

$$3Ba^{2+}+2PO_4^{3-}=Ba_3(PO_4)_2\downarrow$$

Shu reaksiyaga muvofiq keladigan ikkita tenglamani molekular shaklda yozing.

*Yechish.* Boshlang'ich tenglamaning chap qismidagi ionlarga qo'shimcha ravishda zaryadining qiymati bir-biriga qarama-qarshi va koeffitsiyentlari moddalarning formulasini tuzishga imkon beradigan ionlarni yozamiz. Bunda boshlang'ich moddalar suvda yaxshi erishini e'tiborga olamiz. So'ngra qo'shimcha yozilgan ionlarni o'sha koeffitsiyentlari bilan tenglamaning o'ng qismiga ham yozamiz:

$$3Ba^{2+}+2PO_4^{3-}=Ba_3(PO_4)_2$$
$$6Cl^-+6H^+=6Cl^-+6H^+$$

Ikkala tenglikdagi ionlarni molekula holida birlashtirib, reaksiyaning molekular shakldagi tenglamasini hosil qilamiz:

$$3BaCl_2+2H_3PO_4=Ba_3(PO_4)_2\downarrow+6HCl$$

Xuddi shu yo'l bilan boshqa mos ionlarni ham tanlaymiz:

$$3Ba^{2+}+2PO_4^{3-}=Ba_3(PO_4)_2\downarrow$$
$$6NO_3^-+6Na^+=6NO^{-3}+6Na^+$$

Molekular shakldagi ikkinchi tenglamani hosil qilamiz:

$$3Ba(NO_3)_2+2Na_3PO_4=Ba_3(PO_4)_2\downarrow+6NaNO_3$$

**2- masala.** Aluminiy xlorid bilan kumush nitrat orasidagi reaksiyalarning tenglamalarini molekular va ionli shaklda yozing. Mohiyati ana shu birinchi ionli tenglama bilan ifodalanadigan boshqa reaksiyaga misol keltiring.

*Yechish.* Reaksiyaning molekular shakldagi tenglamasini tuzamiz:

$$AlCl_3+3AgNO_3=3AgCl\downarrow+Al(NO_3)_3$$

Yaxshi dissotsilanadigan moddalarni ion holida tasvirlab, reaksiyaning ionli tenglamasini hosil qilamiz:

$$\underline{Al}^{3+}+3Cl+3Ag^++\underline{\underline{3NO_3}}^-=3AgCl\downarrow+\underline{Al}^{3+}+\underline{\underline{3NO_3}}^-$$

Tenglikning ikkala qismidan bir xil ionlarni, ya'ni reaksiyada ishtirok etmaydigan ionlarni (ularning tagiga chizilgan) chiqarib tashlaymiz. Reaksiyaning qisqartirilgan ionli tenglamasini yozamiz:

$$3Ag^++3Cl^-=3AgCl\downarrow \text{ yoki } Ag^++Cl^-=AgCl\downarrow$$

Elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga muvofiq qisqartirilgan ionli tenglama bilan tasvirlanadigan reaksiyaning mohiyati kumush ionlarining xlorid-ionlar bilan o'zaro ta'siridan iborat. Boshqa ionlar reaksiyada ishtirok etmaydi.

Xuddi o'sha qisqartirilgan ionli shakldagi tenglama bilan ifodalanadigan boshqa reaksiyaga misol:

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$$

$$NO^-_3 + H^+ = NO_3^- + H^+$$

Tenglamaning molekular shakli:

$$AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3$$

## Vodorod ko'rsatkich

**1- masala.** Sulfat kislota to'liq dissotsilanadi, deb hisoblab, uning 0,012 M eritmasining pH ini aniqlang.

*Yechish.* Sulfat kislotaning ionlarga to'liq dissotsilanish tenglamasini yozamiz:

$$H_2SO_4 \rightleftarrows 2H^+ + SO_4^{2-}$$

Ko'rinib turibdiki, 1 mol kislotadan 2 mol $H^+$ hosil bo'ladi. Shunga mos ravishda 0,012 mol kislotadan 0,024 mol $H^+$ hosil bo'ladi. Eritmada vodorod ionlarining konsentratsiyasi 0,024 mol/l ga teng bo'ladi. Bundan

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 0{,}024 = 1{,}62$$

**2- masala.** Natriy gidroksid 0,005 M eritmasining pH ini aniqlang.

*Yechish.* Eritmada kuchli elektrolit — natriy gidroksid ionlariga to'liq dissotsilanadi:

$$NaOH \rightleftarrows Na^+ + OH^-$$

1 mol NaOH dan 1 mol $OH^-$, 0,005 mol NaOH dan esa 0,005 mol $OH^-$ hosil bo'ladi. Demak, $OH^-$ ionlarning konsentratsiyasi 0,005 mol/l ga teng.

Suvning ion ko'paytmasi qiymatini $[H^+][HO^-] = 10^{-14}$ bilgan holda vodorod ionlarining konsentratsiyasini topamiz:

$$[H+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{0{,}005}\ \text{mol/l} = 2\cdot 10^{-12}\ \text{mol/l}$$

Bundan

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(2\cdot 10^{-12}) = 11{,}7.$$

**3- masala.** Xlorid kislota eritmasining vodorod ko'rsatkichi 2,1 ga teng. Eritmadagi xlorid kislotaning konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish.* Eritmadagi vodorod ionlarining konsentratsiyasini $x$ bilan belgilaymiz. U holda $-\lg x = 2{,}1$ yoki $\lg x = -2{,}1$. Logarifmni uning

xarakteristikasi manfiy, mantissasi esa – musbat bo'ladigan qilib o'zgartiramiz. (1 ni olamiz va 1 qo'shamiz): pH = −2,1 = (−2−1) + (−0,1+ 1) = =−3 + 0,9; −3=lg$10^{-3}$; 0,9 =lg8. Bundan lg$x$=lg8+lg$10^{-3}$=lg(8·$10^{-3}$) va $x = 8 \cdot 10^{-3}$, ya'ni $[H^+] = 8 \cdot 10^{-3} = 0{,}008$ mol/l.

Eritmada kuchli xlorid kislota ionlarga to'liq dissotsilanadi:

$$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-$$

1 mol HCl dan 1 mol $H^+$ ionlar, 0,008 mol HCl dan esa 0,008 mol $H^+$ ionlar hosil bo'ladi. Demak, eritmadagi xlorid kislotaning konsentratsiyasi 0,008 mol/l ga teng.

## 5- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**5.1.** Hajmi 750 ml bo'lgan xlorid kislota eritmasi mo'l miqdorda olingan potash bilan reaksiyasi natijasida 2,8 l (n.sh.) gaz modda hosil bo'lsa, xlorid kislota eritmasining molyar konsentratsiyasini hisoblang.

A) 0,33; B) 0,48; C) 0,68; D) 0,26; E) 0,16.

*Yechish.* Sodir bo'ladigan kimyoviy jarayon tenglamasiga

$$2HCl+K_2CO_3=2KCl+H_2O+CO_2$$

binoan kislotaning mol miqdori hosil bo'lgan karbonat angidrid miqdoridan ikki marta katta bo'ladi. 2,8 litr gazning modda miqdori 0,125 mol (2,8 l : 22,4 l/mol = 0,125 mol) bo'lgan: unda reaksiyada qatnashgan kislota miqdori 0,25 mol bo'ladi.

Uning molyar konsentratsiyasi

$$C_M(HCl) = \frac{n(HCl), mol}{V(eritma)l} = \frac{0,25mol}{0,75l} = 0,33mol/l$$

*Javob*: **A** bo'ladi.

**5.2.** Tarkibida 21 g kaliy gidroksid tutgan 300 ml ($\rho$=1,01 g/mol) eritmaning molyar konsentratsiyasini va ishqorning massa ulushini (%) hisoblang.

A) 0,6, 3; B) 0,9, 5,6; C) 1,1, 6,0; D) 1,35, 6,5; E) 1,25, 6,9.

*Yechish.* Eritmadagi ishqorning massa ulushini topish uchun ishqor massasini eritma massasiga bo'lish kerak:

$$\omega(KOH) = \frac{m(KOH), g}{m(eritma), g} = \frac{21}{300 \cdot 1,01} = 0,069 \xrightarrow{\times 100\%} 6,9\%$$

Eritmaning molyar konsentratsiyasi

$$C_M(KOH) = \frac{n(KOH), mol}{V(eritma), l} = \frac{21:56}{0,300} = 1,25mol/l$$

*Javob:* **E** bo'ladi.

**5.3.** Bir eritmaning o'zida qaysi moddalarning suvli eritmasida $HO^-$ va $HCO_3^-$ anionlari bo'ladi?

1) kalsiy gidrokarbonat; 2) kalsiy karbonat:

3) natriy karbonat; 4) malaxit; 5) potash; 6) dolomit.

A) 1,2,3; B) 2,3,5; C) 4,6; D) 3,5; E) 1,5,6.

*Yechish.* Bir eritmada ikkita anion bo'lishi uchun kuchli ishqorning karbonati (natriy va kaliy karbonatlari) gidroliz reaksiyasida qatnashgandagina bo'lishi mumkin:

3) $Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH$

qisqartirilgan ion tenglamasi:

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$$

5)$K_2CO_3$ gidrolizda ham xuddi shunday imkoniyat bor.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**5.4.** Temperatura 50°C bo'lganda 400 g suv 2 mol kaliy sulfat eriydi. Shu temperaturadagi tuzning eruvchanlik koeffitsiyentini hisoblang.

A) 84; B) 87; C)89; D) 72; E )75.

*Yechish.* Eruvchanlik koeffitsiyenti 100 g suvda berilgan temperaturada to'yingan eritma hosil qilish uchun sarf bo'lgan tuzning massasiga (g) teng.

Agar 400 g suvda 2 mol $K_2SO_4(M_r=174)$ erisa, uning massasi 348 g bo'ladi. Eruvchanlik koeffitsiyenti esa 348:4=87g bo'ladi. U quyidagicha ifodalanadi: $S_{50°C}(K_2SO_4)=87/100g$.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**5.5.** Konsentratsiyasi 2 mol/l bo'lgan ftorid kislotaning 1l miqdorida eritmadagi elektrolit molekulalaridan $1{,}2\cdot10^{23}$ tasi ionlarga dissotsilangan bo'lsa, kislotaning dissotsilanish darajasini hisoblang.

A) 0,066; B) 0,099; C) 0,08; D) 0,075; E) 0,07.

*Yechish.* Elektrolitlarning dissotsilanish darajasi (5.9-§ ga qarang)

$$\alpha = \frac{\text{dissotsilangan molekulalar}}{\text{eritilgan molekulalar soni}} = \frac{1{,}2\cdot10^{23}}{2\cdot6{,}02\cdot10^{23}} = 0{,}099 \text{ ga teng bo'ladi.}$$

*Javob*: **B** bo'ladi.

## *6-BOB.* ANORGANIK BIRIKMALARNING ENG MUHIM SINFLARI

### 6.1-§. Oksidlar

Moddalarni klassifikatsiyalash ularni o'rganishni osonlashtiradi. Birikmalar sinflarining o'ziga xos xususiyatlarini bilgan holda ular alohida vakillarining xossalarini ta'riflab berish mumkin. Anorganik birikmalarning eng muhim sinflari oksidlar, kislotalar, asoslar va tuzlardir.

**Biri kislorod bo'lgan ikki elementdan tarkib topgan moddalar *oksidlar* deyiladi.**

Deyarli barcha kimyoviy elementlar oksidlar hosil qiladi. Hozirgi vaqtga qadar uchta elementning — nodir gazlardan neon, geliy va argonning oksidlari hali olinmagan.

**Oksidlarning nomlanishi.** Xalqaro nomenklaturaga muvofiq oksidlarning nomi nisbiy elektrmanfiyligi kamroq element nomi bilan nisbiy elektrmanfiyligi katta element lotincha nomining o'zagiga **id** qo'shimchasini qo'shib hosil qilinadi (2.2-jadvalga q.). Agar element bir necha oksid hosil qiladigan bo'lsa, u holda ularning nomida elementning oksidlanish darajasi nomidan keyin qavs ichida rim raqami bilan ko'rsatiladi. Masalan, $H_2O$ — vodorod oksidi (suv), FeO — temir(II) oksid, $Fe_2O_3$ — temir (III) oksid, $P_2O_3$ — fosfor (III) oksid, $P_2O_5$ — fosfor (V) oksid, $P_4O_6$ —tetrafosfor geksaoksid, $P_4O_{10}$ — tetrafosfor deksaoksid, $Cu_2O$ — mis(I) oksid.

Elementlar kislorodli birikmalarining alohida gruppasini peroksidlar tashkil etadi. Ular odatda kuchsiz kislota xossalarini namoyon qiladigan vodorod peroksid $H_2O_2$ ning tuzlari sifatida qaraladi. Peroksidlarda vodorod atomlari faqat boshqa elementlar atomlari bilangina emas, balki o'zaro kimyoviy bog'lanish orqali bog'langan bo'ladi (*peroksid gruppa* — O — O — ni hosil qiladi). Masalan, natriy peroksid (perokso — O —O —gruppaning nomi). Peroksidlarda elementlarning oksidlanish darajasini to'g'ri aniqlay bilish lozim. Masalan, bariy peroksid $BaO_2$ da bariyning oksidlanish darajasi +2 ga, kislorodniki — 1 ga teng.

Kimyoviy xossalariga ko'ra oksidlar uchta guruhga: asosli, kislotali va amfoter oksidlarga bo'linadi.

**Asosli oksidlar.** Agar oksidlarga asoslar muvofiq kelsa, bunday oksidlar asosli oksidlar deyiladi. Masalan, $Na_2O$, CaO, FeO, NiO asosli oksidlar hisoblanadi, chunki ularga asoslar NaOH, $Ca(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Ni(OH)_2$ muvofiq keladi. Ba'zi asosli oksidlar

suv bilan o'zaro ta'sir ettirilganda asoslar hosil bo'ladi. Masalan:

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH; \qquad CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

Boshqa asosli oksidlar suv bilan bevosita o'zaro ta'sirlashmaydi, ularga to'g'ri keladigan asoslar esa tuzlardan olinadi. Masalan:

$$NiSO_4 + 2NaOH = Ni(OH)_2 + Na_2SO_4$$

Asosli oksidlarni faqat metallar hosil qiladi.

**Kislotali oksidlar.** Agar oksidlarga kislotalar muvofiq kelsa, bunday oksidlar kislotali deyiladi. Masalan, $CO_2$, $P_2O_5$, $SO_2$, $SO_3$ — kislotali oksidlar, chunki ularga kislotalar — $H_2CO_3$, $H_3PO_4$, $H_2SO_3$, $H_2SO_4$ muvofiq keldi. Kislotali oksidlarning ko'pchiligi suv bilan o'zaro ta'sir ettirilganda kislotalar hosil qiladi, masalan:

$$CO_2+H_2O=H_2CO_3 \qquad SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

Ba'zi kislotali oksidlar suv bilan o'zaro ta'sirlashmaydi. Lekin ularning o'zi tegishli kislotadan olinishi mumkin. Masalan:

$$H_2SiO_3=SiO_2+H_2O$$

Kislotali oksidlarni metallmaslar va yuqori oksidlanish darajasini namoyon qiladigan metallar hosil qiladi (masalan, $Mn_2O_7$ oksidga permanganat kislota $HMnO_4$ muvofiq keladi).

**Amfoter oksidlar.** Sharoitga qarab asos yoki kislota xossalarini namoyon qiladigan, ya'ni ikki xil xossalarga ega bo'lgan oksidlar amfoter oksidlar deyiladi. Ularga ba'zi metallarning oksidlari: ZnO, $Al_2O_3$, $Cr_2O_3$ va b. kiradi.

Amfoter oksidlar suv bilan bevosita birikmaydi, lekin ular kislotalar bilan ham, asoslar bilan ham reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$$
$$ZnO+2NaOH+H_2O=Na_2[Zn(OH)_4]$$

$Al_2O_3$ ishqorlar yoki ishqoriy metallarning karbonatlari bilan birga suyuqlantirilgan metaaluminatlar (suvsiz aluminatlar) hosil bo'ladi:

$$Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO+H_2O$$
$$Al_2O_3+Na_2CO_3=2NaALO_2+CO_2$$

Oksidlarning xossalarini D.I. Mendeleyevning elementlar davriy sistemasidan foydalanib ko'rib chiqish qulay. Masalan, III davr elementlari oksidlarining $Na_2O$, MgO, $Al_2O_3$, $SiO_2$, $P_2O_5$,

$SO_3$, $Cl_2O_7$ xossalari ular atomlarining tuzilishiga (2.6-§) muvofiq ravishda asoslidan ($Na_2O$, MgO) amfoter oksidlar ($Al_2O_3$) orqali kislotali oksidlarga ($SiO_2$, $P_2O_5$, $SO_3$, $Cl_2O_7$) qadar qonuniyat bilan o'zgaradi. Bunday o'zgarish 1 va 7 davrdan boshqa barcha davrlarning elementlari uchun to'g'ri keladi.

Asosli, kislotali va amfoter oksidlar *tuz hosil qiluvchi* oksidlar hisoblanadi, ya'ni kislota yoki asoslar bilan o'zaro ta'sir ettirilganda tuzlar hosil qiladi. Oksidlarning asos xossalarini ham, kislota xossalarini ham namoyon qilmaydigan va tuz hosil qilmaydigan kichikroq guruhi bor. Bunday oksidlar *befarq* yoki *indifferent* oksidlar deyiladi. Ularga masalan, uglerod (II) oksid CO, azot (I) oksid $N_2O$, azot (II) oksid NO va kremniy (II) oksid SiO kiradi.

**Oksidlarning olinishi.** Oksidlar turli xil usullar bilan olinadi. Bulardan uch xil usul asosiy hisoblanadi.

1. Oddiy moddaning kislorod bilan (turli xil sharoitda) bevosita birikishi. Masalan:

$$C+O_2=CO_2; \qquad 4K+O_2=2K_2O$$

2. Murakkab moddalarni yondirish. Masalan:

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$$

3. Kislorodli birikmalarning: karbonatlar, nitratlar, gidroksidlarni qizdirilganda parchalanishi. Masalan:

$$CaCO_3=CaO+CO_2 \quad 2Cu(NO_3)_2=2CuO+4NO_2+O_2;$$
$$2Fe(OH)_3=Fe_2O_3+3H_2O$$

Oksidlarning fizik xossalari turli-tumandir. Ulardan ba'zilari gazsimon moddalar ($CO_2$, $SO_2$, NO va b.), boshqalari —suyuqliklar ($N_2O_3$, $N_2O_4$, $Cl_2O_7$ va b.), ayrimlari — qattiq moddalardir (barcha asosli va amfoter oksidlar, ba'zi kislotali oksidlar — $P_2O_5$, $SiO_2$ va b.).

**Kimyoviy xossalari**. Oksidlarning eng muhim kimyoviy xossalari ularning kislota va asoslarga munosabati bilan bog'liq.

1. Asosli oksidlar kislotalar bilan o'zaro ta'sirlashib, tuz va suv hosil qiladi. Masalan:

$$FeO+H_2SO_4=FeSO_4+H_2O$$

2, Kislotali oksidlar asoslar bilan o'zaro ta'sirlashib, tuz va suv hosil qiladi. Masalan:

$$SO_3+2NaOH=Na_2SO_4+H_2O$$

3. Asosli va kislotali oksidlarning o'zaro ta'siri natijasida tuzlar hosil bo'ladi. Masalan:

$$CaO+CO_2=CaCO_3$$

## 6.2- §. Kislotalar

Kislotalar sinfining elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga ko'ra ta'rifini 5.8- § dan q. Kislotalarning dissotsilanish tenglamalariga doir o'sha o'rinda keltirilgan misollarni ionlarning gidratlanishini hisobga olgan holda ancha aniq yozish mumkin:

$$HCl(gaz) \rightleftarrows H^+(suvda) + Cl^-(suvda)$$
$$CH_3COOH(suvda) \rightleftarrows H^+(suvda) + CH_3COO^-(suvda)$$

Ko'rinib turibdiki, kislotalar suvda vodorod ionlari bilan kislota qoldig'i ionlariga — anionlarga dissotsilanadi. Kislotalar vodorod ionlaridan boshqa hech qanday kationlar hosil qilmaydi. Kislotalarning dissotsilanish mexanizmi 5.6- rasmda keltirilgan edi: qutbli molekulalar atrofida qutbli molekulalar ionli molekulalar, ionli molekulalar esa gidratlangan ionlarga aylanadi.

Kislota qoldig'ining (anionning) zaryadi kislotaning har bir molekulasi dissotsilanganda hosil qiladigan vodorod ionlarining soni bilan aniqlanadi. Xlorid va nitrat kislotalar faqat bir zaryadli kislota qoldiqlari hosil qiladi ($Cl^-$, $NO_3^-$); sulfat kislotaning ($H_2SO_4$) molekulasi ikki xil kislota qoldig'i: bir zaryadli ($HSO_4^-$) va ikki zaryadli qoldiq ($SO^{2-}_4$) hosil qilishi mumkin; fosfat kislotaning molekulasi uchta kislota qoldig'i: bir zaryadli, ikki zaryadli va uch zaryadli qoldiqlar ($H_2PO_4$, $HPO^{2+}_4$ va $PO^{3-}_4$) hosil qilish mumkin.

Kislorodli va kislorodsiz kislotalar mavjud. Nomidan ko'rinib turibdiki, kislorodli kislotalar tarkibida kislorod atomi bo'ladi (masalan, $H_2SO_4$, $HNO_3$, $H_3PO_4$), kislorodsiz kislotalarda esa kislorod bo'lmaydi (masalan, HCl, HBr, HI, $H_2S$).

**Kislotalarning nomlanishi**. Kislotalarning nomi ular hosil qiladigan tuzlarning nomidan olinadi, masalan:

$HClO_4$ — perxlorat kislota;
$H_3PO_4$ — fosfat kislota;
$H_2SiO_3$ — silikat kislota;
HCl — xlorid kislota;
$H_3AsO_4$ — arsenat kislota
$HNO_3$ — nitrat kislota
$H_2SO_4$ — sulfat kislota
$H_2CO_3$ — karbonat kislota

Agar element bir xil oksidlanish darajasida bir necha xil kislotalar hosil qiladigan bo'lsa, u holda molekulasida kislorod atomlari kam bo'lgan kislota nomiga „meta" old qo'shimcha, kislorod atomlari soni eng ko'p bo'lganda esa „orto" old qo'shimcha qo'shiladi:

$HBO_2$ — metaborat kislota; $H_2(SiO_3)_n$ — polimetasilikat kislota
$H_3BO_3$ — ortoborat kislota; $H_4SiO_4$ — ortosilikat kislota

Kislorodsiz kislotalarning nomi metallmas nomiga „id" qo'shimcha qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi:

HF — ftorid kislota; HI — yodid kislota
HCl — xlorid kislota; $H_2S$ — sulfid kislota
HBr — bromid kislota

**Olinishi.** Kislorodli kislotalarning ko'pchiligi metallmaslar (yuqori oksidlanish darajasidagi) oksidlarini suv bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi. Masalan:

$$SO_3 + H_2O \rightleftarrows H_2SO_4; \qquad N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

Agar bunday oksidlar suvda erimaydigan bo'lsa, u holda ularga muvofiq keladigan kislotalar bilvosita yo'l bilan, chunonchi, tegishli tuzga boshqa kislota (ko'pincha sulfat kislota) ta'sir ettirish yo'li bilan olinadi. Masalan:

$$Na_2SiO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2SiO_3 \downarrow$$

Kislorodsiz kislotalar vodorodni metallmas bilan biriktirish va so'ngra vodorodli birikmani suvda eritish yo'li bilan olinadi. Bunday kislotalarga HF, HCl, HBr, HI, $H_2S$ kiradi.

Texnikada va xalq xo'jaligida eng katta ahamiyatga ega bo'lgan kislotalarning olinish usullari II qismda ko'rib chiqiladi.

**Xossalari.** Kislotalar suyuqliklar ($H_2SO_4$, $HNO_3$ va b.) yoki qattiq moddalar ($H_3PO_4$ va b.) bo'ladi. Ko'pchilik kislotalar suvda yaxshi eriydi. Ularning eritmalari nordon ta'mli bo'ladi, o'simlik va hayvon to'qimalarini yemiradi, lakmusning ko'k rangini qizilga o'zgartiradi.

Quyida kislotalarning eng muhim kimyoviy xossalari birma-bir aytib o'tilgan:

1. Metallar bilan o'zaro ta'siri (tuz hosil bo'ladi hamda vodorod ajralib chiqadi). Masalan:

$$2HCl + Fe = FeCl_2 + H_2 \uparrow$$

Bunda metallarning atomlari oksidlanadi, vodorod ionlari esa qaytariladi. Standart elektrod potensiallar qatorida vodoroddan o'ngda turgan metallar uni kislotalardan siqib chiqara olmaydi. Metallar konsentrlangan nitrat va sulfat kislotalar bilan o'zaro ta'sir ettirilganda ham vodorod ajralib chiqmaydi. Bu holda $N^{+5}$ va oltingugurt $S^{+6}$ holatidan qaytariladi (oksidlanish darajasi pasayadi).

2. Asosli oksidlar, asoslar va tuzlar bilan o'zaro ta'siri:

$$H_2SO_4 + CuO = CuSO_4 + H_2O$$
$$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O$$
$$H_2SO_4 + K_2SiO_3 = H_2SiO_3 \downarrow + K_2SO_4$$

Elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga ko'ra, kislotalarning barcha umumiy xossalari (nordon ta'mi, indikator rangini o'zgartirishi, asoslar, oksidlar, tuzlar bilan o'zaro ta'siri) vodorod ionlari $H^+$, aniqrog'i gidroksoniy ionlari $H_3O^+$ borligi tufaylidir.*

## 6.3- §. Asoslar

Asoslar sinfining ta'rifini 5.8- § dan q. O'sha yerda keltirilgan asoslarning dissotsilanishiga misollarni ionlarning gidratlanishini hisobga olgan holda quyidagicha aniqroq yozish kerak:

$$KOH(k) \rightleftarrows K^+(suvda) + OH^-(suvda)$$
$$HN_3 \cdot H_2O^* \rightleftarrows NH_4^+(suvda) + OH^-(suvda)$$

Asoslar suvda metall ionlari (ammiak gidrati bo'lganda ammoniy ionlari) bilan gidroksid-ionlarga dissotsilanadi. Asoslar gidroksid-ionlardan boshqacha hech qanday anion hosil qilmaydi.

**Asoslarning nomlanishi.** Xalqaro nomenklaturaga muvofiq asoslarning nomi metall nomi bilan gidroksid so'zidan hosil qilinadi. Masalan, NaOH — natriy gidroksid, KOH — kaliy gidroksid, $Ca(OH)_2$ — kalsiy gidroksid. Agar element bir necha asos hosil qiladigan bo'lsa, u holda asosning nomida elementlari bilan ko'rsatiladi. $Fe(OH)_2$ — temir (II) gidroksid, $Fe(OH)_3$ — temir (III) gidroksid.

Bu nomlardan tashqari, ba'zi eng muhim asoslar uchun odat bo'lib qolgan nomlar ham ishlatiladi. Masalan, natriy gidroksid NaOH o'yuvchi natriy deyiladi; kaliy gidroksid KOH — o'yuvchi kaliy; kalsiy gidroksid $Ca(OH)_2$ — so'ndirilgan ohak: bariy gidroksid $Ba(OH)_2$ o'yuvchi bariy.

---

*Bu birikma ko'pincha $NH_4OH$ holida yoziladi va ammoniy gidroksid deb ataladi.

**Olinishi.** Suvda eriydigan asoslar, ya'ni ishqorlar metallar yoki ularning oksidlarini suv bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi:

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$$
$$Na_2O+H_2O=2NaOH$$

NaOH va KOH ning sanoatda olinish usulini 13.3- § dan qarang. Suvda kam eriydigan asoslar bilvosita yo'l bilan, chunonchi: tegishli tuzlarning suvdagi eritmalariga ishqorlar ta'sir ettirish yo'li bilan olinadi:

$$FeSO_4 + 2NAOH = Fe(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NaCl$$

**Xossalari.** Ishqorlarning eritmalari qo'lga surilganda sovunga o'xshab tuyuladi. Indikatorlarning rangini o'zgartiradi: qizil lakmusni ko'k tusga, rangsiz fenolftaleinni — pushti rangga kiritadi.

NaOH, KOH va boshqa suvda eriydigan *ishqorlar* qizdirishga juda chidamlidir. Masalan, NaOH 1400°C da parchalanmasdan qaynaydi. Lekin *asoslarning ko'pchiligi qizdirilganda parchalanadi.* Masalan:

$$Cu(OH)_2=CuO+H_2O$$
$$2Fe(OH)_3=Fe_2O_3+3H_2O$$

Asoslarning eng muhim kimyoviy xossalari ularning kislotalar, kislotali oksidlar va tuzlarga munosabati bilan belgilanadi.

1. Asoslar kislotalar bilan ekvivalent miqdorlarda o'zaro ta'sir ettirilganda tuz va suv hosil bo'ladi:

$$KOH+HCl=KCl+H_2O$$
$$2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$$

Asoslarning kislotalar bilan o'zaro ta'siri *neytrallanish reaksiyasi* deyiladi. Har qanday neytrallanish reaksiyasi $OH^-$ va $H^-$ ionlarning o'zaro ta'sirlashib, kam dissotsilanadigan elektrolit — suv hosil qilishidan iborat.

2. Ishqorlar kislotali oksidlar bilan reaksiyaga kirishadi:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$$
$$2NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O$$

Keyingi reaksiya faqat qizdirilganda sodir bo'ladi.

Ishqorlar turli xil tuzlarni eritmalari bilan o'zaro ta'sirlashadi. Masalan:

$$2KOH+CuSO_4=Cu(OH)_2+K_2SO_4$$

Elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga ko'ra, asoslarning barcha umumiy xossalari (qo'lga surilganda sovunga o'xshab tuyulishi, indikatorlarning rangini o'zgartirishi, kislotalar, kislotali oksidlar va tuzlar bilan o'zaro ta'sirlashuvi) gidroksid-ionlar $OH^-$ tufaylidir.

**Amfoter gidroksidlar.** *Dissotsilanganda bir vaqtning o'zida vodorod kationlari $H^+$ ni ham, gidroksid-ionlar $OH^-$* ni ham hosil qiladigan gidroksidlar *amfoter gidroksidlar* deyiladi.

Bularga $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Cr(OH)_3$, $Sn(OH)_2$, $Be(OH)_2$, $Ge(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, $Sn(OH)_4$, $Pb(OH)_2$ va boshqalar misol bo'la oladi.

Amfoter gidroksidlar kislotalar eritmalari bilan ham, ishqorlarning eritmalari bilan ham o'zaro ta'sirlashadi. Masalan:

$$Al(OH)_3+3HCl=AlCl_3+3H_2O$$
$$Al(OH)_3+NaOH+2H_2O=Na[Al(OH)_4(H_2O)_2]$$

Hozirgi vaqtda amfoter gidroksidlarning ishqoriy eritmalarda erishi odatda gidroksotuzlar (gidroksokomplekslar) hosil bo'lish jarayoni sifatida qaraladi. Ko'pchilik metallarning gidrokomplekslari mavjudligi tajribada tasdiqlangan: $[Zn(OH_4)^{2-}$, $[Al(OH)_4(H_2O)_2]^2$, $[Al(OH)_6]^{3-}$ va b. Aluminiyning gidroksokomplekslari eng barqaror, ular orasida esa — $[Al(OH)_4{}^{\circ}(H_2O_2]$.

Bunday nuqtayi nazar yuqorida qilingan xulosalarni o'zgartirmaydi; amfoter gidroksidda, masalan, $Al(OH)_3$ va shunga o'xshashlarda kislotali muhitda muvozanat aluminiy tuzlari hosil bo'lish tomoniga, ishqoriy muhitda — muvozanat aluminiy tuzlari hosil bo'lish tomoniga, ishqoriy muhitda — gidroksokomplekslar hosil bo'lish tomoniga siljiydi. Ravshanki, suvdagi eritmada muvozanat mavjud bo'ladi, uni ushbu tenglama bilan ancha aniq ifodalash mumkin:

$$Al^{3+}+3OH^- \rightleftarrows Al(OH)_3 \equiv Al(OH)_3+3H_2O \rightleftarrows [Al(OH)_4(H_2O)_2]^- + H^+$$

## 6.4- §. Tuzlar

Tuzlar sinfining ta'rifini 5.8- § dan q. Ularning dissotsilanish tenglamasini ionlarning gidratlanishini hisobga olgan holda quyidagicha yozish kerak:

$$NaCl(k) \rightleftarrows Na^+(suvda)+Cl^+(suvda)$$
$$K_3PO_4(k) \rightleftarrows 3K^+(suvda)+PO_4^{3-}(suvda)$$

Tarkibiga qarab tuzlarning quyidagicha turlari bo'ladi: o'rta tuzlar, nordon tuzlar, asosli tuzlar (gidroksituzlar); qo'shtuzlar

va kompleks tuzlar. Har qanday tuzni kislota bilan asosning o'zaro ta'sirlashish, ya'ni neytrallanish reaksiyasi mahsuloti sifatida tasavvur qilish mumkin. Masalan:

$$2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$$

O'rta tuz $Na_2SO_4$ ning dissotsilanish tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$Na_2SO_4 \rightleftarrows 2Na^+ + SO_4^{2-}$$

Agar sulfat kislotani to'liq neytrallash uchun talab qilingandan kam asos olinsa, u holda eritma bug'latilganda nordon tuz kristallari cho'kmaga tushadi:

$$NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O$$

Nordon tuzning dissotsilanishini ushbu tenglama bilan ifodalasa bo'ladi:

$$KHSO_4 \rightleftarrows K^+ + HSO_4^-$$

Nordon tuzning anioni kuchsiz elektrolit sifatida yana dissotsilanadi:

$$HSO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{2-}$$

Nordon tuzlar ko'p asosli kislotalardan hosil bo'ladi. Bir asosli kislotalar nordon tuzlar hosil qilmaydi.

Asosli tuzlar (gidroksituzlar)ni asosdagi gidroksogruppalarning o'rnini kislota qoldiqlari to'liq olmasligidan hosil bo'lgan mahsulot sifatida tasavvur qilish mumkin. Masalan:

$$Mg(OH)_2+HCl=Mg(OH)Cl+H_2O$$

yoki ionli shaklda:

$$Mg(OH)_2+H^+=Mg(OH)^++H_2O$$

Asosli tuzning dissotsilanishini ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$Mg(OH)Cl \rightleftarrows Mg(OH)^+ + Cl^-$$

Asosli tuzning kationi oz darajada yana dissotsilanadi:

$$Mg(OH)^+ \rightleftarrows Mg^{2+} + OH^-$$

Shunday qilib, asosli tuzlar ko'p (ikki va undan ko'p) kislotali asoslardan hosil bo'ladi. Bir kislotali asoslar asosli tuzlar hosil qilmaydi.

Qo'sh tuzlar ikkita turli xil metall ionlari bilan kislota qoldig'i ionlaridan tarkib topgan bo'ladi. Masalan, $KAl(SO_4)_2$, $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$. Bunday tuzlarning dissotsilanishini ushbu tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

$$KAl(SO_4)_2 \rightleftarrows K^+ + Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$$
$$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \rightleftarrows 2NH_4^+ + Fe^{2+} + 2SO_4^{2-}$$

Qo'shtuzlar metallarning ionlari bilan kislota qoldig'i ionlariga dissotsilanadi.

Kompleks tuzlar tarkibiga murakkab (kompleks) ionlar kiradi (formulalarda ular o'rta qavs ichiga olib yoziladi); tuz dissotsilanganda kompleks ion shundayligicha ajraladi. Masalan:

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightleftarrows 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-}$$
$$[Ag(NH_3)_2]Cl \rightleftarrows [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^-$$

O'z navbatida, murakkab (kompleks) ionlar juda oz darajada yana dissotsilanadi:

$$[Fe(CN)_6)^{4-} \rightleftarrows Fe^{2+} + 6CN^-$$
$$[Ag(NH_3)^2]^+ \rightleftarrows Ag^+ + 2NH_3$$

Shunday qilib, kompleks tuzlar dissotsilanganda dastlab kompleks ionlar ajraladi, so'ngra shu ionlarning o'zi kuchsiz elektrolit sifatida ikkinchi marta dissotsilanadi.

**Tuzlarning nomlanishi.** Tuzlarning xalqaro nomlanishi eng ko'p tarqalgan. Bunda tuzning nomi kationning nomi bilan anionning nomidan hosil qilinadi. Odatda anion va kationlarning soni ko'rsatilmaydi. Agar bitta metallning o'zi turli xil oksidlanish darajalarini namoyon qiladigan bo'lsa, uning oksidlanish darajasi metall nomidan keyin qavs ichida rim raqami bilan ko'rsatiladi. Masalan, $KNO_3$ — kaliy nitrat, $FeSO_4$ — temir (II)sulfat, $Fe_2(SO_4)_3$ — temir (III) sulfat, NaCl — natriy xlorid.

Nordon tuzlarning nomi anion nomiga *gidro* — old qo'shimcha qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi: $NaHSO_4$ — natriy gidrosulfat, $KH_2PO_4$ — kaliy digidrofosfat.

Asos tuzlarning nomi tegishli o'rta tuz anionining nomiga „*gidrokso*" old qo'shimchani qo'shib hosil qilinadi: $Al(OH)SO_4$ aluminiy gidroksosulfat, $Al(OH)_2Cl$ — aluminiy digidroksoxlorid.

**Olinishi.** Tuzlar turli sinf birikmalari bilan oddiy moddalarning kimyoviy o'zaro ta'siridan olinadi. Tuzlarni olishning eng muhim usullarini qayd qilib o'tamiz.

1. Neytrallanish reaksiyasi:

$$KOH+HNO_3=KNO_3+H_2O$$

2. Kislotalarning asosli oksidlar bilan o'zaro ta'siri:

$$H_2SO_4+CuO = CuSO_4+H_2O$$

3. Kislotalarning tuzlar bilan o‘zaro ta’siri:

$$H_2S + CuCl_2 = CuS\downarrow + 2HCl$$

4. Ikkita turli xil tuzning o‘zaro ta’siri:

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl$$

5. Asoslarning kislotali oksidlar bilan o‘zaro ta’siri:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

6. Ishqorlarning tuzlar bilan o‘zaro ta’siri:

$$3KOH + FeCl_3 = 3KCl + Fe(OH)_3\downarrow$$

7. Asosli oksidlarning kislotali oksidlar bilan o‘zaro ta’siri:

$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

8. Metallarning metallmaslar bilan o‘zaro ta’siri:

$$2K + Cl_2 = 2KCl$$

9. Metallarning kislotalar bilan o‘zaro ta’siri:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$$

10. Metallarning tuzlar bilan o‘zaro ta’siri:

$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$

Tuzlar olishning boshqa usullari ham bor.

**Xossalari**. Tuzlar ba’zilaridan mustasno qattiq kristall moddalardir. Suvda eruvchanligiga qarab ularni eriydigan, kam eriydigan va amalda erimaydigan tuzlarga bo‘lish mumkin.

Nitrat va sirka kislotalarning barcha tuzlari suvda eriydi. Xlorid kislotaning AgCl, $Hg_2Cl_2$ va $PbCl_2$ dan boshqa tuzlari suvda eriydi.

Tuzlarning kimyoviy xossalari ularning metallarga, kislota va tuzlarga munosabati bilan belgilanadi.

1. Standart elektrod potensiallar qatorida har qaysi metall o‘zidan keyingi metallni tuzlarining eritmalaridan siqib chiqaradi. Masalan:

$$Zn + Hg(NO_3)_2 = Zn(NO_3)_2 + Hg$$

2. Tuzlar ishqorlar bilan o‘zaro ta’sirlashadi:

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

3. Tuzlar kislotalar bilan o‘zaro ta’sirlashadi:

$$CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4$$

4. Ko‘pchilik tuzlar bir-biri bilan reaksiyaga kirishadi:

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

1—4- reaksiyalarni o‘tkazishda odatda tuzlarning eritmalari olinadi. Hosil bo‘ladigan mahsulotlardan biri reaksiya doirasidan chiqib ketadigan, ya’ni cho‘kma holida tushadigan, gaz holida chiqib ketadigan yoki kam dissotsilanadigan birikma bo‘lgandagina reaksiyalar oxiriga qadar boradi.

## 6.5- §. Tuzlarning gidrolizlanishi

Tajriba shuni ko‘rsatadiki, o‘rta tuzlar tarkibida vodorod ionlari ham, gidroksid ionlari ham yo‘qligiga qaramay, ularning eritmalari ishqoriy, kislotali yoki neytral muhitli bo‘ladi. Bu hodisani tuzlarning suv bilan o‘zaro ta’siri orqali tushuntirish mumkin.

Ishqoriy reaksiya beradigan natriy asetat $CH_3COONa$ eritmasini ko‘rib chiqamiz. Natriy asetat suvda eritilganda kuchli elektrolit sifatida $Na^+$ va $CH_3COO^-$ ionlarga to‘liq dissotsilanadi. Bu ionlar suvning $H^+$ va $OH^-$ ionlari bilan o‘zaro ta’sirlashadi. Bunda $Na^+$ ionlari $OH^-$ ionlarini bog‘lab molekula hosil qila olmaydi, chunki NaOH kuchli elektrolit bo‘lib, eritmada faqat ionlar holida bo‘ladi. Shu bilan bir vaqtda asetat-ionlar $H^+$ ionlarni bog‘lab, kuchsiz elektrolit — sirka kislota molekulalarini hosil qiladi, natijada $H_2O$ ning yangi molekulalari $H^+$ va $OH^-$ ionlarga dissotsilanadi. Bu jarayonlar quyidagicha muvozanat qaror topgunga qadar davom etadi:

$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$$
$$H_2O = H^+ + OH^-$$

Bir vaqtda sodir bo‘ladigan jarayonlarning umumiy tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$CH_3COO^+ + H_2O = CH_3COOH + OH^-$$

Bu tenglama kuchsiz elektrolit (sirka kislota) hosil bo‘lishi natijasida suvning dissotsilanishining ionli muvozanati siljishini va ortiqcha $OH^-$ ionlar paydo bo‘lishini, shu sababli eritma ishqoriy reaksiya berishini ko‘rsatadi.

**Tuz ionlarining suv bilan o‘zaro ta’sirlashib, kuchsiz elektrolit hosil qilishi *tuzning gidrolizlanishi* deyiladi.**

Misolda ko'rsatilganidek, eritma $CH_3COONa$ tuzning gidrolizlanishi natijasida ishqoriy bo'lib qoladi.

**Tuzlarning gidrolizlanish hollari.**

Har qanday tuzni kislota bilan asosning o'zaro ta'sir mahsuloti sifatida qarash mumkin. Masalan, natriy asetat $CH_3COONa$ kuchsiz kislota $CH_3COOH$ bilan kuchli asos NaOH dan, ammoniy xlorid $NH_4Cl$ — kuchsiz asos $NH_4OH$ bilan kuchli kislota HCl dan, $CH_3COONH_4$ — kuchsiz kislota $CH_3COOH$ bilan kuchsiz asos $NH_4OH$ dan, NaCl esa — kuchli asos NaOH bilan kuchli kislota HCl dan hosil bo'lgan.

**Kuchsiz kislota bilan kuchli asosdan hosil bo'lgan barcha tuzlar gidrolizga uchraydi. Ular eritmada *ishqoriy muhit* hosil qiladi (pH>7).**

Ammoniy xlorid $NH_4Cl$ eritmasida teskari holat yuz beradi. Bu holda kuchsiz elektrolit $NH_4OH$ hosil bo'ladi. Natijada $OH^-$ ionlarning bir qismi $NH_4^+$ ionlari bilan bog'lanadi. $H^+$ ionlari esa ortiqcha bo'lib qoladi. Demak, $NH_4Cl$ ning gidrolizlanishi natijasida shu tuzning eritmasi kislotali reaksiya (pH<7)ga ega bo'ladi. Uning gidrolizlanish tenglamasini* shunday yozish mumkin:

$$NH^+_4+H_2O=NH_4OH+H^+$$

yoki aniqrog'i:

$$NH^+_4+H_2O=NH_3\cdot H_2O+H^+$$

**Kuchli kislota bilan kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar ham gidrolizlanadi. Ular eritmada *kislotali muhit* (pH<7) hosil qiladi.**

Kuchsiz kislota kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar yanada osonroq gidrolizlanadi, masalan, $CH_3COONH_4$. Bu tuzning ionlari bir vaqtning o'zida $H^+$ va $OH^-$ ionlarni bog'lab, suvning dissotsilanish muvozanatini siljitadi:

$$CH_3COO^-_+NH^+_4+H_2O = CH_3COOH+NH_4OH(NH_3\cdot H_2O)$$

Bu holda eritmaning muhiti gidrolizlanish mahsulotlarining — kislota bilan asosning dissotsilanish darajasiga bog'liq bo'ladi; agar $OH^-$ ionlar ko'p bo'lsa, eritma ishqoriy, agar $H^+$ ionlar ko'p bo'lsa — kislotali, agar ularning soni bir xil bo'lsa — neytral bo'ladi.

---

* Gidrolizlanish tenglamasini qisqartirilgan ionli shaklda yozgan yaxshi. Ammoniy gidroksid $NH_4OH$ ning formulasi o'rniga ammiak gidratining formulasini $NH_3\cdot H_2O$ yozish mumkin (10.3-§ ga q.).

Gidrolizlanish natijasida hosil bo'ladigan $CH_3COOH$ va $NH_4OH$ ning dissotsilanish darajalari taxminan bir xil, shuning uchun eritma neytral bo'ladi.

Lekin ammoniy karbonat ham kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz ekanligiga qaramay, uning suvdagi eritmasining muhiti kuchsiz ishqoriy bo'ladi:

$$NH_4^+ + CO_3^{2-} + H_2O = NH_4OH + HCO_3^-$$

chunki $NH_3OH$ ning dissotsilanish darajasi $HCO^-_3$ ionning dissotsilanish darajasidan kattadir.

*Kuchli asos bilan kuchli kislotadan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizlanmaydi. Bunday tuzlarning ionlari suv bilan kuchsiz elektrolitlar hosil qila olmaydi.* Bu holda tuz ionlari amalda reaksiyada ishtirok etmaydi va suvning dissotsilanish muvozanati buzilmaydi; $H^+$ va $OH^-$ ionlarning konsentratsiyasi toza suvdagidek qoladi, demak, eritmaning muhiti neytral (pH=7)* bo'ladi.

**Tuzning elektrolitik dissotsilanish natijasida hosil bo'ladigan ionlari suv bilan kuchsiz (kam dissotsilanadigan) elektrolitlar hosil qila oladigan barcha hollarda tuzlar gidrolizlanadi.**

Ko'pchilik tuzlar uchun dissotsilanish — qaytar jarayon. Gidroliz mahsulotlari chiqib ketadigan taqdirda gidroliz qaytmas bo'ladi, masalan:

$$Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2S \uparrow$$

(qaytmas gidroliz tenglamalarida tenglik ishorasi qo'yiladi).

Protolitik nazariya gidrolizni proton kislotadan asosga o'tadigan reaksiya sifatida qaraydi, chunki suv kislota rolini ham, asos rolini ham o'ynashi mumkin. Masalan, protonning akseptori hisoblanadigan asetat-ion suv bilan kislota ta'sir ettirilgandagi kabi reaksiyaga kirishadi:

$$\underset{\text{asos}_1}{CH_3COO^-} + H_2O \rightleftarrows \underset{\text{kislota}_2}{CH_3COOH} + \underset{\text{asos}_2}{OH^-}$$
$$\text{kislota}_1$$

Protonning donori hisoblanadigan ammoniy kationi $NH^+_4$ esa suv bilan asos ta'sir ettirilgandagi kabi reaksiyaga kirishadi:

---

* Yuqori haroratda shu turdagi tuzlar ham gidrolizga uchrashi mumkin: misolda vodorod xlorid uchib chiqib ketadi va eritmaning pH i kattalashadi.

$$NaCl + H_2O = NaOH + HCl \uparrow$$

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$$
$$\text{kislota}_1 \quad \text{asos}_2 \quad \text{asos}_1 \quad \text{kislota}_2$$

**Tuzlarning gidrolizlanish tenglamalarini tuzish.** Kuchsiz ko'p asosli kislotalar bilan kuchli asoslardan hosil bo'lgan tuzlarning gidrolizlanishi bosqich bilan boradi (teskari jarayonga — bosqichli dissotsilanishga muvofiq), bunda nordon tuzlar (aniqrog'i, nordon tuzlarning anionlari) hosil bo'ladi. Masalan, natriy karbonat $Na_2CO_3$ ning gidrolizlanishini quyidagi tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

1) birinchi bosqich

$$CO_3^{2-} + H_2O = HCO_3^- + OH^-$$

yoki

$$Na_2CO_3 + H_2O = NaHCO_3 + NaOH$$

2) ikkinchi bosqich

$$HCO_3^- + H_2O = H_2CO_3 + OH^-$$

yoki

$$NaHCO_3 + H_2O = H_2CO_3 + NaOH$$

Lekin odatdagi sharoitda gidroliz amalda birinchi bosqich bilan cheklanadi: $CO_3^{2-}$ ionlar suvning $H^+$ ionlarini bog'lab, dastlab $H_2CO_3$ molekulalarini emas, balki $HCO_3^-$ ionlarini hosil qiladi. Bunga sabab shuki, $HCO_3^-$ ionlar $H_2CO_3$ molekulalariga qaraganda ancha qiyin dissotsilanadi. Faqat ko'p suyultirilganda va qizdirilgandagina hosil bo'lgan nordon tuzning gidrolizlanishini e'tiborga olish mumkin.

$Na_2CO_3$ ning gidrolizlanish tenglamasini tuzish uchun quyidagi qoidaga asoslanamiz. Tuz kuchli asos bilan kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan, shu sababli $CO_3^{2-}$ ioni (kuchsiz kislota anioni) suvning vodorod ionlarini bog'laydi. $CO_3^{2-}$ ionda ikkita zaryad bo'lganligi sababli gidrolizning ikkita bosqichini ko'rib chiqish va har qaysi bosqich uchun uchtadan tenglama: a) qisqartirilgan ionli shaklda, b) ionli shaklda va d) molekular shaklda yozish kerak. Bunda almashinish reaksiyalarining ionli tenglamalarini yozish qoidalarini (49-§) e'tiborga olish lozim.

Birinchi bosqich: a) gidrolizning qisqartirilgan ionli shakldagi tenglamasi:

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^- \qquad (a)$$

b) gidrolizning ionli shakldagi tenglamasi:

$$2Na^+ + CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows Na^+ + HCO_3^- + Na^+ + OH^- \quad (b)$$

d) gidrolizning molekular shakldagi tenglamasi:

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH$$

Shunday qilib, qisqartirilgan ionli shakldagi tenglamadan ionli shakldagi tenglamaga o'tish uchun birinchi tenglamaning (a) ionlariga teskari ishorali ionlarni qo'shib yozish kerak (b). Tenglama (b) dagi ionlarni molekula holida birlashtirib, gidrolizning molekular shakldagi tenglamasini (d) olamiz.

Ikkinchi bosqich:

a) $HCO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + OH^-$

b) $2Na^+ + HCO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + Na^+OH^-$

d) $NaHCO_3 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + NaOH$

Xuddi shunga o'xshash ko'p kislotali kuchsiz asoslar bilan kuchli kislotalardan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizlanganda asosli tuzlar (aniqrog'i, asosli tuzlarning kationlari) hosil bo'ladi. Gidroliz asosan birinchi bosqich bo'yicha boradi. Misol tariqasida $AlCl_3$ tuzining gidrolizlanishini ko'rib chiqamiz. Uning gidrolizlanish tenglamasini tuzishda bu tuz kuchsiz asos bilan kuchli kislotadan hosil bo'lganligiga asoslanamiz. $Al^{3+}$ ioni (kuchsiz asos kationi) suvning gidroksid-ionlarini bog'laydi. Lekin $Al^{3+}$ uch zaryadli bo'lgani uchun gidroliz uchta bosqich bilan boradi. Tenglamalarni oldingi misoldagi kabi tuzib chiqamiz.

Birinchi bosqich:

a) $Al^{3+} + H_2O \rightleftarrows AlOH^{2+} + H^+$

b) $Al^{3+} + 3Cl^- + H_2O \rightleftarrows AlOH^{2+} + 2Cl^- + H^+ + Cl^-$

d) $AlCl_3 + H_2O \rightleftarrows AlOHCl_2 + HCl$

Ikkinchi bosqich:

a) $AlOH^{2+} + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_2^+ + H^+$

b) $AlOH^{2+} + 2Cl^- + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_2^+ + Cl^- + H^+ + Cl^-$

d) $AlOHCl_2 + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_2Cl + HCl$

Uchinchi bosqich — reaksiya amalda sodir bo'lmaydi, vodorod ionlari to'planganligi sababli jarayon boshlang'ich moddalar tomoniga siljiydi. Lekin eritmani suyultirish va temperaturani oshirish gidrolizni kuchaytiradi. Bu holda gidrolizlanish tenglamasini uchinchi bosqich uchun ham yozish mumkin.

**Umuman gidroliz haqida.** Tuzlarning gidrolizi — moddalarning yaxshi o'rganilgan gidroliziga eng muhim misollardan biridir.

**Umuman gidroliz keng ma'noda — bu turli xil moddalar bilan suv orasida sodir bo'ladigan *almashinib parchalanish* reaksiyasidir.**

Bunday ta'rif organik birikmalarning — murakkab efirlar, yog'lar, uglevodlar, oqsillarning gidrolizini ham, anorganik moddalarning — tuzlar, galogenlar, galogenidlar, metallmaslar va h. k. ham gidrolizini o'z ichiga oladi. Masalan:

$$CH_2COOC_2H_5 + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + C_2H_5OH$$
$$CaC_2 + 2H_2O \rightleftarrows Ca(OH)_2 + C_2H_2$$
$$Cl_2H_2O \rightleftarrows HCl + HClO$$
$$PI_3 + 3H_2O \rightleftarrows ?\ {}_3P?\ {}_3 + 3HI$$

Minerallarning — alumosilikatlarning gidrolizlanishi natijasida tog' jinslari yemiriladi. Tuzlarning (masalan, $Na_2CO_3$, $Na_3PO_4$) gidrolizidan suvni tozalash va uning qattiqligini kamaytirish uchun foydalaniladi.

Yog'ochning gidrolizi keng ko'lamda amalga oshiriladi. Jadal rivojlanayotgan g i d r o l i z s a n o a t i ovqat bo'lmaydigan xom-ashyodan (yog'och, paxta shulxasi, kungaboqar po'chog'i, poxol, makkajo'xori o'zagi) qator qimmatli mahsulotlar: etil spirt, xamirturush, glukoza, qattiq uglerod (IV) oksid, furfurol, metil spirt, lignin va b. ko'pgina moddalar ishlab chiqarmoqda.

Tirik organizmlarda polisaxaridlar, oqsillar va boshqa organik birikmalarning gidrolizi sodir bo'ladi.

## 6.6- §. Anorganik birikmalarning sinflari orasidagi bog'lanish

Oddiy moddalar, oksidlar, kislotalar, asoslar va tuzlar orasida genetik bog'lanish bor, chunonchi — ular bir-biriga aylanishi mumkin. Masalan, oddiy modda bo'lgan kalsiy metali kislorod bilan birikishi natijasida kalsiy oksidga aylanadi. Kalsiy oksid suv bilan o'zaro ta'sir ettirilganda kalsiy gidroksidni hosil qiladi, bu moddaga kislota ta'sir ettirilganda tuzga aylanadi. Bu o'zgarishlarni ushbu sxema bilan tasvirlash mumkin:

$$Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4$$

Ishni metallmasdan, masalan, oltingugurtdan boshlab ham pirovard oqibatda xuddi shu mahsulotni olish mumkin:

$$S \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4$$

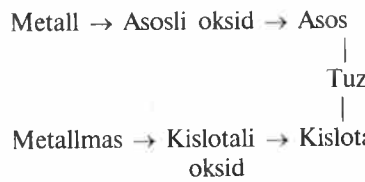
Demak, bitta tuzning o'zi turli xil yo'llar bilan olindi.

Teskari yo'nalish — tuzdan anorganik birikmalarning boshqa sinflariga va oddiy moddalarga o'tish ham mumkin. Masalan, mis sulfatdan uni ishqor bilan o'zaro ta'sir ettirish orqali mis (II) gidroksidga, undan qizdirish yordamida mis (II) oksidga o'tish, bu oksiddan esa qizdirib turib vodorod bilan qaytarish orqali oddiy modda — mis olish mumkin:

$$CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow Cu$$

Anorganik birikmalarning sinflari orasidagi bunday bog'lanish bir sinf moddalaridan boshqa sinf moddalarini olishga asoslangan bo'lib, *genetik* bog'lanish deyiladi. Lekin shuni nazarda tutish kerakki, ko'pincha moddalar bevosita yo'l bilan emas, balki bilvosita yo'l bilan olinadi. Masalan, mis (II) oksidni suv bilan o'zaro ta'sir ettirish reaksiyasi orqali mis (II) gidroksid olib bo'lmaydi, chunki bunday reaksiya sodir bo'lmaydi. Bunda bilvosita yo'l tutiladi: mis (II) oksidga kislota ta'sir ettirib tuz olinadi va tuzga ishqor ta'sir ettirish yo'li bilan mis (II) gidroksid olinadi.

Anorganik birikmalarning sinflari orasidagi genetik bog'lanishni ushbu sxema bilan ifodalash mumkin:




## 6.7- §. Namunaviy masalalar yechish

### Oksidlar, kislotalar, asoslar, tuzlar

**1-masala**. Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$CuSO_4 \rightarrow Cu \rightarrow CuO \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Cu(OH)_2 - Cu(OH)NO_3 \rightarrow$

$\rightarrow Cu(NO_3)_2$

*Yechish.*1) Misni mis (II) tuzidan o'rin olish reaksiyasi yordamida olish mumkin:

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$$

2) Misni kislorodda yondirib, mis (II) oksid hosil qilamiz:

$$2Cu+O_2=2CuO$$

3) Mis (II) oksid xlorid kislotada erib, mis (II) xlorid hosil qiladi:

$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$

4) Mis (II) xlorid eritmasiga ishqor eritmasini qo'shish yo'li bilan mis (II) gidroksid olish mumkin:

$$CuCl_2 + 2KOH = Cu(OH)_2 + 2KCl$$

5) Asosli tuz — mis (II) gidroksonitrat mis (II) gidroksidga bitta gidroksogruppaning o'rnini olish uchun yetarli miqdorda nitrat kislota ta'sir ettirib, ya'ni 1 mol $HNO_3$ ga 1mol $Cu(OH)_2$ ta'sir ettirib hosil qilinishi mumkin:

$$Cu(OH)_2 + HNO_3 = Cu(OH)NO_3 + H_2O$$

6) Mis (II) gidroksonitratga mol nitrat kislota ta'sir ettirilganda mis (II) nitrat olinadi:

$$Cu(OH)NO_3 + HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$$

**2- masala.** Natriy, oltingugurt, kislorod hamda vodoroddan foydalanib, uchta o'rta tuz, uchta nordon tuz va uchta kislota olishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Kislorod bilan vodoroddan suv olish mumkin:

$$H_2 + O_2 = 2H_2O$$

Oltingugurt bilan kisloroddan oltingugurt (IV) oksid olish va so'ngra uni oksidlab, oltingugurt (VI) oksid olish mumkin:

$$S + O_2 = SO_2; \qquad 2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

Natriy kislorod bilan reaksiyaga kirishib, oksid hosil qiladi:

$$4Na + O_2 = 2Na_2O$$

Asosli natriy oksid kislotali oltingugurt (IV) va oltingugurt (VI) oksidlar bilan o'zaro ta'sirlashganda tegishlicha natriy sulfit va natriy sulfat (ikkita o'rta tuz) hosil qiladi:

$$Na_2O + SO_2 = Na_2SO_3; \qquad Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$$

Yana bitta o'rta tuzni — natriy bilan oltingugurtni bevosita o'zaro ta'sir ettirish yo'li bilan natriy sulfidni olish mumkin:

$$2Na + S = Na_2S$$

Vodorod oltingugurt bilan reaksiyaga kirishganda vodorod sulfid hosil bo'ladi:

$$H_2 + S = H_2S$$

bu moddaning suvdagi eritmasi — sulfid kislota. Oltingugurt (IV) oksid va oltingugurt (VI) oksid suv bilan o'zaro ta'sirlashib, sulfit va sulfat kislotalarni hosil qiladi:

$$SO_2+H_2O=H_2SO_3 \qquad SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

Nihoyat, natriy oksidga olingan uchta kislotadan mo'l miqdorda ta'sir ettirilsa uchta nordon tuz olinadi:

$$Na_2O+2H_2S = 2NaHS+H_2O$$
$$Na_2O+2H_2SO_4 = 2NaHSO_3+H_2O$$
$$Na_2O+2H_2SO_4=2NaHSO_4+H_2O$$

**3-masala.** 16 kg 20% li sulfat kislotadan nordon tuz olish uchun necha kilogramm kaliy gidroksid kerak bo'ladi?

*Yechish.* Nordon tuz — kaliy gidrosulfat olish reaksiyasining tenglamasini tuzamiz:

$$H_2SO_4+KOH=KHSO_4+H_2O$$

Sulfat kislotaning 10% li massasi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{16 \cdot 20}{100}\text{ kg} = 3,2\text{ kg}$$

Moddalarning molyar massalari: sulfat kislotaniki — 98 g/mol= = 98 kg/k mol, KOH — 56 kg/mol. Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, 1 k mol $H_2SO_4$ ga 1 k mol KOH talab qilinadi. $1 \cdot 98$ kg= = 98 kg $H_2SO_4$ bilan reaksiyaga kiritish uchun $1 \cdot 56=56$ kg KOH kerak bo'ladi:

$$98\text{ kg } H_2SO_4 \text{ — } 56\text{ kg KOH}$$
$$3,2\text{ kg } H_2SO_4 \text{ — } x\text{ kg KOH}$$

Proporsiya tuzamiz: $98:56=3,2:x$, bundan

$$x = \frac{3,2 \cdot 56}{98}\text{ kg} = 1,83\text{ kg}$$

## Tuzlarning gidrolizlanishi

**1- masala.** $Na_3PO_4$, $Cu(NO_3)_2$, KCl tuzlarning gidrolizlanish reaksiyalari tenglamalarini tuzing. Bu tuzlar suvda eriganida vodorod ko'rsatkich qanday o'zgaradi?

*Yechish.* 1) $Na_3PO_4$ ning gidrolizi bosqich bilan (uch bosqichda) va asosan birinchi bosqich bilan boradi. Birinchi va ikkinchi bosqich bo'yicha reaksiyalar natijasida nordon tuzlar hosil bo'ladi.

Birinchi bosqich:

a) gidrolizning qisqartirilgan ionli shakldagi tenglamasi:

$$PO_4^{3-} + H_2O \rightleftarrows HPO_4^{2-} + OH^-$$

b) gidrolizning ionli shakldagi tenglamasi:

$$3Na^+ + PO_4^{3-} + H_2O \rightleftarrows 2Na^+ + HPO_4^{2-} + OH^-$$

d) gidrolizning molekular shakldagi tenglamasi:

$$Na_3PO_4 + H_2O \rightleftarrows Na_2HPO_4 + NaOH$$

Ikkinchi bosqich:

a) $HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftarrows H_2PO_4 + OH^-$

b) $2Na^+ + HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftarrows Na^+ + H_2PO_4^- + Na^+ + OH^-$

d) $Na_2HPO_4 + H_2O \rightleftarrows NaH_2PO_4 + NaOH$

Uchinchi bosqich:

a) $H_2PO_4^- + H_2O \rightleftarrows H_3PO_4 + OH^-$

b) $Na^+ + H_2PO_4^- + H_2O \rightleftarrows H_3PO_4 + Na^+ + OH^-$

d) $NaH_2PO_4^- + H_2O \rightleftarrows H_3PO_4 + NaOH$

Gidroliz reaksiyasi natijasida eritmadagi gidroksid-ionlar konsentratsiyasi vodorod ionlari konsentratsiyasidan ortib ketadi, demak, pH>7.

2) $Cu(NO_3)_2$ ning gidrolizlanishi bosqich bilan va asosan birinchi bosqich bilan boradi, bunda asosli tuz hosil bo'ladi.

Birinchi bosqich:

a) $Cu^{2+} + H_2O \rightleftarrows Cu(OH)^+ + H^+$

b) $Cu^{2+} + 2NO_3^- + H_2O \rightleftarrows Cu(OH)^+ + NO_3^- + H^+ + NO_3^-$

d) $Cu(NO_3)_2 + H_2O \rightleftarrows Cu(OH)NO_3^- + HNO_3$

Ikkinchi bosqich:

a) $Cu(OH)^+ + H_2O \rightleftarrows Cu(OH)^+ + H^+$

b) $Cu(OH)^+ + NO_3^- + H_2O \rightleftarrows Cu(OH)_2 + H^+ + NO_3^-$

d) $Cu(OH)NO_3 + H_2O \rightleftarrows Cu(OH)_2 + HNO_3$

Gidroliz natijasida eritmada vodorod ionlarining konsentratsiyasi gidroksid-ionlar konsentratsiyasidan ortib ketadi, demak, pH<7.

3) Kuchli asos bilan kuchli kislotadan hosil bo'lgan tuz gidrolizlanmaydi, pH=7.

**2- masala.** Rux xlorid eritmasi bor probirka qizdirildi va unga oldindan tozalangan rux bo'lagi tashlandi. Bunda qanday gaz ajralib chiqadi? Reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Qizdirish eritmadagi muvozanatni gidroliz mahsulotlari hosil bo'lish tomoniga siljitadi:

$$ZnCl_2+H_2O=Zn(OH)Cl+HCl$$

$$Zn^{2+}+H_2O=Zn(OH)^{+}+H^{+}$$

Hosil bo'ladigan vodorod ionlari rux metali bilan reaksiyaga kirishadi:

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$$

$$Zn+2H^{+}=Zn^{2}+H_2$$

Rux ionlari konsentratsiyasining ortishi gidroliz reaksiyasidagi muvozanatni boshlang'ich tuz tomoniga siljitadi.

### 6- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**6.1.** Aluminiy sulfat eritmasi bilan potash eritmasini aralashtirilganda sodir bo'ladigan reaksiya tenglamasini tuzing. Hosil bo'lgan moddalarni aniqlang.

A) $Al_2(CO_3)_3$ va $K_2SO_4$; B) $Al(HCO_3)_3$ va $K_2SO_4$;
C) $Al(OH)_2(HCO_3)$ va $K_2SO_4$; D) $Al(OH)_3$, $K_2SO_4$va $CO_2$;
E) $Al(OH)CO_3$ va $K_2SO_4$.

*Yechish.* Aluminiy tuzlari va $K_2CO_3$ suvli eritmada gidroliz jarayonida qatnashadi. Bu tuzlar gidrolizining birinchi bosqichining qisqartirilgan ionli tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega:

$$Al^{3+} + H_2O \rightleftarrows Al(OH)^{2+} + H^{+}$$

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows CO_3^{-} + OH^{-}$$

ikkala tenglamadagi gidroliz natijasida qarama-qarshi xususiyatli — kislotali va ishqoriy muhit yuzaga keladi. Bu moddalar gidrolizi yagona reaksion sohada amalga oshishi tufayli ikkala ionlar dissotsilanishi qiyin bo'lgan suv molekulalari hosil bo'ladi. Bu hodisa boshlang'ich tuzlar gidrolizining ikkinchi bosqichida ham yuz beradi:

$$Al(OH)^{2+} + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_2^{+} + H^{+}$$

$$HCO_3^{-} + H_2O \rightleftarrows CO_2 \uparrow + OH^{-}$$

Digidroksoaluminiy ionining oxirgi bosqich gidrolizi ham to'la amalga oshadi:

$$Al(OH)_2^+ + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_3 \downarrow + H^+$$

Bu reaksiyalarni to'la molekular va qisqartirilgan ionli tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3K_2CO_3 + 3H_2O \rightleftarrows 2Al(OH)_3 + 3CO_2 + 3K_2SO_4$$

Ionli holda:

$$2Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O \rightleftarrows 2Al(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$$

*Javob:* **D** bo'ladi.

**6.2.** Quyidagi moddalar orasidan kationi bo'yicha gidrolizda qatnashadigan tuzlarni tanlang: 1) potash; 2) ammoniy nitrat; 3) mis (II) sulfat; 4) kumush nitrat; 5) rux xlorid; 6) magniy xlorid; 7) berilliy nitrat.

A) 2, 3, 5, 6, 7; B) 1, 2, 4, 6, 7; C) 1, 3, 4, 5, 7;
D) 3, 4, 5, 6; E) 4, 6, 7.

*Yechish.* Keltirilgan moddalar 2, 3, 5, 6 va 7 raqamli moddalarning kationlari kuchsiz asosga tegishli bo'ladi. Ularning anionlari esa kuchli kislotalar qoldig'i bo'ladi.

*Javob*: **A** bo'ladi.

**6.3**. Quyidagi tuzlardan faqat anioni bo'yicha gidrolizda qatnashadiganlarini tanlang.

1) aluminiy xlorid; 2) kaliy fosfat; 3) litiy nitrat; 4) kumush ftorid; 5) natriy ftorid; 6) seziy nitrit.

A) 1, 2, 4, 5; B) 2, 3, 5, 6; C) 2, 4, 5, 6;
D) 1, 3, 5, 6; E) 3, 4, 5, 6.

*Yechish.* C javobda keltirilgan tuzlarni hosil qilgan kislota qoldiqlari kuchsiz kislota qatoriga kiradi, ularning kationlari kuchli asoslar qatoriga kiradi.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**6.4.** Ham kationi, ham anioni bo'yicha gidrolizda (qaytmas gidroliz) qatnashadigan tuzlarni tanlang.

1) ammoniy asetat; 2) ammoniy nitrat; 3) qalay ftorid; 4) ammoniy gipoxlorit; 5) temir (III) asetat.

A) 1, 3, 4, 5; B) 1, 2, 3, 5; C) 1, 2, 4, 5;
D) 2, 3, 4, 5; E) 2, 3, 5.

*Yechish.* Keltirilgan tuzlar orasida faqat ammoniy nitrat kationi bo'yicha gidrolizlanadi, qolgan barcha tuzlar testning to'g'ri javobiga mos keladi.

*Javob*: **A** bo'ladi.

**6.5.** Quyida keltirilgan tuzlarning qaysi biri gidroliz reaksiyasida qatnashmaydi?

1) rux perxlorat; 2) kumush nitrat; 3) litiy perxlorat;
4) bariy nitrat; 5) kaliy xromat; 6) kaliy permanganat;
7) natriy fosfat.

A) 1, 2, 4, 6; B) 2, 3, 4; C) 4, 5, 6; D) 2, 3, 4, 5, 6; E) 1, 2, 5, 6.

*Yechish.* Testda keltirilgan rux perxlorat va natriy fosfat gidroliz reaksiyasida qatnashadi, qolgan tuzlarning barchasi kuchli kislota va kuchli asoslardan hosil bo'lgan.

*Javob*: **D** bo'ladi.

## *7-BOB.* OKSIDLANISH-QAYTARILISH REAKSIYALARI. ELEKTROLIZ

### 7.1 - §. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari nazariyasi

Barcha kimyoviy reaksiyalarni ikki turga bo'lish mumkin. Ularning birinchisiga reaksiyaga kirishayotgan moddalar tarkibidagi atomlarning oksidlanish darajasi o'zgarmaydigan reaksiyalar kiradi. Masalan:

$$\overset{+1}{H}\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3} + \overset{+1}{Na}\overset{-2}{O}\overset{+1}{H} = \overset{+1}{Na}\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3} + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}$$

$$\overset{+2}{Ba}\overset{-1}{Cl} + \overset{+1}{K_2}\overset{+6}{S}\overset{-2}{O_4} = \overset{+2}{Ba}\overset{+6}{S}\overset{-2}{O_4} + \overset{+1}{K}\overset{-1}{Cl}$$

Ko'rinib turibdiki, atomlardan har birining oksidlanish darajasi reaksiyadan oldin ham, keyin ham o'zgarmasdan qolgan.

Ikkinchi turga reaksiyaga kirishayotgan moddalar atomlarining oksidlanish darajasi o'zgaradigan reaksiyalar kiradi. Masalan:

$$2\overset{+1}{K}\overset{5}{Cl}\overset{-2}{O_3} = 2\overset{+1}{K}\overset{-1}{Cl} + 3\overset{0}{O_2}$$

$$2\overset{+1}{K}\overset{-1}{Br} + \overset{0}{Cl_2} = \overset{0}{Br_2} + 2\overset{+1}{K}\overset{-1}{Cl}$$

Bu yerda birinchi reaksiyada xlor va kislorod atomlarining, ikkinchi reaksiyada esa — brom va xlor atomlarining oksidlanish darajalari o'zgaradi.

**Reaksiyaga kirishayotgan moddalar tarkibidagi atomlarning oksidlanish darajasi o'zgarishi bilan boradigan reaksiyalar *oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari* deyiladi.**

Oksidlanish darajasining o'zgarishi elektronlarning biror atomga tomon tortilishi yoki bir atomdan boshqa atomga o'tishi bilan bog'liq.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari — eng ko'p tarqalgan reaksiyalar bo'lib, tabiatda va texnikada katta ahamiyatga ega. Ular hayot faoliyatining asosi hisoblanadi. Tirik organizmlardagi nafas olish va moddalar almashinuvi, chirish va bijg'ish, o'simliklarning yashil qismlaridagi fotosintez ana shu reaksiyalar bilan bog'liq. Bu reaksiyalarni yoqilg'i yonganida, metallarning korroziyalanish jarayonlarida va elektrolizda kuzatish mumkin. Ular metallurgiya jarayonlarining va elementlarning tabiatda aylanishining asosini tashkil etadi. Shunday reaksiyalar yordamida ammiak, ishqorlar, nitrat, xlorid va sulfat kislotalar hamda boshqa ko'pgina qimmatli mahsulotlar olinadi. Galvanik elementlar va akkumulatorlarda oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari tufayli kimyoviy energiya elektr energiyasiga aylanadi. Ular tabiatni muhofaza qilishga doir chora-tadbirlarning asosini tashkil etadi. Shu sababli bu reaksiyalar maktab anorganik kimyo kursida ham boshqa reaksiyalarga qaraganda ko'proq o'rganiladi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari nazariyasining asosiy qoidalarini ko'rib chiqamiz.

*1. Atom, molekula yoki ionning elektron berish jarayoni oksidlanish deyiladi.* Masalan:

$$Al - 3\bar{e} = Al^{3+} \qquad Fe^{2+} - \bar{e} = Fe^{3+}$$

$$H_2 - 2\bar{e} = 2H^+ \qquad 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

Oksidlanishda oksidlanish darajasi ortadi.

*2. Atom, molekula yoki ionning elektronlar biriktirib olish jarayoni qaytarilish deyiladi.* Masalan:

$$S + 2\bar{e} = S^{2-} \qquad Cl_2 + 2\bar{e} = 2Cl^- \qquad Fe^{3+} + \bar{e} = Fe^{2+}$$

Qaytarilishda oksidlanish darajasi kamayadi.

*3. Elektronlarini beradigan atom, molekula yoki ionlar qaytaruvchilar deyiladi.* Reaksiya vaqtida ular oksidlanadi. *Elek-*

*tronlarni biriktirib oladigan atom, molekula yoki ionlar oksidlanuvchilar deyiladi.* Reaksiya vaqtida ular q a y t a r i l a d i . Atom, molekula yoki ionlar muayyan moddalar tarkibiga kirganligi sababli bu moddalar ham tegishlicha qaytaruvchilar yoki oksidlovchilar deyiladi.

4. *Oksidlanish hamma vaqt qaytarilishi bilan birga sodir bo'ladi, va aksincha, qaytarilish doimo oksidlanish bilan bog'liq,* buni quyidagicha tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

$$\text{Qaytaruvchi} - \bar{e} \rightleftarrows \text{Oksidlovchi}$$

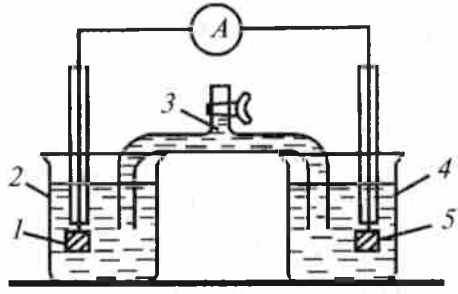
$$\text{Oksidlovchi} + \bar{e} \rightleftarrows \text{Qaytaruvchi}$$

Shu sababli oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari ikkita bir-biriga qarama-qarshi jarayonning — oksidlanish bilan qaytarilishning birligidan iboratdir.

**Qaytaruvchi bergan elektronlar soni oksidlovchi biriktirib olgan elektronlar soniga teng.**

Bunda elektronlar bir atomdan boshqa atomga butunlay o'tishidan yoki atomlarning biriga tomon qisman siljishidan qat'i nazar, shartli ravishda faqat elektronlar berish va biriktirib olish haqida so'z yuritiladi.

Oksidlanish va qaytarilish jarayonlarini fizik jihatdan bir-biridan ajratish va elektronlarni tashqi elektr zanjir orqali uzatish mumkin. Stakan *2* ga kaliy yodid KI eritmasi (7.1-rasm), stakan *4* ga esa — temir (III) xlorid $FeCl_3$ eritmasi qo'yilgan bo'lsin. Eritmalar bir-biri bilan «elektrolitik kalit» deyiladigan U simon nay bilan tutashtirilgan; nayga ionli o'tkazuvchanlikni ta'minlaydigan kaliy xlorid KCl eritmasi to'ldirilgan. Stakanlardagi eritmalarga platina elektrodlar *1* va *5* botirilgan. Agar zanjirga sezgir ampermetr ulab,




**7.1-rasm.** Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga asoslanib tuzilgan galvanik elementning sxemasi.

zanjir tutashtirilsa, u holda strelkaning og'ishiga qarab elektr tokining o'tishini va uning yo'nalishini kuzatish mumkin bo'ladi. Elektronlar kaliy yodid eritmasidagi elektroddan temir (III) xlorid eritmasidagi elektrodga, ya'ni qaytaruvchidan — $I^-$ ionlaridan oksidlovchiga — $Fe^{3+}$ ionlariga o'tadi. Bunda $I^-$ ionlari $I_2$ molekulalariga qadar oksidlanadi, Fe ionlari esa temir (II) ionlariga $Fe^{2+}$ qadar qaytariladi. Ma'lum vaqt o'tgandan keyin reaksiya mahsulotlarini o'ziga xos reaksiyalar: yodni — kraxmal eritmasi bilan, $Fe^{2+}$ ionlarini — kaliy geksasiano- (II) ferrat (qizil qon tuzi) $K_3[Fe(CN)_6]$ eritmasi bilan aniqlash mumkin.

7.1-rasmda keltirilgan sxema oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi asosida tuzilgan *galvanik elementdir.* U ikkita yarimelementdan tarkib topgan: birinchisida qaytaruvchining oksidlanish jarayoni sodir bo'ladi:

$$2I^- - 2\bar{e} = I_2,$$

ikkinchisida esa oksidlovchining qaytarilish jarayoni boradi:

$$Fe^{3+} + 2\bar{e} = Fe^{2+}$$

Bu jarayonlar bir vaqtning o'zida sodir bo'lganligi sababli keyingi tenglamani koeffitsiyent 2 ga ko'paytirib (berilgan va biriktirib olingan elektronlar sonini tenglashtirish uchun) va keltirilgan tenglamalarni hadma-had qo'shib reaksiyaning tenglamasini olamiz:

$$2I^- + 2Fe^{3+} = I_2 + 2Fe^{2+}$$

yoki

$$2KI + 2FeCl_3 = I_2 + 2FeCl_2 + 2KCl$$

Har qanday oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi, agar u galvanik elementda sodir bo'lsa, elektr tokining manbayi bo'la oladi.

## 7.2- §. Eng muhim qaytaruvchi va oksidlovchilar

Qaytaruvchi va oksidlovchilar oddiy moddalar, ya'ni bitta elementdan tarkib topgan bo'lishi ham, murakkab moddalar bo'lishi ham mumkin.

Elementlar davriy sistemasida joylashgan o'rniga muvofiq ko'pchilik metallarning tashqi energetik pog'onasida 1—2 ta elektron bo'ladi. Shu sababli ular kimyoviy reaksiyalarda valent elektronlarini beradi, ya'ni oksidlanadi. Metallarda qaytaruvchanlik xossalari bor.

Davrlarda elementning tartib raqami ortishi bilan oddiy moddalarning qaytaruvchanlik xossalari susayadi, oksidlovchi xossalari esa kuchayadi va galogenlarda maksimal darajaga yetadi. Masalan, III davrda natriy — davrdagi eng aktiv qaytaruvchi, xlor esa eng aktiv oksidlovchidir.

Bosh guruppachalarning elementlarida tartib raqami ortishi bilan qaytaruvchilik xossalari kuchayadi va oksidlovchilik xossalari susayadi. Eng yaxshi qaytaruvchilar — ishqoriy metallar, ulardan eng aktivlari Fr bilan Cs. Eng yaxshi oksidlovchilar — galogenlar. IV—VII gruppalarning bosh gruppachalaridagi elementlar (metallar) elektronlar berishi ham, biriktirib olishi ham mumkin va qaytaruvchilik xossalarini ham, oksidlovchilik xossalarini ham namoyon qila oladi. Ftor bundan mustasno. U faqat oksidlovchilik xossalarini namoyon qiladi, chunki nisbiy elektrmanfiyligi eng kattadir (2.2-jadvalga q.).

Yonaki guruppachalardagi elementlar (katta davrlarning juft qatorlaridagi) metall xossalariga ega bo'ladi, chunki ular atomlarining tashqi pog'onasida 1—2 ta elektron bor. Shu sababli ularning oddiy moddalari qaytaruvchilardir. Shunday qilib, qaytaruvchilar sifatida ta'sir etadigan oddiy moddalardan — metallardan farq qilib, oddiy moddalar — metallmaslar oksidlovchilar sifatida ham, qaytaruvchilar sifatida ham namoyon bo'lishi mumkin.

Murakkab moddalarning oksidlovchilik yoki qaytaruvchilik xossalari shu element atomining oksidlanish darajasiga bog'liq. Masalan, $K\overset{+7}{M}nO_4$, $\overset{+4}{M}nO_2$, $\overset{+2}{M}nSO_4$. Birinchi birikmada marganes maksimal oksidlanish darajasiga ega va u ko'payishi mumkin emas. U faqat elektronlar biriktirib olishi mumkin, demak, $KMnO_4$ faqat oksidlovchi bo'la oladi. Uchinchi birikmada marganesning oksidlanish darajasi eng past — u faqat qaytaruvchi bo'lishi mumkin. Ikkinchi birikmada marganes oraliq oksidlanish darajasi (+4) ga ega, shuning uchun u qaytaruvchi ham, oksidlovchi ham bo'la oladi; bu reaksiyaning borish shart-sharoitlariga va $MnO_2$ qaysi moddalar bilan reaksiyaga kirishayotganligiga bog'liq.

Tarkibida yuqori oksidlanish darajasiga ega bo'lgan atomlar bor murakkab anionlar ham oksidlovchilar hisoblanadi. Masalan, $\overset{+5}{N}O_3^-$, $\overset{+7}{M}nO_4^-$, $\overset{+6}{Cr}_2\overset{-2}{O}_7^{2-}$, $\overset{+5}{Cl}O_3^-$, $\overset{+7}{Cl}O_4^-$ va b. Oksidlovchilik xossalari yuqori oksidlanish darajasiga ega bo'lgan atom tufayli emas, balki

butun anion tufaylidir, masalan, $Mn^{+7}$ ioni emas, balki butun anion $MnO_4^-$ tufaylidir. Elementar anionlar faqat qaytaruvchilik xossalarini namoyon qiladi. Masalan, $F^-$, $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$, $S^{2-}$ va boshqalar.

Eng muhim qaytaruvchi va oksidlovchilar 7.1- jadvalda keltirilgan.

7.1-jadval. **Eng muhim qaytaruvchi va oksidlovchilar**

| Qaytaruvchilar | Oksidlovchilar |
|---|---|
| Metallar, vodorod, ko'mir. | Galogenlar... |
| Uglerod (II) oksid CO | Kaliy permanganat $KMnO_4$, kaliy manganat $K_2MnO_4$, marganes (IV) oksid $MnO_2$. |
| | Kaliy dixromat $K_2Cr_2O_7$, kaliy xromat $K_2CrO_4$. |
| Vodorod sulfid $H_2S$, oltingugurt (IV) oksid $SO_2$, sulfit kislota $H_2SO_3$ va uning tuzlari. | Nitrat kislota $HNO_3$. |
| | Kislorod $O_2$, ozon $O_3$, vodorod peroksid $H_2O_2$. |
| Yodid kislota HJ, bromid kislota HBr, xlorid kislota HCl. | Sulfat kislota $H_2SO_4$ (kons.), selenat kislota $H_2SeO_4$. |
| Qalay (II) xlorid $SnCl_2$, temir (II) sulfat $FeSO_4$, marganes (II) sulfat $MnSO_4$, xrom (III) sulfat $Cr_2(SO_4)_3$. | Mis (II) oksid CuO, kumush (I) oksid $Ag_2O$, qo'rg'oshin (IV) oksid $PbO_2$. |
| Nitrat kislota $HNO_3$, ammiak $NH_3$, gidrazin $N_2H_4$, azot (II) oksid NO. | Nodir metallarning ionlari ($Ag^+$, $Au^{3+}$ va boshqalar). |
| | Temir (III) xlorid $FeCl_3$. |
| Fosfit kislota $H_3PO_3$. | Gipoxloritlar, xloratlar va perxloratlar. |
| Aldegidlar, spirtlar, chumoli va oksalat kislotalar, glukoza. | Zar suvi, konsentrlangan nitrat va aftorid kislotalarning aralashmasi. |
| Elektroliz jarayonida katod. | Elektroliz jarayonida anod. |

## 7.3- §. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini tuzish

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini tuzishning ikki xil usuli — elektronlar balansi usuli bilan yarim-reaksiyalar usuli qo'llaniladi.

**Elektronlar balansi usuli.** Bu usulda boshlang'ich va oxirgi moddalardagi atomlarning oksidlanish darajalari taqqoslanadi, bunda *qaytaruvchi bergan elektronlar soni oksidlovchi biriktirib*

*olgan elektronlar soniga teng bo'lishi kerak*, degan qoidaga asoslanadi. Tenglama tuzish uchun reaksiyaga kirishayotgan moddalarning va reaksiya mahsulotlarining formulalarini bilish kerak. Reaksiya mahsulotlari tajriba yo'li bilan yoki elementlarning ma'lum xossalari asosida aniqlanadi. Shu usulning tatbiqini misollarda ko'rib chiqamiz.

**1- misol.** Misning palladiy (II) nitrat bilan reaksiyasining tenglamasini tuzish. Reaksiyaning boshlang'ich va oxirgi mahsulotlarining formulalarini yozamiz va oksidlanish darajalarining o'zgarishlarini ko'rsatamiz:

$$\overset{0}{Cu} + \overset{+2}{Pd}(NO_3)_2 = \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + \overset{0}{Pd}$$

Mis ionini hosil qilishda mis ikkita elektronini beradi, uning oksidlanish darajasi 0 dan +2 ga qadar ortadi. Mis — qaytaruvchi. Palladiy ioni ikkita elektronni biriktirib olib, oksidlanish darajasini +2 dan 0 ga qadar o'zgartiradi. Palladiy (II) nitrat — oksidlovchi. Bu o'zgarishlarni elektron tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

$$\begin{array}{l|l} \overset{0}{Cu} - 2\bar{e} = \overset{+2}{Cu} & 1 \\ \overset{+2}{Pd} - 2\bar{e} = \overset{0}{Pd} & 1 \end{array}$$

Bu tenglamalardan ko'rinib turibdiki, qaytaruvchi bilan oksidlovchida koeffitsiyentlar 1 ga teng. Reaksiyaning oxirgi tenglamasi:

$$Cu + Pd(NO_3)_2 = Cu(NO_3)_2 + Pd$$

Reaksiyaning umumiy tenglamasida elektronlar ko'rsatilmaydi.

Tuzilgan tenglamaning to'g'riligini tekshirib ko'rish uchun uning o'ng va chap qismlarida har qaysi element atomlarining sonini hisoblab chiqamiz. Masalan, o'ng qismida 6 ta kislorod atomi, chap qismida ham 6 ta kislorod atomi bor; palladiy atomlari 1 va 1; misniki ham 1 va 1. Demak, tenglama to'g'ri tuzilgan.

Shu tenglamani ionli ko'rinishda qayta yozamiz:

$$Cu + Pd^{2+} + 2NO_3^- = Cu^{2+} + 2NO_3^- + Pd$$

Bir xil ionlar qisqartirilgandan keyin quyidagicha bo'ladi:

$$Cu + Pd^{2+} = Cu^{2+} + Pd$$

**2- misol.** Marganes (IV) oksidning konsentrlangan xlorid kislota bilan o'zaro ta'sirlashish reaksiyasining tenglamasini tuzish (laboratoriyada shu reaksiya yordamida xlor olinadi). Reaksiyaning boshlang'ich va oxirgi moddalarining formulalarini yozamiz:

$$HCl + MnO_2 \rightarrow Cl_2 + MnCl_2 + H_2O$$

Atomlar oksidlanish darajalarining reaksiyagacha va undan keyin o'zgarishini ko'rsatamiz:

$$\overset{-1}{H}\overset{}{Cl} + \overset{+4}{Mn}O_2 \rightarrow \overset{0}{Cl_2} + \overset{+2}{Mn}Cl_2 + H_2O$$

Bu reaksiya oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi, chunki xlor va marganes atomlarining oksidlanish darajalari o'zgaradi. HCl — qaytaruvchi, $MnO_2$ — oksidlovchi. Elektronli tenglamalarni tuzamiz:

$$\begin{array}{l|l} 2\overset{-1}{C}l - 2\bar{e} = Cl_2 & 1 \\ \overset{+4}{Mn} + 2\bar{e} = \overset{+2}{Mn} & 1 \end{array}$$

hamda qaytaruvchi va oksidlovchi oldidagi koeffitsiyentlarni topamiz. Ular tegishlicha 2 va 1 ga teng. Koeffitsiyent 2 (1 emas) shuning uchun qo'yiladiki, oksidlanish darajasi — 1 va 2 ta xlor atomi 2 ta elektron beradi. Bu koeffitsiyent elektron tenglamada qo'yilgan.

$$2HCl + MnO_2 \rightarrow Cl_2 + MnCl_2 + H_2O$$

Reaksiyaga kirishayotgan boshqa moddalar uchun koeffitsiyentlar topamiz. Elektron tenglamalardan ko'rinib turibdiki, 2 mol HCl ga 1 mol $MnO_2$ to'g'ri keladi. Lekin hosil bo'ladigan ikki zaryadli marganes ionini bog'lash uchun yana 2 mol xlorid kislota zarurligini e'tiborga olib qaytaruvchi oldiga koeffitsiyent 4 ni qo'yish kerak. Bunda 2 mol suv olinadi. Reaksiyaning oxirgi ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$4HCl + MnO_2 = Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$$

Tenglamaning to'g'ri yozilganligini tekshirishda biror element, masalan, xlor atomlarining sonini sanash bilan kifoyalanish mumkin: chap tomonda 4 ta va o'ng tomonda 2+2=4 ta.

Elektronlar balansi usulida reaksiyalarning tenglamalari molekular shaklda ifodalangani uchun ularni tuzib va tekshirib ko'rgandan keyin ionli shaklda yozish kerak. Tuzilgan tenglamani ionli shaklda qayta yozamiz:

$$4H^+ + 4Cl^- + MnO_2 = Cl_2 + Mn^{2+} + 2H_2O + 2Cl^-$$

va ikkala qismdagi bir xil ionlar (ularning tagiga chizilgan) qisqartirilgandan keyin quyidagini olamiz:

$$4H^+ + 2Cl^- + MnO_2 = Cl_2 + Mn^{2+} + 2H_2O$$

**3- misol.** Vodorod sulfidning ozgina kislota qo'shilgan kaliy permanganat eritmasi bilan o'zaro ta'sir reaksiyasining tenglamasini tuzish. Reaksiyaning sxemasini — boshlang'ich moddalar bilan hosil bo'ladigan moddalarning formulalarini yozamiz:

$$H_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow S + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

So'ngra atomlar oksidlanish darajalarining reaksiyadan oldin va keyin o'zgarishini ko'rsatamiz:

$$H_2\overset{-2}{S}+K\overset{+7}{Mn}O_4+H_2SO_4 \rightarrow \overset{0}{S}+\overset{+2}{Mn}SO_4+K_2SO_4+H_2O$$

Oltingugurt bilan marganes atomlarinining oksidlanish darajalari o'zgaradi ($H_2S$ — qaytaruvchi, $KMnO_4$ — oksidlovchi). Elektronli tenglama tuzamiz, ya'ni elektronlar berish va biriktirib olish jarayonlarini tasvirlaymiz:

$$\begin{array}{rl} \overset{-2}{S}-2\bar{e}=S & \Big| \; 5 \\ \overset{+7}{Mn}+5\bar{e}=\overset{+2}{Mn} & \Big| \; 2 \end{array}$$

Va nihoyat, oksidlovchi hamda qaytaruvchi oldidagi koeffitsiyentlarni topamiz, so'ngra reaksiyaga kirishayotgan boshqa moddalarga koeffitsiyentlar topamiz. Elektronli tenglamalardan ko'rinib turibdiki, 5 mol $H_2S$ va 2 mol $KMnO_4$ olish kerak, bu holda 5 mol S atomlari va 2 mol $KMnO_4$ olinadi. Bundan tashqari, tenglamaning chap va o'ng qismlaridagi atomlarni taqqoslab, 1 mol $K_2SO_4$ bilan 8 mol suv ham hosil bo'lishini aniqlaymiz.

Reaksiyaning yakuniy tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$5H_2S+2KMnO_4+3H_2SO_4=5S+2MnSO_4+K_2SO_4+8H_2O$$

Tenglama to'g'ri yozilganligi biror element, masalan, kislorod atomlarining sonini hisoblash orqali tasdiqlanadi: chap qismida $2 \cdot 4+3 \cdot 4=20$ ta va o'ng qismida $2 \cdot 4+4+8=20$ ta.

Tenglamani jonli ko'rinishda qayta yozamiz:

$$5H_2S+2MnO_4^-+6H^+=5S+2Mn^{2+}+8H_2O$$

Ma'lumki, reaksiyaning to'g'ri yozilgan tenglamasi moddalar massasining saqlanish qonunining ifodasi hisoblanadi. Shuning uchun bir xil atomlarning boshlang'ich moddalardagi va reaksiya mahsulotlaridagi soni bir xil bo'lishi kerak. Zaryadlar ham saqlanib qolishi lozim. Boshlang'ich moddalardagi zaryadlar yig'indisi reaksiya mahsulotlaridagi zaryadlar yig'indisiga doimo teng bo'lishi kerak.

**Yarimreaksiyalar usuli, ya'ni ion-elektronli usul.** Nomidan ko'rinib turibdiki, bu usul oksidlanish jarayoni va qaytarilish jarayoni uchun ionli tenglamalarni tuzish va keyin ularni umumiy tenglama tarzida birlashtirishga asoslangan. Misol tariqasida elektron balans usulini tushuntirishda foydalanilgan reaksiyaning tenglamasini tuzamiz (3- misolga q.). Ozroq kislota qo'shilgan kaliy permanganat $KMnO_4$ eritmasi orqali vodorod sulfid $H_2S$ o'tkazilganda pushtirang yo'qoladi va eritma loyqalanadi. Tajriba shuni ko'rsatadiki, eritma elementar oltingugurt hosil bo'lishi, ya'ni quyidagi jarayon sodir bo'lishi natijasida loyqalanadi:

$$H_2S \rightarrow S+2H^+$$

Bu sxema atomlar soni jihatdan tenglashtirilgan. Zaryadlar soni jihatdan tenglashtirish uchun sxemaning chap qismidan ikkita elektronni olish kerak, shundan keyingina strelkani tenglik alomati bilan almashtirish mumkin:

$$H_2S - 2\bar{e} = S + 2H^+$$

Bu birinchi yarimreaksiya — qaytaruvchi $H_2S$ ning oksidlanish jarayoni.

Eritmaning rangsizlanishi $MnO_4^-$ ionning (u pushti rangli) $Mn^{2+}$ ioniga (deyarli rangsiz va konsentratsiyasi katta bo'lgandagina och pushti rangli bo'ladi) aylanishi bilan bog'liq, buni ushbu sxema bilan ifodalash mumkin:

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$$

Kislotali eritmada $MnO_4^-$ ionlari tarkibiga kiradigan kislorod vodorod ionlari bilan birgalikda pirovard oqibatda suv hosil qiladi. Shu sababli yuqoridagi jarayonni shunday yozamiz:

$$MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

Strelkani tenglik ishorasiga almashtirish uchun zaryadlarni ham tenglashtirish kerak. Boshlang'ich moddalarda yettita musbat zaryad (7+), oxirgi mahsulotlarda esa ikkita musbat zaryad (+2) bo'lganligi sababli zaryadlarning saqlanish shartini bajarish uchun sxemaning chap qismiga beshta elektron qo'shish lozim:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} = 4H_2O$$

Bu ikkinchi yarimreaksiya — oksidlovchining, ya'ni permanganat-ionning $MnO_4^-$ qaytarilish jarayonidir.

Reaksiyaning umumiy tenglamasini tuzish uchun oldin berilgan va biriktirib olingan elektronlar sonini tenglashtirib, so'ngra yarimreaksiyalarning tenglamalarini hadma-had qo'shish kerak. Bunda eng kichik ko'paytuvchini topish qoidalari asosida tegishli ko'paytuvchilar aniqlanadi, so'ngra yarimreaksiyalarning tenglamalari shularga ko'paytiriladi. Bularni qisqartirilgan holda shunday yozish mumkin:

| | |
|---|---|
| $H_2S - 2\bar{e} = S + 2H^+$ | 5 |
| $MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} = 4H_2O$ | 2 |

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 16H^+ = 5S + 10H^+ + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

Tenglamaning ikkala qismini $10H^+$ ga qisqartirsak, yakuniy tenglama olinadi:

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5S + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

Ionli ko'rinishda tuzilgan tenglamaning to'g'riligini tekshirib ko'ramiz: chap qismida kislorod atomlarining soni 8; zaryadlar soni chap qismida (2−)+(6+)=4+, o'ng qismida 2(2+)=4+. Tenglama to'g'ri tuzilgan, chunki atom va zaryadlar soni ikkala tomonida ham bir xil.

Yarimreaksiyalar usuli bilan reaksiyaning ionli shakldagi tenglamasi tuziladi. Undan molekular shakldagi tenglamaga o'tish uchun quyidagicha ish yuritiladi: ionli tenglamaning chap qismidagi har qaysi anioniga tegishli kation, har qaysi kationga — anion tanlanadi. So'ngra xuddi shuncha sondagi ionlarni tenglamaning o'ng qismiga yozamiz, shundan keyin ionlarni molekula holida birlashtiramiz:

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5S + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$
$$2K^+ + 3SO_4^{2-} = 2K^+ + 3SO_4^{2-}$$

$$5H_2S + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5S + 2MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 8H_2O$$

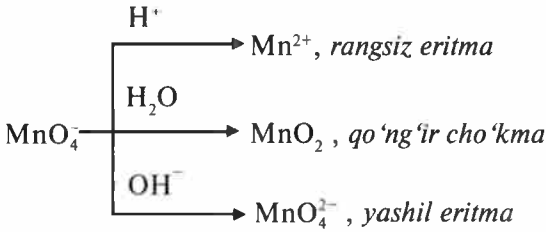
Shunday qilib, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini yarimreaksiyalar usuli yordamida tuzish elektronlar balansi usulidagi kabi natijaga olib keladi.

Ikkala usulni taqqoslab ko'ramiz. Elektronlar balansi usuliga qaraganda yarimreaksiyalar usulining afzalligi shundaki, bu usulda gipotetik ionlar emas, balki haqiqiy mavjud ionlar qo'llaniladi. Haqiqatan ham, eritmada $\overset{+7}{Mn}$, $\overset{+6}{Cr}$, $\overset{+6}{S}$, $\overset{+4}{S}$ ionlar yo'q, balki $MnO_4^-$, $Cr_2O_4^{2-}$, $CrO_4^{2-}$, $SO_4^{2-}$ ionlar bor. Yarimreaksiyalar usulida atomlarning oksidlanish darajalarini bilish shart emas. Yarimreaksiyalarning alohida ionli tenglamalarini yozish galvanik elementdagi va elektroliz paytida kimyoviy jarayonlarni tushunib olish uchun zarurdir. Bu usulda barcha jarayonning faol ishtirokchisi bo'lgan muhitning roli yaqqol ko'rinadi (7.4- § ga q.). Nihoyat, yarimreaksiyalar usulidan foydalanilganda olinadigan barcha moddalarni bilish shart emas, ular tenglamani keltirib chiqarish vaqtida paydo bo'ladi. Shuning uchun yarimreaksiyalar usulini afzalroq bilib, suvdagi eritmalarda boradigan barcha oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini tuzishda ana shu usulni tatbiq etish kerak.

## 7.4- §. Reaksiyalarning borishiga muhitning ta'siri

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari turli muhitda: kislotali (ortiqcha $H^+$ ionlar), neytral ($H_2O$) va ishqoriy (ortiqcha $OH^-$ ionlar) muhitlarda borishi mumkin. Muhit qandayligiga qarab bir xil moddalar orasidagi reaksiyalarning borish xususiyati o'zgarishi mumkin. Muhit atomlar oksidlanish darajalarining o'zgarishiga ta'sir etadi. Masalan, $MnO_4^-$ ioni kislotali muhitda $Mn^{2+}$ ga, neytral muhitda $MnO_2$ ga, ishqoriy muhitda — $MnO_4^{2-}$ ga qadar qaytariladi. Bu o'zgarishlarni sxema tarzida shunday ko'rsatish mumkin:

*Oksidlangan shakli* *Qaytarilgan shakli*




Odatda eritmada kislotali muhit hosil qilish uchun sulfat kislotadan foydalaniladi. Nitrat va xlorid kislotalar kamdan kam hollarda ishlatiladi: bularning birinchisi oksidlovchi hisoblanadi, ikkinchisi oksidlanishi mumkin. Ishqoriy muhit hosil qilish uchun kaliy yoki natriy gidroksidlarning eritmalari ishlatiladi.

Yuqorida keltirilgan sxemaga asoslanib, yarimreaksiyalar usuli bilan natriy sulfit $Na_2SO_3$ ning (qaytaruvchi) kaliy permanganat $KMnO_4$ bilan (oksidlovchi) turli muhitlarda o'zaro ta'sir etish reaksiyalarining tenglamalarini tuzamiz (1—3- misollar).

**1- misol.** Kislotali muhitda:

$$SO_3^{2-} + MnO_4^- \rightarrow SO_4^{2-} + Mn^{2+} + \ldots$$

$$\begin{array}{rl|c} SO_3^{2-} + H_2O - 2\bar{e} = SO_4^{2-} + 2H^+ & & 5 \\ MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} + 4H_2O & & 2 \end{array}$$

$$5SO_3^{2-} + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 3H_2O$$

yoki

$$5Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5NaSO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$$

**2- misol.** Neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda:

$$SO_3^{2-} + MnO_4^- \rightarrow SO_4^{2-} + MnO_2 + \ldots$$

$$\begin{array}{rl|c} SO_3^{2-} + H_2O - 2\bar{e} = SO_4^{2-} + 2H^+ & & 3 \\ MnO_4^- + H_2O - 3\bar{e} = MnO_2 + 4OH^- & & 2 \end{array}$$

$$3SO_3^{2-} + 2MnO_4^- + H_2O = 3SO_4^{2-} + 2MnO_2 + 2OH^-$$

yoki

$$3Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + H_2O = 3Na_2SO_4 + 2MnO_2 + 2KOH$$

**3- misol.** Kuchli ishqoriy muhitda:

$$SO_3^{2-} + MnO_4^- \rightarrow SO_4^{2-} + MnO_4^{2-} + \ldots$$

$$\begin{array}{l|l} SO_3^{2-} + 2OH^- - 2\bar{e} = SO_4^{2-} + H_2O & 1 \\ MnO_4^- + 1\bar{e} = MnO_4^{2-} & 2 \end{array}$$

$$SO_3^{2-} + 2MnO_4^- + 2OH^- = SO_4^{2-} + 2MnO_4^{2-} + H_2O$$

yoki

$$Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + K_2MnO_4 + Na_2MnO_4 + H_2O$$

$$H_2O_2 \begin{cases} \xrightarrow{H^+} H_2O_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2H_2O \\ \xrightarrow{H_2O \text{ va } OH^-} H_2O + 2\bar{e} = 2OH^- \end{cases}$$

Vodorod peroksid muhitga bog'liq holda ushbu sxemaga muvofiq qaytariladi.

Bu yerda $H_2O_2$ oksidlovchi sifatida bo'ladi. Masalan:

$$2FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} Fe^{2+} - 1\bar{e} = Fe^{3+} & 2 \\ H_2O_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2H_2O & 1 \end{array}$$

$$2Fe^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ = 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

Lekin vodorod peroksid $KMnO_4$ kabi juda kuchli oksidlovchi bilan to'qnashganda qaytaruvchi sifatida bo'ladi. Masalan:

$$5H_2O_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5O_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} H_2O_2 - 2\bar{e} = O_2 + 2H^+ & 5 \\ MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} + 4H_2O & 2 \end{array}$$

$$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

## 7.5- §. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining turlari

**Odatda oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining uch turi: molekulalararo, ichki molekular va disproporsiyalanish reaksiyalari bo'ladi.**

**Molekulalararo** reaksiyalarga oksidlovchi bilan qaytaruvchi turli moddalarda bo'ladigan reaksiyalar kiradi. 7.3- § va 7.4- § larda ko'rib chiqilgan reaksiyalar ana shu turga kiradi. Bitta elementning atomlari turli xil oksidlanish darajalarida bo'ladigan har xil moddalar orasidagi reaksiyalarni ham ana shu turga kiritish kerak:

$$2H_2\overset{-2}{S}+H_2\overset{+4}{S}O_3=3\overset{0}{S}+3H_2O$$

$$5H\overset{-1}{Cl}+H\overset{+5}{Cl}O_3=3\overset{0}{Cl_2}+3H_2O$$

**Ichki molekular** reaksiyalarga oksidlovchi bilan qaytaruvchi bitta moddaning o'zida bo'ladigan reaksiyalar kiradi. Bu holda oksidlanish darajasi musbatroq bo'lgan atom oksidlanish darajasi kichikroq bo'lgan atomni oksidlaydi. Termik parchalanish reaksiyalari ana shunday reaksiyalarga kiradi. Masalan:

$$2Na\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3}=2\,Na\overset{+3}{N}O_2+\overset{0}{O_2}$$

$$2K\overset{+5}{Cl}\overset{-2}{O_3}=2\,K\overset{-1}{Cl}+3\overset{0}{O_2}$$

$$(\overset{-3}{N}H_4)_2\overset{+6}{Cr_2}O_7=\overset{0}{N_2}+\overset{+3}{Cr_2}O_3+4H_2O$$

Tarkibidagi bitta elementning atomlari turli xil oksidlanish darajalariga ega bo'ladigan moddalarning parchalanishini ham ana shunday reaksiyalar qatoriga kiritish kerak:

$$\overset{-3}{N}H_4\overset{+3}{N}O_2=\overset{0}{N_2}+2H_2O,\qquad \overset{-3}{N}H_4\overset{+5}{N}O_3=\overset{+1}{N_2}O+2H_2O$$

**Disproporsiyalanish*** reaksiyasining borishida bitta element atomlarining oksidlanish darajalari bir vaqtning o'zida ortadi ham kamayadi. Bunda boshlang'ich modda hosil qilgan birikmalarning birida atomlarning oksidlanish darajalari yuqori, ikkinchisida esa pastroq bo'ladi. Ravshanki, bunday reaksiyalar molekulasida oraliq oksidlanish darajasiga ega bo'lgan atomlar bor moddalardagina kuzatiladi. Misol tariqasida molekulasidagi marganes oraliq oksidlanish darajasi +6 ga ega bo'lgan (+7 bilan +4 orasida) kaliy manganat $K_2MnO_4$ ning o'zgarishini ko'rsatish mumkin. Bu tuzning eritmasi chiroyli to'q yashil tusli ($MnO_4$ ionning rangi) bo'ladi, lekin eritmaning rangi qo'ng'irga o'zgaradi. Bu $MnO_2$ cho'kmasi tushishi va $MnO_4^-$ ioni hosil bo'lishi tufaylidir. Quyidagicha reaksiya sodir bo'ladi:

$$3K_2\overset{+6}{Mn}O_4+2H_2O=2K\overset{+7}{Mn}O_4+\overset{+4}{Mn}O_2+KOH$$

$$\begin{array}{l|l} \overset{+6}{Mn}-1\bar{e}=\overset{+7}{Mn} & 2 \\ \overset{+6}{Mn}-2\bar{e}=\overset{+4}{Mn} & 1 \end{array}$$

* *Disproporsiya* — mutanosiblikning yo'qligi, nomutanosib.

Quyidagi ko'p uchraydigan reaksiyalar ham disproporsiyalanish reaksiyalari qatoriga kiradi:

$$3H\overset{+3}{N}O_2 = H\overset{+5}{N}O_3 + 2\overset{+2}{N}O + H_2O$$

$$\overset{0}{Cl_2} + H_2O = H\overset{+1}{Cl}O + H\overset{-1}{Cl}$$

Ilgari disproporsiyalanish reaksiyalari o'z-o'zidan oksidlanish — o'z-o'zidan qaytarilish reaksiyalari deyilar edi, hozir bunday atash deyarli qo'llanilmaydi.

## 7.6- §. Elektrolizning mohiyati

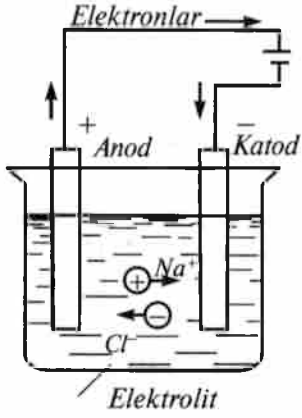
Elektrolitlarning eritmalari va suyuqlanmalarida har xil ishorali ionlar (kationlar va anionlar) bo'ladi, ular suyuqlikning barcha zarrachalari kabi tartibsiz harakatda bo'ladi. Agar elektrolitning shunday eritmasi yoki suyuqlanmasiga, masalan, natriy xloridning suyuqlanmasiga (NaCl 801 °C da suyuqlanadi) inert (ko'mir) elektrodlar botirilsa va o'zgarmas elektr toki o'tkazilsa, u holda ionlar elektrodlarga: $Na^+$ kationlari — katodga, $Cl^-$ anionlari — anodga tomon harakatlanadi (7.2- rasm). $Na^+$ ionlari katodga yetgandan keyin undan elektronlar oladi va qaytariladi:

$$Na^+ + \bar{e} = Na$$

xlorid-ionlar Cl esa elektronlarni anodga berib oksidlanadi:

$$2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

Natijada katodda natriy metali, anodda esa xlor ajralib chiqadi.




**7.2- rasm.** NaCl suyuqlanmasini elektroliz qilish sxemasi.

Agar endi bu ikki elektrod reaksiyalarini hadlab qo'shsak (oldindan birinchisini 2 ga ko'paytirib), u holda natriy xlorid elektrolizining umumiy tenglamasini olamiz:

$$\begin{array}{rl} Na^+ + \bar{e} = Na & \mid 2 \\ 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2 & \mid 1 \end{array}$$

$$2Na^+ + 2Cl^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Na + Cl_2$$

yoki

$$2NaCl \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Na + Cl_2$$

Bu reaksiya oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi hisoblanadi: anodda oksidlanish jarayoni, katodda qaytarilish jarayoni sodir bo'ladi.

**Elektrolitning suyuqlanmasi yoki eritmasi orqali elektr toki o'tganida elektrodlar sodir bo'ladigan oksidlanish-qaytarilish jarayoni *elektroliz* deyiladi.**

Elektrolizning mohiyati elektr energiyasi hisobiga kimyoviy reaksiyalarning — katodda qaytarilish va anodda oksidlanish reaksiyalarining amalga oshishidan iborat. Bunda katod kationlarga elektronlar beradi, anod esa anionlardan elektronlar biriktirib oladi.

Elektr tokining qaytaruvchilik va oksidlovchilik ta'siri kimyoviy qaytaruvchi va oksidlovchilarning ta'siridan ko'p marta kuchliroqdir. Masalan, hech qanday kimyoviy oksidlovchi ftorid-ion $F^-$ dan elektronini tortib ololmaydi. Shu sababli ftorning birikmalari tabiatda keng tarqalganligiga qaramay, ftorni erkin holda olishning iloji bo'lmaydi. Kaliy ftoridning ftorid kislotadagi eritmasi elektroliz qilingandagina ftorid-iondan elektronini tortib olishga muvaffaq bo'linadi. Bunda anodda ftor $2F^- - 2\bar{e} = F_2$, katodda esa vodorod ($2H^+ + 2\bar{e} = H_2$) ajralib chiqadi.

Elektrolizning mohiyatini sxema yordamida tasvirlash qulay, bu sxema elektrolitning dissotsilanishini, ionlarning harakatlanish yo'nalishini, elektrodlardagi jarayonlari va ajralib chiqadigan moddalarni ko'rsatadi. Natriy xlorid suyuqlanmasi elektrolizining sxemasi quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{array}{c} NaCl \\ \text{katod} \leftarrow Na^+ + Cl^- \rightarrow \text{anod} \\ Na^+ + \bar{e} = Na \qquad\qquad 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2 \end{array}$$

Elektrolizni o'tkazish uchun elektrodlar elektrolitning suyuqlanmasi yoki eritmasiga botiriladi va ular doimiy tok manbayiga ulanadi. Elektroliz o'tkaziladigan asbob *elektrolizor* yoki elektrolitik vanna deyiladi (7.2 - rasm).

## 7.7 - §. Elektrolitlar suvdagi eritmalarining elektrolizi

Suyuqlantirilgan elektrolitlarning elektrolizi bilan elektrolitlar eritmalarining elektrolizini bir-biridan farqlash lozim. Elektrolitlar eritmalarining elektrolizi jarayonlarida suv molekulalari ham ishtirok etishi mumkin.

Misol tariqasida natriy xloridning suvdagi konsentrlangan eritmasining elektrolizini (ko'mir elektrodlarda) ko'rib chiqamiz. Bu holda eritmada gidratlangan $Na^+$ va $Cl^-$ ionlari, shuningdek, suv molekulalari bo'ladi. Eritma orqali elektr toki o'tganida $Na^+$ kationlari katodga, xlorid-ionlari anodga tomon harakatlanadi. Lekin elektrodlarda sodir bo'ladigan reaksiyalar tuz suyuqlanmasida boradigan reaksiyalardan katta farq qiladi. Masalan, katodda natriy ionlarining o'rniga suv molekulalari qaytariladi:

$$2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$$

anodda esa xlorid-ionlar oksidlanadi:

$$2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

Natijada katodda vodorod, anodda — xlor ajralib chiqadi, eritmada esa (katod yaqinida) natriy gidroksid NaOH to'planadi (OH ionlarning manfiy zaryadini Na ionlarining musbat zaryadi qoplaydi). NaCl suvdagi eritmasi elektrolizning umumiy tenglamasi ionli ko'rinishda quyidagicha bo'ladi.

$$2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$$
$$2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

$$2H_2O + 2Cl^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} H_2 + Cl_2 + 2OH^-$$

yoki molekular ko'rinishda:

$$2H_2O + 2NaCl^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} H_2 + Cl_2 + 2OH^*$$

**Katod va anodda boradigan jarayonlar.** Suvdagi eritmalarda katodda qaytarilish jarayoni qanday sodir bo'ladi?

Bu savolga *standart elektrod potensiallar qatori* (12.1- jadvalga q.) yordamida javob topish mumkin. Bu yerda uch xil hol bo'lishi mumkin:

1) standart elektrod potensiali vodorodnikidan katta bo'lgan metallarning ($Cu^{2+}$ dan $Au^{3+}$ gacha) kationlari elektrolizda katodda deyarli to'liq qaytariladi;

2) standart elektrod potensiali kichik bo'lgan metallarning ($Li^+$ dan $Al^{3+}$ gacha) kationlari katodda qaytarilmaydi, ularning o'rniga suv molekulalari qaytariladi;

* Juda suyultirilgan eritmalarda anodda xlor bilan birgalikda suv molekulalarining oksidlanishi hisobiga kislorod ham ajralib chiqishi mumkin:

$$2H_2O - 4\bar{e} = O_2 + 4H^+$$

3) standart elektrod potensiali vodorodnikidan kichik, lekin aluminiynikidan katta bo'lgan metallarning ($Al^{3+}$ da $H^+$ gacha) kationlari elektroliz vaqtida katodda suv molekulalari bilan birga qaytariladi.

Agar suvdagi eritma tarkibida turli xil metallarning kationlari bo'lsa, u holda elektroliz vaqtida katodda ular metall standart elektrod potensialining algebraik qiymati kamayib borish tartibida ajralib chiqadi. Masalan, $Ag^+$, $Cu^{2+}$, $Fe^{2+}$ kationlar aralashmasidan dastlab kumush kationlari ($E^0 = \pm 0{,}80$ B), so'ngra mis kationlari ($E^0 = \pm 0{,}34$ B) va oxirida temir kationlari ($E^0 = -0{,}44$ B) qaytariladi.

Anodda sodir bo'ladigan reaksiyalarning xususiyati suv molekulalarining bor-yo'qligiga va anod qanday moddadan yasalganligiga bog'liq. Odatda anodlar erimaydigan ko'mir, grafit, platina va iridiydan yasaladi; eriydiganlari — mis, kumush, rux, kadmiy, nikel va boshqa metallardan yasaladi.

Erimaydigan anodda elektroliz jarayonida anionlar yoki suv molekulalari oksidlanadi. Bunda kislorodsiz kislotalarning anionlari (masalan, $S^{2-}$, $I^-$, $Br^-$, $Cl^-$) konsentratsiyasi yetarli miqdorda bo'lganda oson oksidlanadi. Agar eritma tarkibida kislorodli kislotalarning anionlari (masalan, $SO_4^{2-}$, $NO_3^-$, $CO_3^{2-}$, $PO_4^{3-}$) bor bo'lsa, u holda anodda bu ionlar emas, balki suv molekulalari oksidlanib, kislorod ajralib chiqadi.

Eriydigan anod elektrolizda oksidlanishga uchraydi, ya'ni tashqi zanjirga elektronlar beradi. Elektronlar berilganda elektrod bilan eritma orasidagi muvozanat siljiydi:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Me | $\rightleftarrows$ | $Me^{n+}$ | + | $ne^-$ |
| anod metali | | eritmaga o'tadi | | tashqi zanjirga ketadi |

va anod eriydi.

Elektrolitlar suvdagi eritmalarining elektroliziga doir misollar 7.9-§ da keltirilgan.

## 7.8- §. Elektrolizning qo'llanilishi

Elektroliz ancha keng ko'lamda qo'llaniladi. Metall buyumlarni korroziyalashdan muhofaza qilish uchun ularning sirtiga boshqa metallning — xrom, kumush, oltin, mis, nikel va h.k. juda yupqa qatlami qoplanadi. Ba'zan ko'p qatlamli qoplama ham qilinadi. Masalan, avtomobillarning tashqi detallariga dastlab yupqa mis

qatlami, misning ustidan yupqa nikel qatlami, nikel ustidan esa xrom qatlami qoplanadi.

Metallar sirtiga elektroliz yo'li bilan qoplangan qoplamlar qalinligi bir xil, puxta bo'lib, uzoq vaqt xizmat qiladi; bundan tashqari, bu usul bilan istalgan shakldagi buyumni qoplash mumkin. Amaliy elektrokimyoning bu tarmog'i *galvanostegiya* deyiladi. Galvanik qoplamlar korroziyalanishdan saqlashdan tashqari ba'zan buyumlarga chiroyli tashqi ko'rinish baxsh etadi.

Elektrokimyoning mohiyati jihatidan galvanostegiyaga yaqin yana bir tarmog'i *galvanoplastika* deyiladi. Bu turli xil buyumlardan aniq metall nusxalar olishdir. Nusxasini tayyorlash talab etilayotgan buyum mum bilan qoplanadi, mum qotiriladi va mumli matritsa olinadi; unda nusxa olinayotgan buyumning barcha chuqur joylari qavariq bo'lib chiqadi. Matritsaning ichki yuzasi elektr tokini o't-kazadigan grafitning yupqa qatlami bilan qoplanadi. Bu grafitli katod mis sulfat eritmasi solingan vannaga botiriladi; anod sifatida mis xizmat qiladi. Elektroliz vaqtida mis anod eriydi, katodga esa mis o'tiradi. Shunday qilib, buyumning aniq yupqa mis nusxasi olinadi. Galvanoplastika yordamida bosmaxona klishelari, grammplastinkalar tayyorlanadi, turli xil buyumlar metallashtiriladi. Galvanoplastikani rus olimi B.S.Yakobi kashf etgan (1838).

Elektrolizdan ko'pchilik metallarni — ishqoriy metallar, ishqoriy-yer metallari, aluminiy, lantanoidlar va b. olish uchun, shuningdek, ba'zi metallarni aralashmalardan tozalash uchun foydalaniladi.

Keyinchalik kimyoni o'rganish davomida siz elektrolizdan texnikada, sanoat va turmushda foydalaniladigan boshqa muhim sohalarini ham uchratasiz.

## 7.9- §. Namunaviy masalalar yechish

### Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari

**1- masala.** Ushbu oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga koeffitsiyentlar tanlang:

$$S+HNO_3 \rightarrow H_2SO_4+NO$$

*Yechish.* Koeffitsiyentlarni elektronlar balansi usuli bilan topamiz. Elementlarning oksidlanish darajasi o'zgarishini ko'rsatamiz:

$$\overset{0}{S}+H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow H_2\overset{+6}{S}O_4+\overset{+2}{N}O$$

S — qaytaruvchi, $HNO_3$ — oksidlovchi.

Elektronli tenglamalar tuzamiz va oksidlovchi, qaytaruvchi hamda ularning qaytarilish va oksidlanish mahsulotlari oldiga qo'yiladigan koeffitsiyentlarni topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{0}{S} - 6\bar{e} = \overset{+6}{S} & 1 \\ \overset{+5}{N} + 3\bar{e} = \overset{+2}{N} & 2 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz:

$$S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$$

Reaksiya tenglamasi to'g'ri yozilganligini tekshirib ko'ramiz. Tenglamaning chap qismidagi har qaysi element atomlarining soni shu atomlarning tenglamaning o'ng qismidagi soniga teng. Demak, tenglama to'g'ri tuzilgan.

**2- masala.** $Fe_3O_4$ ning vodorod bilan qaytarilish reaksiyasining tenglamasini tuzing.

*Yechish.* Jarayonning sxemasini yozib, elementlarning oksidlanish darajalarining o'zgarishini ko'rsatamiz:

$$\overset{+8/3}{Fe_3}O_4 + \overset{0}{H_2} \rightarrow \overset{0}{Fe} + \overset{+1}{H_2}O$$

Elektronli tenglamalar tuzamiz:

$$\begin{array}{l|l} H_2 - 2\bar{e} = 2H^+ & 4 \\ 3\overset{+8/3}{Fe}O_4 + 8\bar{e} = 3Fe & 1 \end{array}$$

Topilgan koeffitsiyentlarni jarayonning sxemasiga qo'yib, strelkani tenglik alomatiga almashtiramiz:

$$Fe_3O_4+4H_2=3Fe+4H_2O$$

**3- masala.** Ushbu oksidlanish-qaytarilish reaksiyasining sxemasiga koeffitsiyentlar tanlang:

$$KNO_2+K_2Cr_2O_7+H_2SO_4 \rightarrow KNO_3+Cr_2(SO_4)_3+K_2SO_4+H_2O$$

*1- yechim.* Koeffitsiyentlarni elektronlar balansi usuli bilan topamiz. Reaksiyaning sxemasini yozib, elementlar oksidlanish darajalarining o'zgarishlarini ko'rsatamiz:

$$\overset{+3}{KNO_2} + K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 + H_2SO_4 \rightarrow \overset{+5}{KNO_3} + \overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

Bu yerda $KNO_2$ qaytaruvchi, kaliy dixromat esa oksidlovchi bo'ladi. 1 mol $K_2Cr_2O_7$ bilan 1 mol $Cr_2(SO_4)_3$ tarkibida 2 moldan atomar

xrom borligini nazarda tutib, elektron tenglamalar tuzamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{+3}{\mathrm{N}} - 2\bar{e} = \overset{+5}{\mathrm{N}} & 3 \\ 2\overset{+6}{\mathrm{Cr}} - 6\bar{e} = 2\overset{+3}{\mathrm{Cr}} & 1 \end{array}$$

Qaytaruvchi $KNO_2$ va uning oksidlanish mahsuloti $KNO_3$ hamda oksidlovchi $K_2Cr_2O_7$ va uning qaytarilish mahsuloti $Cr_2(SO_4)_3$ uchun topilgan koeffitsiyentlarni reaksiya sxemasiga qo'yamiz:

$$3KNO_2+K_2Cr_2O_7+H_2SO_4 \rightarrow 3KNO_3+Cr_2(SO_4)_3+K_2SO_4+H_2O$$

Qolgan koeffitsiyentlarni quyidagicha ketma-ketlikda tanlash yo'li bilan topamiz: tuz ($K_2SO_4$), kislota ($H_2SO_4$), suv. Reaksiyaning yakuniy tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$3KNO_2+K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4 \rightarrow 3KNO_3+Cr_2(SO_4)_3+K_2SO_4+4H_2O$$

Koeffitsiyentlar to'g'ri tanlanganligini tekshirib ko'rish uchun tenglamaning chap va o'ng qismlaridagi kislorod atomlarining sonini hisoblab chiqamiz. Chap qismida: $3 \cdot 2+7+4 \cdot 4=29$. O'ng qismida: $3 \cdot 3+3 \cdot 4+4+4=29$.

*2-yechim.* Koeffitsiyentlarni yarimreaksiyalar usuli bilan topamiz (fakultativ).

Birinchi yarimreaksiyalarda qaytaruvchi — nitrit-ion $NO_2^-$ — nitrat ion $NO_3^-$ ga aylanadi, bunda u suv molekulasidan kislorodni bitta atomini tortib oladi:

$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+$$

Zaryadlar sonini tenglashtirsak, quyidagi olinadi:

$$NO_2^- + H_2O - 2\bar{e} = NO_3^- + 2H^+$$

Ikkinchi yarimreaksiyada oksidlovchi — $Cr_2O_7^{2-}$ ioni $Cr^{3+}$ ionga aylanadi, ya'ni kislotali muhitda kislorodning 7 atomi 14 ta vodorod ioni bilan bog'lanadi va suv hosil qiladi:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Zaryadlarni tenglashtirgach, quyidagini olamiz:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} = 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Reaksiyaning yig'indi ionli tenglamasini tuzamiz:

$$\begin{array}{l|l} NO_2^- + H_2O - 2\bar{e} = NO_3^- + 2H^+ & 3 \\ Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} = 2Cr^{3+} + 7H_2O & 1 \end{array}$$

$$3NO_2^- + 3H_2O + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ = 3NO_3^- + 6H^+ + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Tenglamaning chap va o'ng qismlaridan bir xil sondagi vodorod ionlari hamda suv molekulalarini qisqartirib, quyidagini olamiz:

$$3NO_2^- + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 3NO_3^- + 2Cr^{3+} + 4H_2O$$

Tenglamaning chap va o'ng qismlariga bir xil sondagi ionlarni qo'shsak, reaksiyaning molekular ko'rinishdagi tenglamasini olamiz:

$$\begin{array}{l} 3NO_2^- + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 3NO_3^- + 2Cr^{3+} + 4H_2O \\ 3K^+ + 2K^+ + 4SO_4^{2-} = 3K^+ + 3SO_4^{2-} + 2K^+ + SO_4^{2-} \end{array}$$

$$3KNO_2 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 = 3KNO_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O$$

**4-masala.** Organik birikmalar ishtirok etadigan ushbu oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga koeffitsiyentlar tanlang:

$$CH_3OH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow HCOOH + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

*Yechish.* Reaksiya sxemasini tuzamiz va qaytaruvchining, oksidlovchining hamda ularning oksidlanish va qaytarilish mahsulotlarining molekulalaridagi atomlarning oksidlanish darajalarini ko'rsatamiz:

$$\overset{-2}{C}H_3OH + K\overset{+7}{Mn}O_4 + H_2SO_4 \rightarrow H\overset{+2}{C}OOH + \overset{+2}{Mn}SO_4$$

Bundan ko'rinib turibdiki, $CH_3OH$ — qaytaruvchi, $KMnO_4$ — oksidlovchi. Elektron tenglamalar tuzamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{-2}{C} - 4\bar{e} = \overset{+2}{C} & 5 \\ \overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} = \overset{+2}{Mn} & 4 \end{array}$$

va reaksiya sxemasiga koeffitsiyentlar qo'yamiz:

$$5CH_3OH + 4KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 5HCOOH + 4MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

Qolgan koeffitsiyentlarni odatdagi ketma-ketlikda tanlash yo'li bilan topamiz: $K_2SO_4$, $H_2SO_4$, $H_2O$. Reaksiyaning oxirgi tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$5CH_3OH+4KMnO_4+6H_2SO_4\rightarrow$$
$$\rightarrow 5HCOOH+4MnSO_4+2K_2SO_4+11H_2O$$

## Suyuqlanma va eritmalarning elektrolizi

**1- masala.** Ushbu moddalar: a) kaliy gidroksid, b) natriy sulfat suyuqlanmalarining elektroliz sxemasini tuzing.

*Yechish.* a) Suyuqlanmada kaliy gidroksid ionlarga dissotsilanadi:

$$KOH \rightleftarrows K^+ + OH^-$$

Suyuqlanma orqali elektr toki o'tganida $K^+$ kationlari manfiy elektrodga (katodga) tomon harakatlanadi va elektronlar biriktirib oladi (qaytariladi). $OH^-$ anionlari musbat elektrodga (anodga) tomon harakatlanadi va elektronlarini beradi (oksidlanadi). Shunday qilib, jarayonning sxemasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

| | |
|---|---|
| $K^+ + \bar{e} = K$ | 4 |
| $4OH^- - 4\bar{e} = O_2+2H_2O$ | 1 |

$$4K^+ + 4OH^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} 4K+O_2+2H_2O$$

yoki

$$4KOH \xrightarrow{\text{elektroliz}} 4K+O_2+2H_2O$$

b) Natriy sulfat suyuqlanmada ionlarga dissotsilanadi:

$$Na_2SO_4 \rightleftarrows 2Na^+ + SO_4^{2-}$$

Elektroliz jarayonining sxemasi:

| | |
|---|---|
| $Na^+ + \bar{e} = Na$ | 4 |
| $2SO_4^{2-} - 4\bar{e} = 2SO_3+O_2$ | 1 |

$$4Na^+ + 2SO_4^{2-} \xrightarrow{\text{elektroliz}} 4Na+2SO_3+O_2$$

yoki

$$4Na_2SO_4 \xrightarrow{\text{elektroliz}} 4Na+2SO_3+O_2$$

**2- masala.** Ushbu moddalar: a) mis sulfat; b) magniy xlorid; d) kaliy sulfat suvdagi eritmalarining elektrolizi sxemasini tuzing. Barcha hollarda elektroliz ko'mir elektrodlardan foydalanib o'tkaziladi.

*Yechish.* a) Mis sulfat eritmada ionlarga dissotsilanadi:

$$CuSO_4 \rightleftarrows Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$

Mis ionlari suvdagi eritmada katodda qaytarilishi mumkin. Sulfat-ionlar suvdagi eritmada oksidlanmaydi, shu sababli anodda suv oksidlanadi (7.7- § ga q.). Elektrolizning sxemasi:

$$\begin{array}{l|c} Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu & 2 \\ 2H_2O - 4\bar{e} = 4H^+ + O_2 & 1 \end{array}$$

$$2Cu^{2+} + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Cu + 4H^+ + O_2$$

yoki

$$2CuSO_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Cu + 2H_2SO_4 + O_2$$

b) Magniy xloridning suvdagi eritmada dissotsilanishi:

$$MgCl_2 \rightleftarrows Mg^{2+} + 2Cl^-$$

Magniy ionlari suvdagi eritmada qaytarila olmaydi (suv qaytariladi), xlorid-ionlar oksidlanadi (7.7- § ga q). Elektrolizning sxemasi:

$$\begin{array}{l|c} 2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^- & 1 \\ 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2 & 1 \end{array}$$

$$2H_2O + 2Cl^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} Cl_2 + H_2 + 2OH^-$$

yoki

$$MgCl_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} Cl_2 + H_2 + Mg(OH)_2$$

d) Kaliy sulfatning suvdagi eritmada dissotsilanishi:

$$K_2SO_4 \rightleftarrows 2K^+ + SO_4^{2-}$$

Kaliy ionlari va sulfat-ionlar suvdagi eritmada elektrodlarda zaryadsizlana olmaydi (7.7- § ga q.), demak, katodda suvning qaytarilishi, anodda — oksidlanishi sodir bo'ladi. Elektrolizning sxemasi:

$$\begin{array}{l|c} 2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^- & 2 \\ 2H_2O - 4\bar{e} = 4H^+ + O_2 & 1 \end{array}$$

$$6H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2H_2 + 4H^+ + 4OH^- + O_2$$

yoki $4H^+ + 4OH^- = 4H_2O$ ekanligini (aralashtirilganda shu reaksiya amalga oshadi) e'tiborga olsak,

$$2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2H_2 + O_2$$

**3- masala.** Kaliy gidroksid eritmasi ko'mir elektrodlar bilan elektroliz qilinganda anodda 25 ml gaz ajralib chiqdi. Bunda katodda qancha gaz ajralib chiqqan?

*Yechish.* Kaliy kationlari suvdagi eritmada qaytarilmasligini e'tiborga olib, elektroliz jarayonining sxemasini tuzamiz:

$$\begin{array}{l|c} 2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^- & 2 \\ 4OH^- - 4\bar{e} = O_2 + 2H_2O & 1 \end{array}$$

$$2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2H_2 + O_2$$

Shunday qilib, anodda kislorod, katodda — vodorod ajralib chiqadi. Anod va katod orqali o'tgan elektr miqdori bir xil; bu holda elektroliz sxemasidan ko'rinishicha, ajralib chiqqan vodorodning mollar soni kislorodning mollar sonidan ikki marta ko'p bo'ladi. O'zgarmas sharoitlarda bir mol har qanday gazning hajmi o'zgarmas kattalik bo'lgani uchun ajralib chiqqan vodorodning hajmi anodda hosil bo'lgan kislorodning hajmidan ikki marta ko'p bo'lishi, ya'ni $2 \cdot 25$ ml = 50 ml bo'lishi kerak.

### 7- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**7.1.** Quyidagi moddalarning qaysilari ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi xossalarni namoyon qiladi?

1) kaliy sulfat; 2) natriy sulfit; 3) sulfit angidrid; 4) marganes (IV) oksid; 5) kaliy sulfid; 6) xrom (III) oksid; 7) magniy; 8) vodorod; 9) kislorod; 10) brom.

A) 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9; B) 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10;
C) 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10; D) 1, 3, 5, 6, 7, 8;
E) 1, 5, 6, 8, 9, 10.

*Yechish.* Testning shartida qo'yilgan savolga javob beradigan elementlar o'zlarining eng pastki (odatda manfiy oksidlanish darajasidagi metallmaslar yoki erkin holdagi metallar) oksidlanish darajasida faqat qaytaruvchilik xossasiga va aksincha, eng yuqori musbat oksidlanish darajasiga ega bo'lgan elementlar (metallar va metallmaslar) faqat oksidlovchi xususiyatiga ega bo'ladi. Shunday elementlarning barcha oraliq holatdagi oksidlanish darajasiga ega bo'lgan birikmalari uchun ikkala xususiyat ham xos bo'ladi (7.2 - § ga qarang).

Test shartida keltirilgan elementlar yoki birikmalar orasida $S^{+4}$ (2- va 3 - moddalar) — 2, 0 yoki +6 holatlarga, $Mn^{+4}$ (4-

modda) 0, +2, +3 yoki +6 va +7 holatlariga, $Cr^{+3}$ (6-modda) +2 yoki +6 holatlariga, H (8-modda) —1 yoki +1 holatlarga, kislorod (9-modda) —2, —1 yoki +2 holatlarga va oxirgi element (10-modda) —1 yoki +1 dan +7 oksidlanish darajalariga o'tishi mumkin va ular hammasi test shartini qanoatlantiradi.

*Javob.* **B** bo'ladi.

**7.2.** Ikkita elektrolizorning birida aluminiy xloridning, ikkinchisida esa ikki valentli element xloridining suyuqlanmalari birbiri bilan parallel ulanib elektroliz jarayoni o'tkazilgan. Birinchi elektrolizor katodida 67,5 g metall, ikkinchisida esa 150 g metall ajralib chiqqan. Ikkinchi idishda ajralib chiqqan elementning atom massasini hisoblang.

A) 24; B) 56; C) 64; D) 40; E) 65.

*Yechish.* Faradey qonuniga binoan elektrodlarda ajralib chiqqan moddalarning massasi ($m$) ularning ekvivalentiga (E) va elektrolizorlar o'tgan tok miqdori ($I \cdot t$ — amper. sek)ga to'g'ri proporsional bo'ladi (fizika kursida bayon etiladi):

$$m=\frac{E \cdot I \cdot t}{96500}$$

Bu formuladagi 96500 kulon sekund bir Faradey tok kuchiga teng. Shu miqdorda elektr toki elektrodda 1 ekvivalent moddani ajratib chiqaradi. Al uchun $E=\frac{27}{3}=9$ g/mol bo'ladi. Suyuqlanmadan o'tgan tokning miqdorini topamiz: tokning miqdori $F=\frac{I \cdot t}{96500}$ bo'lsa, $m=EF$, ya'ni $F=\frac{m}{E}=67,5:9=7,5$ Faradey bo'ladi. Ikkinchi elektrolizorda ajralib chiqqan metallning ekvivalentini topamiz: $E=\frac{m}{F}=\frac{150}{7,5}=20g-$ ekvivalent, atom massasi esa $A_r=E \cdot$ valentlik $= 20 \cdot 2= 40$ (kalsiy) ga teng.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**7.3.** Chap tomonlari keltirilgan reaksiya mahsulotlaridan qaysilarida elementlarning valentligi oksidlanish darajasi raqamidan yuqori bo'ladi?

1) $NH_3+H_2SO_4\rightarrow$ 2) $Cl_2+KOH\rightarrow$ 3) $BeF_2+HF\rightarrow$

4) $HCHO+O_2\rightarrow$ 5) $CH_3COOH+O_2\rightarrow$

6) $Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ}$

A) 1,3,4; B) 2,3,6; C) 1,2,5; D) 1,4,5; E) 2,5,6.

*Yechish.* Keltirilgan tenglamalarni to'la holga keltiramiz:

1) $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$

2) $Cl_2+2KOH=KCl+KOCl+H_2O$

3) $BeF_2+2HF=H_2[BeF_4]$

4) $2HCHO+O_2=2HCOOH$

5) $CH_3COOH+2O_2=2CO_2+2H_2O$

6) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO+4NO_2+O_2$

Testda qo'yilgan shartni birinchi reaksiya mahsuloti ammoniy ionidagi azotning valentligini (4) va oksidlanish darajalari (−3), uchinchi reaksiya mahsulotidagi berilliy 4 ta ftor bilan koordinatsiyada qatnashgan, unda berilliyning valentligi (4) oksidlanish darajasi (+2) dan katta. To'rtinchi reaksiyada chumoli kislotadagi uglerod atomining valentligi (4) oksidlanish darajasidan (+2) kattaroq bo'ladi.

*Javob:* **A** bo'ladi.

**7.4.** Konsentrlangan sulfat kislota bilan rux kukuni orasidagi reaksiyani ohista qizdirilganda eritma loyqalanadi va palag'da tuxum hidi hamda oltingugurt (IV) oksid hidi seziladi. Shu reaksiya tenglamasidagi moddalar oldidagi koeffitsiyentlar yig'indisini aniqlang.

A) 37; B) 40; C) 44; D) 49; E) 52.

*Yechish.* Reaksiya tenglamasi:

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2S+S+SO_2+H_2O$$

uning elektron siljish sxemasini tuzamiz

$$\begin{array}{lcc} Zn - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{2+} & 2 & 8 \\ S^{+6} + 8\bar{e} \rightarrow S^{-2} & & \\ S^{+6} + 6\bar{e} \rightarrow S^{0} & 16 & 1 \\ S^{+6} + 2\bar{e} \rightarrow S^{+4} & & \end{array}$$

Sxemadagi topilgan raqamlarni moddalar koeffitsiyentlari sifatida tegishli moddalar oldiga qo'yamiz:

$$8Zn+11H_2SO_4=8ZnSO_4+H_2S+S+SO_2+10H_2O$$

Koeffitsiyentlar yig'indisi 40 ga teng ekan.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**7.5.** Quyida keltirilgan reaksiya tenglamalarining chap tomonini tiklang va ularning ikkala tomonidagi koeffitsiyentlar yig'indilari nisbatlarini toping.

1) $\rightarrow K_2CrO_4+KBr+H_2O$

2) $\rightarrow MnSO_4+K_2SO_4+S+H_2O$

A) 26:31; B) 27:30; C) 28:31; D) 31:26; E) 33:24.

*Yechish.* Birinchi reaksiya xrom (III) birikmasiga ishqoriy muhitda brom ta'sirida oksidlanish reaksiyasiga tegishli:

$$Cr(OH)_3+KOH+Br_2=K_2CrO_4+KBr+H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} Cr^{3+} - 3\bar{e} \rightarrow Cr^{+6} & 2 \\ Br_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2Br^{-1} & 3 \end{array}$$

$$2Cr(OH)_3+10KOH+3Br_2=2K_2CrO_4+6KBr+8H_2O$$

Ikkinchi reaksiya $KMnO_4$ bilan vodorod sulfid orasidagi reaksiya tenglamasiga tegishli:

$$2KMnO_4+5H_2S+3H_2SO_4=2MnSO_4+5S+8H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} Mn^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{+2} & 2 \\ S^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow S^0 & 3 \end{array}$$

Koeffitsiyentlar yig'indilari birinchi reaksiyada 31, ikkinchi reaksiyada esa 26 ga teng. Ularning nisbatlari 31:26 ga teng ekan.

*Javob:* **D** bo'ladi.

# *II QISM.* | ANORGANIK KIMYO

## *8-BOB.* VODOROD. GALOGENLAR

### 8.1- §. Metallmaslarning umumiy xossalari

Metallmaslar uchun xossalarining umumiyligidan ko'ra bir-biridan farqi ko'proq xosdir. Shu sababli darsliklarda odatda metallmaslarning umumiy obzori berilmaydi. Lekin bu ularning xossalariga umumiy baho berib bo'lmaydi, degan gap emas.

Barcha metallmaslar uchun xos bo'lgan xususiyatlarni aniqlash uchun avvalo ularning D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasidagi joylashgan o'rniga e'tibor berish va atomlarning tashqi energetik pog'onasidagi elektronlar sonini aniqlash lozim. Metallmaslar asosan kichik va katta davrlarning oxirida joylashadi, ular atomlarining tashqi elektronlar soni esa bosh gruppachalardagi barcha elementlar atomlarida bo'lgani kabi gruppa raqamiga teng. Ma'lumki, davrda elektronlar biriktirib olish xususiyati nodir gazga yaqinlashgan sari, gruppada esa — atomning radiusi kamaygan sari, boshqacha aytganda pastdan yuqoriga tomon ortib boradi.

Tashqi elektronlar pog'onasini tugallash uchun metallmaslarning atomlari elektronlar biriktirib oladi va oksidlovchilar hisoblanadi. Ular orasida elektronlarni eng shiddatli biriktirib oladigan ftor atomidir. O'rta maktabda o'rganiladigan boshqa metallmas elementlarda bu xususiyat ushbu tartibda kamayib boradi: O, Cl, N, S, C, P, H, Si. Bu elementlarni atomlarida elektronlar biriktirib olish xususiyatining kamayib borishi ular nisbiy elektrmanfiyliklari qiymatining (2.2- jadvalga q.) kamayib borishiga mos keladi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, bu qatorda ftordan keyin xlor emas, balki kislorod atomi turadi. Tipik metallmaslar metallar bilan o'zaro ta'sirlashib, ion bog'lanishli birikmalar hosil qiladi, masalan, natriy xlorid NaCl, kalsiy oksid CaO, kaliy sulfid $K_2S$. Muayyan sharoitlarda metallmaslar bir-biri bilan reaksiyaga kirishib, kovalent bog'lanishli — qutbli va qutbsiz kovalent bog'lanishli birikmalar hosil qiladi.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | H | He |
| B | C | N | O | F | He |
| | Si | P | S | Cl | Ar |
| | | As | Se | Br | Kr |
| | | | Te | I | Xe |
| | | | | At | Rn |

Qutbli kovalent bog'lanishli birikmalarga suv $H_2O$, vodorod xlorid HCl, ammiak $NH_3$, qutbsizlariga uglerod (IV) oksid $CO_2$, metan $CH_4$, benzol $C_6H_6$ misol bo'ladi.

Metallmaslar vodorod bilan uchuvchan birikmalar hosil qiladi, masalan, vodorod ftorid HF, vodorod sulfid $H_2S$, ammiak $NH_3$, metan $CH_4$. Galogenlar, oltingugurt, selen va tellurning vodorodli birikmalari suvda eriganida formulalari shu vodorodli birikmalarniki kabi bo'lgan kislotalar hosil qiladi: HF, HCl, HBr, HI, $H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$.

Ammiak suvda eritilganda ammiakli suv hosil bo'ladi, odatda u $NH_4OH$ formula bilan ifodalanadi va ammoniy gidroksid deyiladi. Bu modda $NH_3 \cdot H_2O$ formula bilan ham belgilanadi va ammiak gidrati deyiladi (10.3 - § ga q.).

Metallmaslar kislorod bilan kislotali oksidlar hosil qiladi. Ular ba'zi oksidlarda gruppa raqamiga teng maksimal oksidlanish darajasini namoyon qiladi (masalan: $SO_3$, $N_2O_5$), boshqalarida esa ancha past oksidlanish darajasini namoyon qiladi (masalan: $SO_2$,$N_2O_3$). Kislotali oksidlarga kislotalar muvofiq keladi; bitta metallmasning kislorodli ikkita kislotasi orasida metallmas yuqori oksidlanish darajasini namoyon qiladigan kislotasi kuchliroq bo'ladi. Masalan, nitrat kislota $HNO_3$ nitrit kislota $HNO_2$ dan kuchli, sulfat kislota $H_2SO_4$ esa sulfit kislota $H_2SO_3$ dan kuchliroq. Kislotaning kuchi uning vodorod ionlari $H^+$ (aniqrog'i $H_3O^+$) hosil qilish xususiyati bilan aniqlanishini eslatib o'tamiz.

Normal sharoitda metallmaslardan vodorod, ftor, xlor, kislorod, azot va nodir gazlar — bular gazlar, brom — suyuqlik, qolganlari — qattiq moddalardir.

N o d i r g a z l a r kimyosi haqida alohida to'xtalib o'tish kerak. Ular atomlarining tashqi pog'onasida 8 tadan (geliyda 2 ta) elektron bo'ladi. Ilgari bunday atomlar elektronlarini bermaydi, biriktirib ham olmaydi, umumiy elektronlar jufti ham hosil qilmaydi, deb hisoblanar edi. Lekin 1962- yildan nodir gazning birinchi kimyoviy birikmasi — ksenon tetraftorid $XeF_4$ olindi, shundan keyin nodir gazlar kimyosi jadal sur'atlar bilan rivojlana boshladi. Ayniqsa, ksenon kimyosi ma'lumotlarga boy, ksenon birikmalari xossalari jihatdan yodning tegishli birikmalariga o'xshaydi.

Ksenon ftor bilan o'zaro ta'sir ettirilganda tajriba sharoitiga qarab ksenon diftorid $XF_2$, tetraftorid $XeF_4$ yoki geksaftorid $XeF_6$ olinadi.

Odatdagi temperaturada bularning hammasi — oq rangli qattiq moddalar. Kimyoviy jihatdan eng aktivi ksenon geksaftorid $XeF_6$. U qum, tuproq bilan oson reaksiyaga kirishadi.

$$2XeF_6+SiO_2=2XeOF_4+SiF_4$$

Bunda hosil bo'ladigan ksenon oksitetraftorid $XeOF_4$ odatdagi temperaturada — uchuvchan rangsiz suyuqlik.

Ksenon ftoridlarning hammasi suv bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bunda diftorid va tetraftorid bilan bo'ladigan reaksiyalarda ksenon, kislorod va vodorod ftorid hosil bo'ladi:

$$2XeF_2+2H_2O=2Xe+O_2+4HF$$
$$XeF_4+2H_2O=2Xe+O_2+4HF$$

Lekin geksaftorid suv bilan reaksiyaga kirishganda yangi birikma — ksenon (VI) oksid hosil bo'ladi:

$$XeF_6+3H_2O=2XeO_3+6HF$$

Ksenon (VI) oksid $XeO_3$ — rangsiz kristall modda, u qattiq holatida ancha portlovchan bo'ladi (portlash kuchi jihatidan u trinitrotoluoldan qolishmaydi). Eritmada esa ksenon (VI) oksid barqaror va xavfsizdir.

Ksenon ftoridlari — kuchli oksidlovchilar. Ular vodorod bilan o'zaro ta'sir ettirilganda ksenonga qadar qaytariladi. Shu sababli, masalan, ushbu reaksiyadan:

$$XeF_6+3H_2=Xe+6HF$$

toza ksenon olish uchun foydalaniladi.

Ksenon ftoridlari boshqa moddalarga nisbatan ham oksidlanish xossalarini namoyon qiladi, masalan:

$$XeF_6+6KI=3I_2+6KF$$

Ksenon ftoridlaridan keyin radon ftoridini olishga muvaffaq bo'lindi. Lekin radon juda radioaktivligi sababli bu birikma kam o'rganilgan. Kripton ftoridlari $KrF_2$ va $KrF_4$ ham olingan, ular ham ksenonning shunday birikmalariga qaraganda beqarorroqdir. Neon, argon va geliyning birikmalari olinmagan.

Kislorodli birikmalardan ksenon (VI) oksid $XeO_3$ dan tashqari ksenon (VIII) oksid $XeO_4$ va ularga muvofiq keladigan kislotalar — $H_6XEO_6$ va $H_4XeO_4$ ham olingan. Bu kislotalarning o'zi beqaror bo'lsa ham ularning tuzlari — ksenatlar (masalan, $Na_4XeO_6$, $Ba_3XeO_6$) va perksenatlar (masalan, $Na_6XeO_6$, $Ba_3XeO_6$) — xona temperaturasida ancha barqaror kristall moddalardir.Kripton kislotaning tuzlari — bariy kriptat $BaKrO_4$ va b. ham olingan.

Shunday qilib, nodir gazlar ham reaksiyaga kirishib, odatdagi kovalent bog'lanishli birikmalar hosil qila oladi.

Shu bilan birga, nodir gazlarning ion bog'lanishli kimyoviy birikmalari ham ma'lum. Nodir gazlarning atomlaridan elektronlarni tortib olish uchun platina geksaftorid $PtF_6$ dan — ftorga nisbatan ham kuchli oksidlovchi bo'lgan to'q qizil rangli gazlardan foydalanib, nodir gazlarning ion bog'lanishli birikmalarini olishga muvaffaq bo'lindi. Ksenonning platina geksaftorid bilan reaksiyasining tenglamasini shunday ifodalash mumkin:

$$Xe+PtF_6=Xe^-[PtF_6]^+$$

Hosil bo'lgan ksenon geksaftorplatinat — ionli kristall panjarali, to'q sariq rangli qattiq modda.

Quyida metallmaslar kiradigan bosh gruppachalardagi elementlar xossalarining umumiy tavsifi ko'rib chiqiladi. Bular — galogenlar, kislorod, azot, uglerod gruppachasidir. Faqat vodorod alohida ko'rib chiqiladi.

## 8.2- §. Vodorod

**Vodorodning davriy sistemadagi o'rni.** Vodorod davriy sistemada birinchi o'ringa joylashgan (Z=1). Uning atomi eng oddiy tuzilgan: atom yadrosi elektron bulut bilan qoplangan. Elektron konfiguratsiyasi $1s^1$.

Vodorod ba'zi sharoitlarda metall xossalarini (elektronini beradi), boshqa sharoitlardan esa metallmaslik xossalarini namoyon qiladi (elektron biriktirib oladi). Lekin xossalari jihatdan u ishqoriy metallarga qaraganda galogenlarga ancha yaqin turadi. Shu sababli vodorod D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasining VII gruppasiga joylashtiriladi, I gruppada esa vodorodning simvoli qavs ichiga yoziladi (2.9 - § ga q.).

**Tabiatda uchrashi.** Vodorod tabiatda keng tarqalgan — suv, barcha organik birikmalar tarkibida bo'ladi, erkin holda ayrim tabiiy gazlar tarkibida uchraydi. Uning yer po'stlog'idagi miqdori massa jihatdan 0,15% ga yetadi (gidrosferani hisobga olganda — 1%). Vodorod Quyosh massasining yarmini tashkil etadi.

Tabiatda vodorod ikkita izotop — protiy (99, 98%) va deyteriy (0,02%) holida uchraydi. Shu sababli odatdagi suv tarkibida ozroq miqdorda og'ir suv bo'ladi.

**Olinishi**. Laboratoriya sharoitida vodorod quyidagi usullar bilan olinadi.

1. Metallni (ruxni) xlorid yoki sulfat kislotalarning eritmalari bilan o'zaro ta'sir ettirish (reaksiya Kipp apparatida o'tkaziladi):

$$Zn+2H^{+}=Zn^{2+}+H_2\uparrow$$

2. Suvni elektroliz qilish. Suvning elektr o'tkazuvchanligini oshirish uchun unga elektrolit, masalan, NaOH, $H_2SO_4$ yoki $Na_2SO_4$ qo'shiladi. Katodda 2 hajm vodorod, anodda — 1 hajm kislorod hosil bo'ladi. Elektroliz sxemasi ilgari (7.7 - § ga q.) ko'rib chiqilgan.

S a n o a t d a vodorod bir necha xil usullar bilan olinadi.

1. KCl yoki NaCl ning suvdagi eritmalarini elektroliz qilishda qo'shimcha mahsulot sifatida hosil bo'ladi (13.3 - § ga q.).

2. Konversiya usuli bilan (konversiya — o'zgarish). Dastlab cho'g'langan koks ustidan 1000 °C da suv bug'larini o'tkazish yo'li bilan suv gazi olinadi:

$$C+H_2O=CO+H_2$$

So'ngra suv gazining mo'l suv bug'lari bilan aralashmasini 400—450 °C gacha qizdirilgan katalizator $Fe_2O_3$ ustidan o'tkazib, uglerod (II) oksid uglerod (IV) oksidga qadar oksidlanadi:

$$CO+(H_2)+H_2O=CO_2+H_2+(H_2)$$

Hosil bo'lgan uglerod (IV) oksid suvga yuttiriladi. Sanoatda olinadigan vodorodning 50% dan ko'prog'i ana shu usul bilan olinadi.

3. Metanni suv bug'i bilan konversiyalash:

$$CH_4+2H_2O=CO_2+4H_2$$

Reaksiya 1300 °C da nikel katalizator ishtirokida boradi. Bu usul tabiiy gazlardan foydalanishga va eng arzon vodorod olishga imkon beradi.

4. Metanni temir yoki nikel katalizator ishtirokida 350 °C ga qadar qizdirish:

$$CH_4=C+2H_2$$

5. Koks gazini o'ta sovitish (—196 °C ga qadar). Bunday sovitilganda vodoroddan boshqa barcha gazsimon moddalar suyuqlikka aylanadi (kondensatsiyalanadi).

**Fizikaviy xossalari.** Vodorod — eng yengil gaz (u havodan 14,4 marta yengil), rangsiz, ta'msiz va hidsiz. Suvda kam eriydi (1 l suvda 20 °C da 18 ml vodorod eriydi). — 252,8 °C temperatura va atmosfera bosimida suyuq holatga o'tadi. Suyuq vodorod rangsiz.

Massa soni 1 bo'lgan vodoroddan tashqari massa sonlari 2 va 3 bo'lgan izotoplari — deyteriy D va tritiy T ham mavjud.

**Kimyoviy xossalari.** Birikmalarda vodorod doimo bir valentli bo'ladi. Uning uchun +1 ga teng oksidlanish darajasi xos, lekin metallarning gidridlarida (quyiroqqa q.) u — 1 ga teng bo'ladi. Vodorodning molekulasi ikki atomdan tarkib topgan. Ular orasida bog'lanishning vujudga kelishi umumlashgan elektronlar jufti (yoki umumiy elektronlar buluti) hosil bo'lishi bilan izohlanadi:

$$H : H \text{ yoki } H_2$$

Elektronlarning ana shunday umumlashuvi tufayli $H_2$ molekulasi uning alohida atomlariga qaraganda energetik jihatdan barqaror bo'ladi. 1 mol vodoroddagi molekulalarni atomlarga ajratish uchun 436 kJ energiya sarflash lozim:

$$H_2=2H,\ \Delta H^\circ=436\ kJ/mol$$

Molekular vodorodning odatdagi temperaturada nisbatan aktiv emasligiga sabab ana shudir.

Vodorod ko'pchilik metallar bilan $RH_4$, $RH_3$, $RH_2$, RH tipidagi gazsimon birikmalar hosil qiladi (davriy sistemaga q.).

Vodorod kislorodda yonganda ko'p miqdorda issiqlik chiqadi. Vodorod-kislorod alangasining temperaturasi 3000 °C ga yetadi. Ikki hajm vodorod bilan bir hajm kislorodning aralashmasi *qaldiroq gaz* deyiladi. Bu aralashma o't oldirilganda qattiq portlaydi. Vodorod kislorodda yonganda ham, qaldiroq gaz portlaganda ham suv hosil bo'ladi:

$$2H_2+O_2=2H_2O$$

Vodorod bilan ishlaganda nihoyatda ehtiyot bo'lish: dastlab apparatning germetikligini, shuningdek, vodorodning o't oldirish oldidan tozaligini tekshirib ko'rish zarur.

Yuqori temperaturada vodorod ishqoriy metallar va ishqoriyyer metallar bilan birikib, oq kristall moddalar — *metallarning gidridlarini* (LiH, NaH, KH, $CaH_2$ va b.) hosil qiladi. Bu birikmalarda metall musbat, vodorod — manfiy oksidlanish darajasida bo'ladi.

Metallarning gidridlari suv ta'sirida oson parchalanib, tegishli ishqor bilan vodorodni hosil qiladi:

$$CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+2H_2\uparrow$$

Atomar vodorodning reaksiyaga kirishish xususiyati juda kuchli bo'ladi: u xona temperaturasida metallarning oksidlarini qaytaradi,

kislorod, oltingugurt va fosfor bilan birikadi. Atomar vodorodda ishlaydigan gorelka 4000 °C dan yuqori temperatura hosil qiladi. Yuqori temperatura hosil bo'lishiga sabab quyidagicha ekzotermik reaksiya sodir bo'lishidir:

$$H+H=H_2,\ \Delta H^\circ=-436\ kJ/mol.$$

Vodorod qizdirilganda ko'pchilik metallarni ularning oksidlaridan qaytaradi. Masalan:

$$CuO+H_2=Cu+H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} H_2 - 2\bar{e} = 2H^+ & 1 \\ Cu_2 + +2\bar{e} = Cu & 1 \end{array}$$

Bu reaksiya vodorod bitta elektronini (vodorod molekulasi — ikkita elektronini) beradi, u — qaytaruvchi:

$$H - \bar{e} = H^+$$

Lekin vodorod atomi bitta elektronni (molekulasi — ikkita elektronni) biriktirib olishi ham mumkin:

$$H+\bar{e} = H^-$$

Bu hol, masalan, metallarning gidridlari hosil bo'lishida ro'y beradi. Bu holda vodorod — oksidlovchi.

**Ishlatilishi.** Vodorodning ishlatilishi uning fizik va kimyoviy xossalariga asoslangan. U yengil gaz sifatida aerostatlar va dirijabllarni to'ldirish uchun (geliy bilan aralashmasi) ishlatiladi.

Vodorod yuqori temperatura hosil qilish uchun ishlatiladi: kislorod-vodorod alangasi bilan metall qirqiladi va payvandlanadi. Undan metallarning oksidlaridan metallarni (molibden, volfram, va b.) olish uchun, kimyo sanoatida — havo azotidan ammiak olish uchun va ko'mirdan sun'iy suyuq yonilg'i olish uchun, oziq-ovqat sanoatida — yog'larni gidrogenlash uchun (17.14 - § ga q.) foydalaniladi. Vodorodning izotoplari — deyteriy bilan tritiy atom energetikasida muhim yonilg'i (termoyadro yonilg'isi) sifatida ishlatiladi.

## 8.3- §. Suv

Suv — vodorodning oksidi — eng ko'p tarqalgan va muhim moddalardan biridir. Yerning suv egallagan sathi quruqlik sathidan 2,5 marta katta. Tabiatda toza (sof) suv yo'q — uning tarkibida doimo qo'shimchalar bo'ladi. Toza suv haydash yo'li bilan olinadi.

Haydalgan suv *distillangan* suv deyiladi. Suvning tarkibida (massa jihatidan): 11,19% vodorod va 88,81% kislorod mavjud.

**Fizik xossalari.** Toza suv shaffof, hidsiz va ta'msiz bo'ladi. Uning zichligi 4 °C da eng katta (1 g/sm$^3$) bo'ladi. Muzning zichligi suvning zichligidan kam, shu sababli muz suv yuziga qalqib chiqadi. Suv 0°C da muzlaydi va 101 325 Pa bosimda 100 °C da qaynaydi. U issiqlikni yaxshi o'tkazmaydi va elektr tokini juda yomon o'tkazadi. Suv — yaxshi erituvchi.

Suvning molekulasi burchak shaklida bo'ladi (3.3- rasmga q.) vodorod atomlari kislorod atomlariga nisbatan 104,5 °C ga teng burchak hosil qiladi. Shu sababli suv molekulasi — dipol molekulaning vodorod turgan qismi musbat, kislorod turgan qismi esa — manfiy zaryadlangan. Suv molekulalari qutbliligi tufayli unda elektrolitlar ionlarga dissotsilanadi.

Suyuq suvda odatdagi molekulalari bilan bir qatorda assotsilangan, ya'ni vodorod bog'lanishlar hosil bo'lishi tufayli (3.6- § ga q.) o'zaro birikib ancha murakkab agregatlar $(H_2O)_x$ hosil qilgan molekulalar ham bo'ladi. Suvning fizik xossalaridagi anomaliya (nonormallik): 4 °C da zichligini eng yuqori bo'lishi, qaynash temperaturasining yuqoriligi ($H_2O$ — $H_2S$ — $H_2Se$ — $H_2Te$ qatorda), issiqlik sig'imining juda kattaligi [14,18 J/g · K] uning molekulalari orasida vodorod bog'lanishlar borligi bilan tushuntiriladi. Temperatura ko'tarilishi bilan vodorod bog'lanishlar uzila boshlaydi va suv bug' holatiga o'tganda bunday bog'lanishlarning hammasi uziladi.

**Kimyoviy xossalari.** Suv — reaksiyaga ancha yaxshi kirishuvchan modda. U odatdagi sharoitda ko'pchilik asosli va kislotali oksidlar, shuningdek, ishqoriy metallar va ishqoriy-yer metallar bilan reaksiyaga kirishadi, masalan:

$$H_2O+Na_2O=2NaOH \qquad 2H_2O+Li=2LiOH+H_2\uparrow$$
$$H_2O+SO_2=H_2SO_3 \qquad 2H_2O+Ca=Ca(OH)_2+H_2\uparrow$$

Suv turli-tuman birikmalar — gidratlar (kristallgidritlar) hosil qiladi. Masalan:

$$H_2O+H_2SO_4=H_2SO_4\cdot H_2O \qquad 10H_2O+Na_2CO_3=Na_2CO_3\cdot 10H_2O$$
$$H_2O+NaOH=NaOH\cdot H_2O \qquad 5H_2O+CuSO_4=CuSO_4\cdot 5H_2O$$

Ravshanki, suvni bog'lovchi birikmalar qurituvchilar sifatida ishlatilishi mumkin. Yuqoridagilardan boshqa qurituvchi modda-

lardan $P_2O_5$, CaO, BaO, Na metali (ular ham suv bilan kimyoviy o'zaro ta'sirlashadi), shuningdek, silikagelni ko'rsatish mumkin.

Suvning muhim kimyoviy xossalari qatoriga uning gidrolitik parchalanish reaksiyalariga kirisha olish xususiyati kiradi (tuzlarning gidroliziga, 6.5 - § ga q.).

## 8.4 - §. Og'ir suv

Tarkibida og'ir vodorod bo'ladigan suv *og'ir suv* deyiladi ($D_2O$ formula bilan belgilanadi). U odatdagi suvdan farq qiladi, buni ikkala suvning fizik xossalarini o'zaro taqqoslashdan ham ko'rish mumkin.

| | $D_2O$ | $H_2O$ |
|---|---|---|
| Molekular massasi | 20 | 18 |
| 20 °C dagi zichligi, g/sm$^3$ | 1,1050 | 0,9982 |
| Kristallanish temperaturasi, °C | 3,8 | 0 |
| Qaynash temperaturasi, °C | 101,4 | 100 |

Og'ir suv bilan kimyoviy reaksiyalar odatdagi suv bilan bo'lgandagiga qaraganda ancha sekin ketadi. Shuning uchun odatdagi suv uzoq vaqt elektroliz qilganda elektrolizorda og'ir suv to'planib qoladi.

Og'ir suv yadro reaktorlarida neytronlarni sekinlatuvchi sifatida ishlatiladi.

## 8.5- §. Galogenlar gruppachasining umumiy tavsifi

Elementlar kimyosini gruppachalar bo'yicha qarab chiqishda davriy qonun va D.I. Mendeleyev elementlar davriy sistemasining oldindan aytish imkoniyatidan foydalana bilish nihoyatda muhimdir. Shunda darslikdan foydalanmay turib ham elementlarning va ular birikmalarining ko'pchilik xossalarini bayon qilib berish mumkin bo'ladi. Masalan, elementning davriy sistemada joylashgan o'rniga qarab atomning tuzilishini — yadrosining zaryadi va tarkibini hamda elektron konfiguratsiyasini aytib berish mumkin; elektron konfiguratsiyasiga qarab esa elementning birikmalardagi oksidlanish darajasini aniqlash, odatdagi sharoitda molekula hosil bo'lish mumkinligini, qattiq holdagi oddiy modda kristall panjarasining turini aniqlash mumkin. Nihoyat, shu elementlar yuqori oksidlari va gidroksidlarining formulalarini, ularning kislota-asos xossalari davriy sistemaning gorizontali va vertikali bo'ylab qanday o'zgarishini, shuningdek, turli xil binar birikmalarining formulalarini aniqlab,

kimyoviy bog'lanishlar xarakteriga baho berish mumkin. Bularning hammasi elementlarning, oddiy moddalar va ular birikmalarining xossalarini o'rganishni ancha osonlashtiradi. Bu ishni har qaysi gruppachaning umumiy tavsifini ko'rib chiqishdan boshlash lozim.

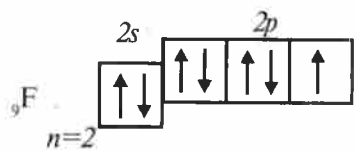
Galogenlar gruppasiga ftor, xlor, brom, yod va astat kiradi (astat — radioaktiv element, kam o'rganilgan). Bular D.I.Mendeleyev davriy sistemasining VII gruppasidagi *p*- elementlardir. Ular atomlarining tashqi energetik pog'onasida 7 tadan elektron bo'ladi (8.1- jadvalga q.) Ularning xossalarida umumiylik borligiga sabab ana shudir.

8.1- j a d v a l . **Galogenlar gruppachasi elementlarining xossalari**

| Xossalari | F | Cl | Br | I | At |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tartib raqami | 9 | 17 | 35 | 53 | 85 |
| 2. Valent elektronlari | $2s^22p^5$ | $3s^23p^5$ | $4s^24p^5$ | $5s^25p^5$ | $6s^26p^5$ |
| 3. Atomning ionlanish energiyasi, eV | 17,42 | 12,97 | 11,84 | 10,45 | 9,2 |
| 4. Nisbiy elektrmanfiyligi | 4,1 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,2 |
| 5. Birikmalaridagi oksidlanish darajasi | -1 | -1,+1, +3,+5, +7 | -1,+1, +3,+5, +7 | -1,+1, +3,+5, +7 | -1,+1, +3,+5, +7 |
| 6. Atomning radiusi | 0,034 | 0,099 | 0,114 | 0,133 | - |

Ular bittadan elektronni oson biriktirib olib, — 1 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Galogenlar vodorod va metallar bilan hosil qilgan birikmalarida ana shunday oksidlanish darajasiga ega bo'ladi.

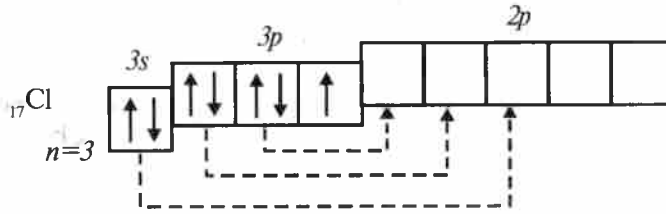
Lekin ftordan boshqa galogenlarning atomlari +1, +3, +5 va +7 ga teng musbat oksidlanish darajalarini ham namoyon qilish mumkin. Oksidlanish darajalarining mumkin bo'lgan qiymatlari atomlarning elektron tuzilishi bilan izohlanadi; ftor atomining elektron tuzilishini ushbu sxema bilan ifodalash mumkin:




Ftor eng elektrmanfiy element bo'lganligi sababli bitta elektronni 2*p*- pog'onachasiga biriktirib olishi mumkin, xolos. Uning

bitta juftlashmagan elektroni bor, shu sababli ftor faqat bir valentli, uning oksidlanish darajasi esa doimo — 1 bo'ladi.

Xlor atomining elektron tuzilishi ushbu sxema bilan ifodalanadi:




Xlor atomining 3*p*-pog'onachasida bitta juftlashmagan elektroni bor va odatdagi (qo'zg'almagan) holatda xlor bir valentli bo'ladi. Lekin xlor III davrda turganligi sababli uning 3*d*-pog'onachasida yana beshta orbital bor va ularga 10 ta elektron joylashishi mumkin.

Xlor atomining qo'zg'algan holatida elektronlar 3*p*- va 3*s*-pog'onachalardan 3*d*-pog'onachaga o'tadi (sxemada strelkalar bilan ko'rsatilgan). Bitta orbitalda turgan elektronlarning bir-biridan ajralishi (toqlashishi) valentlikni ikki birlikka oshiradi. Ravshanki, xlor va uning analoglari (ftordan tashqari) faqat toq o'zgaruvchan valentlik 1, 3, 5, 7 va shularga muvofiq keladigan musbat oksidlanish darajalarini namoyon qilishi mumkin. Ftorda erkin orbitallar yo'q, demak, kimyoviy reaksiyalarda uning atomida juftlashgan elektronlarning ajralishi sodir bo'lmaydi (ftor atomining elektron tuzilishiga q.). Shu sababli galogenlarning xossalarini ko'rib chiqishda ftorning va ftor birikmalarining o'ziga xos xususiyatlarini doimo e'tiborga olish lozim.

Galogenlar vodorodli birikmalarining suvdagi eritmalari kislotalar hisoblanadi: HF — ftorid kislota, HCl — xlorid kislota, HBr — bromid kislota, HI — yodid kislota.

Shuni nazarda tutish kerakki, galogenlarning umumiy xossalari bilan bir qatorda bir-biridan farqi ham bor. Bu, ayniqsa, ftor va uning birikmalari uchun xosdir. HF — HCl — HBr — HJ qatorda kislotalarning kuchi ortib boradi, bunga sabab HR ning (bunda R — element) bog'lanish energiyasi xuddi shu yo'nalishda kamayib borishidir. Bu qatorda ftorid kislota boshqalaridan kuchsizroq, chunki qatorda H — F bog'lanish energiyasi eng kattadir. HG molekulasining (bunda G — galogen) puxtaligi ham xuddi shu tartibda kamayib boradi, bunga sabab yadrolararo

masofaning kattalashuvidir (8.1-jadvalning 6-punktiga q.). Kam eriydigan tuzlarning eruvchanligi AgCl — AgBr — AgI qatorda kamayib boradi; ulardan farqli ravishda, AgF suvda yaxshi eriydi.

Boshqa galogenlarga qaraganda ftor elektronlarini mahkam tutib turadi (8.1- jadvalning 3- va 4-p), uning bitta (—1) oksidlanish darajasi bor (8.1-jadvalning 5-p. ga q.). Ftor suv bilan xlorga qaraganda boshqacharoq reaksiyaga kirishadi: suvni parchalab, vodorod ftorid, kislorod (II) ftorid, vodorod peroksid, kislorod va ozon hosil qiladi:

$F_2+H_2O=2HF+O$ $\quad 2O=O_2$ $\quad 3O=O_3$

$O+F_2=F_2O$ $\quad H_2O+O=H_2O_2$

Xlorning suv bilan o'zaro ta'sir reaksiyasining tenglamasini 8.6-§ dan q.

8.1-jadvalning 3 va 6-punktlari elementlarning metallmaslik xossalari qay darajada ekanligini ko'rsatadi. Atom radiusi kattalashib, ionlash energiyasi kamayib borganligi sababli F—At qatorda metallmaslik xossalar kamayib boradi. Metallmaslik xossalar ftorda eng kuchli ifodalangan.

Galogenlarning reaksiyaga kirishish xususiyati F—Cl—Br—I qatorda pasayib boradi. Shu sababli oldingi element keyingisini HG tipidagi (G- galogen) kislotalardan va ularning tuzlaridan siqib chiqaradi. Bu holda aktivlik qatori susaya boradi:

$$F_2>Cl_2>Br_2>I_2$$

Galogenlarning tartib raqami ortishi bilan fizik xossalari ma'lum qonuniyat bilan o'zgarib boradi: ftor — qiyin suyuqlanadigan gaz, xlor — oson suyuqlanadigan gaz, brom — suyuqlik, yod — qattiq modda.

## 8.6-§. Xlor

**Tabiatda uchrashi.** Tabiatda xlor erkin holda faqat vulqon gazlaridagina uchraydi. Uning birikmalari keng tarqalgan. Ulardan eng muhimlari: natriy xlorid NaCl„ kaliy xlorid KCl, magniy xlorid $MgCl\cdot 6H_2O$, silvinit, u NaCl bilan KCl dan tarkib topgan, karnallit $KCl\cdot MgCl_2\cdot 6H_2O$, kainit $MgSO_4\cdot KCl\cdot 3H_2O$ va b.

Xlor birikmalari okean, dengiz va ko'llarning suvlarida bo'ladi. Ular o'simlik va hayvonot organizmlarida oz miqdorlarda bo'ladi. Xlor yer po'stlog'i massasining 0,05% ini tashkil etadi.

**Olinishi.** Laboratoriya sharoitida xlor xlorid kislotaga marganes (IV) oksid ta'sir ettirish yo'li bilan olinadi. Reaksiya qizdirilganda boradi:

$$4HCl+MnO_2=Cl_2+MnCl_2+2H_2O$$

Bu oksidlanish-qaytarilish jarayonidir. HCl, aniqrog'i xlorid-ion $Cl^-$ — qaytaruvchi; $MnO_2$ — oksidlovchi. Tenglamani tuzish usuli 7.3-§ da ko'rib chiqilgan.

Oksidlovchi $MnO_2$ o'rniga kaliy permanganat $KMnO_4$ ishlatish ham mumkin. Bu holda reaksiya odatdagi temperaturada, ya'ni qizdirilmasa ham boradi:

$$16HCl+2KMnO_4=5Cl_2+2MnCl_2+2KCl+8H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2 & 5 \\ \overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} = \overset{+2}{Mn} & 2 \end{array}$$

Sanoatda xlor natriy xloridning konsentrlangan eritmasini elektroliz qilish yo'li bilan olinadi. Xlor anodda ajralib chiqadi. Bunda vodorod (katodda ajralib chiqadi) va natriy gidroksid (eritmada qoladi) ham hosil bo'ladi.

Suyuqlikka aylantirilgan xlor (xona temperaturasida 600 kPa bosimda suyuqlikka aylanadi) po'lat ballonlarda saqlanadi va ishlatilish joyiga shu holda tashiladi.

**Fizik xossalari.** Xlor — sarg'ish-yashil rangli o'tkir hidli zaharli gaz. Havodan 2,5 marta og'ir. 20 °C da 1 hajm suvda 2,3 hajm xlor eriydi.

Xlorning suvdagi eritmasi *xlorli suv* deyiladi. Xlor organik erituvchilarda yaxshi eriydi.

Xlor nafas yo'llarini yallig'lantiradi, ko'p miqdorda xlor bilan nafas olib bo'g'ilish o'limga olib kelishi mumkin.

Tabiiy xlor tarkibida ikkita izotop $^{35}_{17}Cl$ (75,4%) va $^{37}_{17}Cl$ (24,6%) bo'ladi.

**Kimyoviy xossalari.** Xlor molekulasi ikki atomdan tarkib topgan, unda bog'lanish qutbsiz kovalent.

$$:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}}:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}}: \text{ yoki } Cl_2$$

Xlor metallar bilan o'zaro ta'sirlashganda kuchli oksidlovchilik xossalarini namoyon qiladi. Bunda metall atomlari elektronlarini beradi, xlor molekulalari esa ularni biriktirib oladi. Masalan:

$$\begin{array}{l|l} Cu - 2\bar{e} = Cl^{2+} & 1 \\ Cl_2 + 2\bar{e} = 2Cl^- & 1 \end{array}$$

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$

Xlor ko'pchilik metallmaslar bilan ham reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$$
$$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$$

Xlor vodorod bilan o'ziga xos reaksiyaga kirishadi. Qorong'ida xlor bilan vodorod aralashtirilsa, reaksiyaga kirishmaydi. Lekin kuchli yoritilganda reaksiya juda tez, portlash bilan sodir bo'ladi:

$$Cl_2 + H_2 = 2HCl$$

Tekshirishlar ko'rsatishicha, bu reaksiya haqiqatda ancha murakkab ketadi. $Cl_2$ molekulasi yorug'lik kvanitini *hv* yutadi va atomlarga ajraladi (anorganik radikallar $Cl^{\cdot}$) (16.3-§ ga ham q.). Bu reaksiyani boshlab beradi (reaksiyaning dastlabki qo'zg'alishi). So'ngra u o'z-o'zidan ketadi. Xlor Cl va atom-radikallaridan har biri vodorod molekulasi bilan reaksiyaga kirishadi. Bunda $H^{\cdot}$ va HCl hosil bo'ladi. Vodorodning atom radikali H o'z navbatida $Cl_2$ molekulasi bilan reaksiyaga kirishib, HCl hamda $Cl^{\cdot}$ hosil qiladi va h.k. Buni sxema tarzida yaqqol tasvirlash mumkin:

$$Cl_2 + hv = Cl^{\cdot} + Cl^{\cdot}$$
$$Cl^{\cdot} + H_2 = HCl + H^{\cdot}$$
$$H + Cl_2 = HCl + Cl^{\cdot} \text{ va h.k.}$$

Dastlabki qo'zg'atish ketma-ket sodir bo'ladigan reaksiyalar zanjirini vujudga keltirdi. Bunday reaksiyalar *zanjir reaksiyalar* deyiladi. Xlorning vodorod bilan zanjir reaksiyasi oqibatida vodorod xlorid olinadi.

N.N.Semyonov zanjir reaksiyalar juda tarqalganligini va erkin atomlar yoki atom gruppalari — radikallar hosil bo'lib, keyin ular o'zaro reaksiyaga kirishishini aniqladi. Bunday reaksiyalar ko'pchilik muhim kimyoviy jarayonlarda (yonish, portlash, polimerlanish jarayonlari va b.) katta rol o'ynaydi.

Agar, masalan, Kipp apparatidan chiqayotgan vodorod oqimi o't oldirilsa va u xlorli bankaga tushirilsa, bunda vodorod havorang alanga berib yonib, vodorod xlorid hosil qiladi.

Xlor organik birikmalardan vodorodni tortib oladi, uglerod esa erkin holda qoladi. Shu sababli skipidar, parafin kabi moddalar xlorda yonadi va ko'p miqdorda qurum hamda vodorod xlorid hosil qiladi.

Xlor to'yingan uglevodorodlardagi vodorodning o'rnini oladi va to'yinmagan uglevodorodlarga birikadi:

$$CH_4+Cl_2=CH_3Cl+HCl$$
$$C_2H_4+Cl_2=C_2H_4Cl_2$$

U brom bilan yodni vodorodli hamda metallar bilan hosil qilgan birikmalaridan siqib chiqaradi:

$$Cl_2+2KBr=2KCl+Br_2$$

Xlor suv bilan reaksiyaga kirishib, ikkita kislota — xlorid (kuchli kislota) va gipoxlorid (kuchsiz kislota) kislotalar hosil qiladi. Reaksiya qaytar:

$$Cl_2+H_2O \rightleftarrows HCl+HClO$$

ionli ko'rinishda:

$$Cl_2+H_2O \rightleftarrows H^++Cl^-+HClO$$

Gipoxlorid kislota juda beqaror. Qizdirilganda yoki yorug'likka qo'yilganda u xlorid kislota bilan kislorodga ajraladi:

$$2HClO=2HCl+O_2$$

Gipoxlorid kislota— kuchli oksidlovchi. Xlorning namlik (suv) ishtirokida oqartirish xossasi borligi ana shu kislota hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Quruq xlor oqartiruvchi bo'lmaydi.

Xlor kislorod, azot va ko'mir bilan bevosita reaksiyaga kirishmaydi (ularning birikmalari bilvosita yo'l bilan olinadi). Namlik yo'g'ida xlor temir bilan reaksiyaga kirishmaydi. Bu hol xlorni po'lat ballon va sisternalarda saqlashga imkon beradi.

**Ishlatilishi.** Xlor ichimlik suvini zararsizlantirish (suvni xlorlash), gazlama va qog'oz massalarni oqartirish uchun ishlatiladi. Uning ko'p qismi xlorid kislota, xlorli ohak, shuningdek, tarkibida xlor bo'ladigan turli xil kimyoviy birikmalar olish uchun sarflanadi.

## 8.7- §. Vodorod xlorid va xlorid kislota

Vodorod xlorid — xlorning eng muhim birikmalaridan biri. Bu o'tkir hidli rangsiz gaz. U bilan nafas olinganida nafas yo'llarini yallig'lantiradi va bo'g'adi. Havodan 1,3 marta og'ir. Nam havoda

„tutaydi“, ya'ni havodagi suv bug'lari bilan birikib, mayda tuman tomchilarini hosil qiladi. 0 °C da bir hajm suvda 500 hajmga yaqin vodorod xlorid eriydi. Vodorod xloridning suvdagi eritmasi xlorid kislota deyiladi.

Laboratoriya sharoitida vodorod xlorid natriy xloridni konsentrlangan sulfat kislota bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi. Bunda vodorod xlorid va nordon tuz (natriy gidrosulfat) hosil bo'ladi:

$$NaCl+H_2SO_4=HCl\uparrow+NaHSO_4$$

Ilgari ko'rsatib o'tilganidek, vodorod xloridni vodorodni xlorda yondirish yo'li bilan ham olish mumkin:

$$H+Cl_2=2HCl$$

S a n o a t d a xlorid kislota olish usullari ana shu reaksiyalarga asoslangan. NaCl bilan konsentrlangan $H_2SO_4$ orasidagi o'zaro ta'sir reaksiyasiga asoslangan usul *sulfatli* usul deyiladi; vodorodning xlorda yonish reaksiyasiga asoslangan usul *sintetik* usul deyiladi.

Ikkala holda hamda olingan vodorod xlorid maxsus yuttirish minoralarida suvga yuttiriladi. Gaz suvda ancha to'liq erishi uchun gaz bilan suv bir-biriga qarama-qarshi harakat qiladi (gaz pastdan yuqoriga, suv yuqoridan pastga).

Xlorid kislota — rangsiz suyuqlik. Konsentrlangani tarkibida 37% gacha vodorod xlorid bo'ladi va nam havoda „tutaydi“. U kuchli kislota bo'lgani uchun kislotalarning barcha xossalariga ega. Ko'pchilik metallar, asosli oksidlar, asoslar va ba'zi tuzlar hamda gazlar xlorid kislota bilan reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$$
$$CuO+2HCl=CuCl_2+H_2O$$
$$Al(OH)_3+3HCl=AlCl_3+3H_2O$$
$$AgNO_3+HCl=AgCl\downarrow+HNO_3$$
$$NH_3+HCl=NH_4Cl$$

Xlorid kislota o'zining tuzlarini (bariy xlorid, rux xlorid va b.) olishda, metallarni dorilashda, shuningdek, oziq-ovqat sanoatida va tibbiyotda ishlatiladi. Undan barcha kimyo laboratoriyalarida reagent sifatida foydalaniladi.

Xlorid kislota gummirlangan, ya'ni ichki yuzasiga kislotabardosh rezina qoplangan sisterna va bochkalarda, shuningdek, shisha va polietilen idishlarda saqlanadi hamda tashiladi.

## 8.8- §. Xlorid kislotaning tuzlari

Quyida xlorid kislotaning eng muhim tuzlari tavsiflab berilgan.

Natriy xlorid (boshqa nomlari: toshtuz, osh tuzi, galit) NaCl ovqatga solinadi, natriy gidroksid, xlor, xlorid kislota, soda va b. olishda xomashyo sifatida ishlatiladi; oziq-ovqat mahsulotlarini konservalashda foydalaniladi.

Kaliy xlorid KCl — qimmatli kaliyli o'g'it.

Rux xlorid $ZnCl_2$ dan yog'ochni chirishdan saqlash maqsadida unga shimdirish uchun foydalaniladi; kavsharlashda metall sirtini ho'llash uchun ishlatiladi (bunda metall sirtidagi oksid parda yo'qoladi va kavshar metallga yaxshi yopishadi); $ZnCl_2 \cdot nH_2O$ tarkibli kristallgidratlari ma'lum.

Bariy xlorid $BaCl_2$ — zaharli modda, qishloq xo'jaligi zararkunandalariga (qandlavlagi, uzuntumshuq qo'ng'izi, o'tloq kapalagi va b.) qarshi kurashda ishlatiladi.

Kalsiy xlorid $CaCl_2$ (suvsiz) — gazlarni quritishda (bunda tuzning kristallgidrati $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ hosil bo'ladi) va tibbiyotda keng ko'lamda ishlatiladi.

Aluminiy xlorid $AlCl_3$ (suvsiz) ko'pincha organik sintezlarda katalizator sifatida foydalaniladi.

Simob (II) xlorid, boshqacha aytganda sulema $HgCl_2$ — kuchli zahar; bu tuzning juda suyultirilgan eritmalari kuchli ta'sir etuvchi dezinfeksiyalovchi vosita sifatida ishlatiladi; urug'larni dorilashda, terini oshlashda va organik sintezda ham foydalaniladi.

Kumush xlorid AgCl — kam eriydigan tuz, fotografiyada foydalaniladi.

**Xlorid-ionga sifat reaksiya.** Xlorid kislotaning ko'pchilik tuzlari suvda yaxshi eriydi. Amalda erimaydiganlari kumush xlorid AgCl, simob (I) xlorid $Hg_2Cl_2$ va mis (I) xlorid CuCl. Qo'rg'oshin (II) xlorid $PbCl_2$ kam eriydi, lekin qaynoq suvda yaxshi eriydi. Xloridlarning bu xossalaridan sifat analizida foydalaniladi.

Kumush nitrat xlorid kislota va uning tuzlariga reagent hisoblanadi, aniqrog'i kumush ioni — xlorid ionga reagent. Bu degan so'z, agar xlorid kislotaga yoki tarkibida xlorid-ion $Cl^-$ bor tuz eritmasiga tarkibida kumush ioni $Ag^+$ bor tuz eritmasidan qo'shilsa, kumush xlorid AgCl ning nitrat kislotada erimaydigan oq suzmasimon cho'kmasi tushadi, demakdir. Ana shu alomatiga qarab eritmadan xlorid-ion borligi haqida xulosa chiqarish mumkin.

## 8.9- §. Ftor, brom va yod haqida qisqacha ma'lumot

**Ftor** — zaharli, och yashil gaz. Uning molekulasi ikki atomli va qutbsiz kovalent bog'lanish orqali hosil bo'lgan ($F_2$). Ftor suyuqlantirilgan birikmalarini elektroliz qilish yo'li bilan olinadi. U kuchli oksidlovchi, hatto ayrim nodir gazlarni ham oksidlaydi (8.1-§ ga q.):

$$2F_2+Xe=XeF_4$$

U faqat geliy, neon va argon bilangina bevosita kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi.

Ftorning kimyoviy aktivligini shu bilan tushuntirish mumkinki, ftor molekulasini parchalashga yangi bog'lanishlar hosil bo'lishida ajralib chiqadiganga qaraganda ancha kam energiya talab qilinadi. Masalan, ftor atomining radiusi kichik bo'lganligi tufayli ftor molekulasidagi bo'linmagan elektron juftlar bir-birini itaradi va F—F bog'lanishni (151 kJ/mol) bo'shashtiradi. Shu bilan birga, ftor atomi bilan vodorod atomi orasidagi bog'lanish energiyasi kattadir (565 kJ/mol).

Ftor polimer materiallar — kimyoviy barqarorligi yuqori bo'lgan ftoroplastlar sintez qilishda, shuningdek, raketa yoqilg'isining oksidlovchisi sifatida ishlatiladi. Ftorning ayrim birikmalaridan tibbiyotda foydalaniladi

Vodorod ftorid suvda erib, ftorid kislota HF hosil qiladi. Bu kislotaning o'ziga xos muhim xususiyati — kremniy (IV) oksid bilan o'zaro ta'sirlasha olishidir:

$$SiO_2+4HF=SiF_4+2H_2O$$

Shu sababli u shishani yemiradi va parafin, kauchuk, polietilen yoki qo'rg'oshindan yasalgan idishlarda saqlanadi. Ftorid kislota metall quymalardan qumni yo'qotish uchun va shishaga ishlov berish uchun ishlatiladi.

**Brom** — og'ir qizil-qo'ng'ir suyuqlik. Brom bug'lari zaharli. Brom teriga tushganida qattiq kuydiradi.

**Yod** — qora-gunafsha qattiq modda. Qizdirilganda gunafsha bug'lar hosil qiladi, ular sovitilganda yana kristallga aylanadi. *Yodning sublimatlanishi*, ya'ni qattiq moddaning suyuq holatga o'tmay bug'lanishi va bug'lardan kristallar hosil bo'lishi amalga oshadi.

Brom va yod molekulalari qutbsiz, kovalent bog'lanishli, ikki atomlidir: $Br_2$ va $I_2$. Suvda kam eriydi, bunda tegishlicha bromli va yodli suv (xlorli suvga o'xshash) hosil bo'ladi. Organik erituvchilarda — spirtda, benzolda, benzinda, xloroformda yaxshi eriydi.

Bromda valent elektronlar $5s^25p^5$, yodda $6s^26p^5$. Bundan brom bilan yod kimyoviy xossalari jihatidan xlorga o'xshaydi, degan xulosa kelib chiqadi, faqat reaksiyaga kirishish xususiyati xlornikidan kamroq. Ularning reaksiyaga kirishish xususiyatining (aktivligining) taqqoslanishini 8.5-§ dan q.

Brom bilan yod — kuchli oksidlovchilar, bu xususiyatidan moddalarni turli xil analiz va sintez qilishda foydalaniladi.

Brom bilan yodning ko'p miqdorlari dori-darmon tayyorlashga sarflanadi.

### 8-BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**8.1.** Massasi (g) qanday bo'lgan kaliy bixromat kristallariga konsentrlangan xlorid kislota bilan ta'sir etilganda 2,8 l (n.sh.) xlor (reaksiya unumi 0,95 ga teng) olish mumkin?

A) 14,44; B) 13,74; C) 10,70; D) 11,86; E) 12,89.

*Yechish.* Moddalar orasidagi reaksiya tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$K_2Cr_2O_7+14HCl=2KCl+2CrCl_3+3Cl_2+7H_2O$$

$$\begin{array}{rcccl} 2Cr^{+6}+6\bar{e}\rightarrow 2Cr^{+3} & | & 2 & 1 & | \text{ oksidlovchi} \\ 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2 & | & 6 & 3 & | \text{ qaytaruvchi} \end{array}$$

Tenglama bo'yicha 1 mol $K_2Cr_2O_7$ dan 3 mol xlor hosil bo'ladi. Reaksiya unumi 100 % bo'lganda miqdori 0,125 mol xlor olish uchun 0,125 : 3 = 0,0417 mol tuz, ya'ni $294 \cdot 0{,}0417=12{,}25$ g oksidlovchi olish kerak. Reaksiya unumi 0,95 bo'lganda uning massasi $n_1(K_2Cr_2O_7 = 12{,}25:0{,}95=12{,}89$ g bo'ladi.

*Javob:* **E** bo'ladi.

**8.2.** Og'ir suvning oddiy suv bilan aralashmasining o'rtacha nisbiy molekular massasi 18,4 ga teng bo'lsa, shu aralashmadagi har bir moddaning massa ulushlarini (%) hisoblang:

A) 78 va 22; B) 76 va 24; C) 24 va 76; D) 22 va 78; E) 20 va 80.

*Yechish:* Ikkala moddaning mol miqdorlar yig'indisi $n_1+n_2=1$ bo'lib, o'rtacha molekular massasining qiymati 18,4 har bir komponentning mol miqdorlari orqali ifodalangan massalari yig'indisiga teng bo'ladi:

$\bar{M}=n_1M_1+n_2M_2$ undagi $n_2=1-n_1$ bo'ladi, shu sababli quyidagi tenglikka ega bo'lamiz:

$18,4=n_1 \cdot 18+(1-n_1)20$, bu ifodadan $n_1= 0,8$ va $n_2= 0,2$ hosil bo'ladi.

Ularning massalari esa $m_1=0,8 \cdot 18=14,4$ g va $m_2= 0,2 \cdot 20= 4$ g bo'lib, ularning har birining massa ulushlari

$$\omega_1=\frac{m_1}{m_1+m_2}=\frac{14,4}{18,4}=0,78 \text{ yoki } 78\ \%;$$

$$\omega_2=\frac{m_2}{m_1+m_2}=\frac{4}{18,4}=0,22 \text{ yoki } 22\ \% \text{ bo'ladi.}$$

*Javob:* **A** bo'ladi.

**8.3.** Massasi 31,5 g bo'lgan kalsiy gidridning suv bilan reaksiyasi natijasida temperatura 27 °C va bosim 118 kPa bo'lganda hosil bo'ladigan vodorod hajmini (l) hisoblang:

A) 30,2; B) 32,9; C) 31,7; D) 33,1; E) 35,0.

*Yechish.* Kimyoviy reaksiya tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+2H_2$$

$M_r = 42$. Reaksiyada qatnashgan gidridning miqdori vodorod miqdori $n(CaH_2)=31,5 : 42+0,75$ mol: $T=273\ °C+27\ °C=300$ K, vodorod miqdori esa topilgan qiymatdan 2 marta ko'p bo'ladi, ya'ni $n\ (H_2)= 0,75 \cdot 2 =1,5$ mol.

Tajriba sharoitida uning hajmini Klapeyron-Mendeleyev formulasidan topamiz:

$$V=\frac{nRT}{P}=\frac{1,5 \cdot 8,31 \cdot 300}{118}=31,7 \text{ l bo'ladi.}$$

*Javob:* **C** bo'ladi.

**8.4.** Quyida keltirilgan diagrammada (8.5-§ dagi 8.1-jadvaldan olingan) galogenlarning atom radiusi ($r_A$ haqiqiy qiymatning 100 ga ko'paytirilgan raqami), nisbiy elektrmanfiyligi (NEM) va ular atomining ionlanish energiyasi ($I_A$, eV) ning elementlarning protonlar soni (tartib raqami) ortib borishi tartibidagi munosabati aks ettirilgan.

Taqqoslash uchun olingan xossalarning o'zgarib borishi ftordan keyingi elementlar atomlari orasida umumiylik bor ekanligini va ular xossalari deyarli to'g'ri chiziq qonuniyati bilan o'zaro bog'langanligini ko'rsatadi. Ikki atomli galogenlar molekulalaridagi bog'ni uzish (dissotsilanish) uchun talab etiladigan energiya qiymati (kJ/mol) quyidagicha:

$F_2$—155; $Cl_2$—239; $Br_2$—090; $I_2$—149 va $At_2$—113

bo'lishini quyidagi holatlar (I)ning qaysi biri asosida talqin etish mumkin?

I: 1) atomlar orasidagi bog' uzunligining ortib borishi bilan bog'lanish energiyasi kamayib boradi; 2) ftor molekulasidagi bog'lanish energiyasi $Cl_2$ molekulasidagi energiyadan kichik bo'lishi ftor atomining radiusi kichikligi bilan; 3) ftordan xlorga o'tganda energiya kamayish o'rniga ortishini xlordan oxirgi astatgacha dissotsilanish energiyasi kamayib borishini molekuladagi bir atomning *p*-orbitallardagi taqsimlanmagan elektronlari qo'shni atomning akseptor *d*-orbitallariga tortilishi (dativ bog'lanish) asosida va bog' uzunligini ortishi bilan; 4) molekuladagi atomlarning dativ bog' hissasi bilan.

Ftor atomi bilan qolgan galogenlar atomlari orasida kuzatiladigan tafovutlarni tushunish uchun ularning quyida keltirilgan qaysi xususiyatlarini (II) hisobga olish kerak?

II: 5) NEM qiymati ftor atomida maksimal qiymatga ega bo'lishini uning *p*-orbitalidagi elektronlarning yadro ta'sirida kuchli tortilishiga o'zak elektronlar orbitalida faqat *Is*-pog'onacha orbitali niqoblay olmaydi, bu *p*-orbitallar atomda paydo bo'lgan, yangi turdagi simmetriyaga — kaynosimmetriya (bu so'zdagi *kayno* — *yangi* ma'noni anglatadi) ega bo'lishi bu elektronlar yadro zaryadining to'la ta'sirida bo'lishiga olib keladi; 6) kuzatilgan xususiyatlar ftor atomining eng kuchli elektrmanfiyligi natijasidir; 7) xususiyatlardagi tafovutlarni ftorning eng kuchli metallmasligi asosida tushunish mumkin:

A) 1, 6, 7; B) 2, 7; C) 4, 6, 7; D) 1, 2, 7; E) 3, 4, 5.

*Yechish.* Galogenlarni ikki atomli molekulalarining bog'lanish energiyasi xlorda eng katta, undan keyingilarida bir me'yorda kamayib boradi. Ftor atomi yadrosi 2*p*-orbital elektronlarini o'ziga tortib turishiga xalal beradigan 1*p*-orbital yo'q, 2*p*-orbital elektronlari va ular bilan birga bog'lovchi juft yadro maydonining batamom ta'sirida bo'lishi uning o'ziga xosligini tushuntiradi. Bu elektronlar atomdan eng qiyin chiqarib olinuvchi bo'lishi, atom radiusining juda kichik bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Xlor molekulasining atomlarga dissotsilanishi uchun ftornikiga qaraganda katta bo'lishiga ikki atom oralig'ida mavjud bo'lgan σ- bog'dan tashqari taqsimlangan juft elektronlar qo'shni

atomning bo'sh *d*-orbitallarga o'tishi (dativ bog'lanish) natijasida atomlararo bog'lovchi; qo'shimcha vosita paydo bo'lishiga olib keladi.

*Javob:* **E** bo'ladi.

**8.5.** Massasi 16,25 g bo'lgan ikki valentli ion hosil qiladigan metallning sulfat kislotada erishi natijasida 0560 l vodorod hosil bo'lgan. Shu metallni aniqlang:

A) magniy; B) temir; C) rux; D) kadmiy; E) stronsiy.

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$Me+H_2SO_4=MeSO_4+H_2$$

undan ko'rinishicha 1 mol metall 1 mol vodorodni siqib chiqaradi, unda 0,25 mol (0,560 : 22,4) vodorodni 0,25 mol metall siqib chiqargan bo'ladi. M(Me) = 16,25 : 0,25 = 65 bo'ladi.

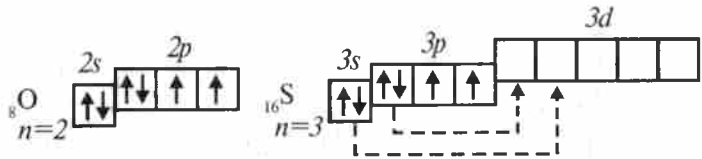
*Javob:* **C** bo'ladi.

## *9-BOB*. KISLOROD GRUPPACHASI

### 9.1-§. Kislorod gruppachasining umumiy tavsifi

Kislorod gruppachasiga beshta element: kislorod, oltingugurt, selen, tellur va poloniy kiradi (poloniy — radioaktiv element). Bular D.I.Mendeleyev Davriy sistemasi VI gruppasining *p*-elementlaridir. Ularning umumiy nomi — xalkogenlar bo'lib, «ruda hosil qiluvchi» degan ma'noni bildiradi.

Xalkogenlar atomlarida tashqi energetik pog'onaning tuzilishi bir xil — $ns^2np^4$ (9.1-jadvalning 2-p.). Ularning kimyoviy xossalari o'xshashligiga sabab ana shudir. Xalkogenlarning hammasi vodorod va metallar bilan hosil qilgan birikmalarida — 2 ga teng oksidlanish darajasini, kislorod va boshqa aktiv metallmaslar bilan hosil qilgan birikmalarida esa odatda +4 va+6 ga teng oksidlanish darajasini namoyon qiladi (9.1-jadval, 5-p.) Ftor uchun bo'lganidek, kislorod uchun ham gruppa raqamiga teng oksidlanish darajasi xos emas. U odatda — 2 ga teng, ftor bilan birikmasida esa +2 ga teng oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Oksidlanish darajalarining bunday qiymatlari xalkogenlarning elektron tuzilishidan kelib chiqadi:



9.1-jadval. **Kislorod gruppachasi elementlarining xossalari**

| Xossalari | O | S | Se | Te | Po |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tartib raqami | 8 | 16 | 34 | 52 | 84 |
| 2. Valent elektronlari | $2s^2 2p^4$ | $3s^2 3p^4$ | $4s^2 4p^4$ | $5s^2 5p^4$ | $6s^2 6p^4$ |
| 3. Atomning ionlanish energiyasi, eV | 13,62 | 10,36 | 9,75 | 9,01 | 8,43 |
| 4. Nisbiy elektrmanfiyligi | 3,5 | 2,5 | 2,4 | 2,1 | 2,0 |
| 5. Birikmalaridagi oksidlanish darajasi | -1,-2, +2 | -2,+2, +4,+6 | -2,+4, +6 | -2,+4, +6 | -2,+2 |
| 6. Atomning radiusi, nm | 0,066 | 0,104 | 0,117 | 0,137 | 0,161 |

Kislorod atomining 2*p*- pog'onachasida ikkita juftlashmagan elektron bor. Uning elektronlari bir-biridan ajrala olmaydi, chunki tashqi (ikkinchi) pog'onasida *d*-pog'ona yo'q. Shu sababli kislorodning valentligi doimo 2 ga, oksidlanish darajasi esa −2 va +2 ga teng (masalan, $H_2O$ va $OF_2$ da). Oltingugurt atomining qo'zg'almagan holatdagi valentligi va oksidlanish darajasi ham xuddi shunday bo'ladi. Qo'zg'algan holatga o'tishida (energiya berilganda, masalan, qizdirilganda) oltingugurt atomida dastlab 3*p*-, so'ngra esa 3*s*-elektronlar bir-biridan ajraladi (strelkalar bilan ko'rsatilgan). Birinchi holda juftlashmagan elektronlar soni, binobarin, valentligi ham to'rtga (masalan, $SO_2$ da), ikkinchi holda esa oltiga (masalan, $SO_3$ da) teng bo'ladi. Ravshanki, 2, 4, 6 ga teng valentliklar oltingugurtning analoglariga — selen, tellur va poloniyga ham xos, ularning oksidlanish darajalari esa −2, +2, +4 va +6 ga teng bo'lishi mumkin.

Kislorod gruppachasidagi elementlarning vodorodli birikmalari $H_2R$ formulaga(R— elementning simvoli) muvofiq keladi: $H_2O$, $H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$. Ular *xalkovodorodlar* deyiladi. Ular suvda eriganda kislotalar (formulasi o'shaning o'zi) hosil bo'ladi. Elementning tartib raqami ortib borishi bilan bu kislotalarning kuchi ham ortib boradi, bunga sabab $H_2R$ birikmalar qatorida bog'lanish energiyasining kamayib borishidir. $H^+$ va $OH^-$ ionlarga dissotsilanadigan suv amfoter elektrolit hisoblanadi.

Oltingugurt, selen va tellur kislorod bilan birikmalarning $RO_2$ va $RO_3$ tipidagi bir xil shaklini hosil qiladi. Ularga $H_2RO_3$ va $H_2RO_4$ kislotalar muvofiq keladi. Elementning tartib raqami ortib

borishi bilan bu kislotalarning kuchi kamayib boradi. Ularning hammasi oksidlanish xossalarini, $H_2RO_3$ tipidagi kislotalar esa qaytarish xossalarini ham namoyon qiladi.

Oddiy moddalarning xossalari qonuniyat bilan o'zgaradi: yadro zaryadi ortishi bilan metallmaslik xossalari susayib, metallik xossalari kuchayadi. Masalan, kislorod bilan tellur — metallmaslar, lekin tellurning metall yaltiroqligi bor va elektr tokini yaxshi o'tkazadi.

## 9.2-§. Kislorod va uning xossalari

**Tabiatda uchrashi**. Kislorod — Yerda eng ko'p tarqalgan element. U yer po'stlog'i massasining 47,2% ini tashkil etadi. Uning havodagi miqdori hajm jihatdan 20,95% va massa jihatdan 23,15% ga teng. Kislorod suv, tog' jinslari, ko'pchilik minerallar va tuzlar tarkibiga kiradi, tirik organizmlarni tashkil etuvchi oqsillar, yog'lar va uglevodlar bo'ladi.

**Olinishi**. Laboratoriya sharoitida kislorod natriy gidroksidning suvdagi eritmasini elektroliz qilish (nikel elektrodlar), bertolle tuzi (kaliy xlorat)ni yoki kaliy permanganatni qizdirib turib parchalash yo'li bilan olinadi. Kaliy xloratning parchalanishi marganes (IV) oksid $MnO_2$ ishtirokida ancha tezlashadi:

$$2KClO_3=2KCl+3O_2\uparrow$$

Juda toza kislorod kaliy permanganat parchalanganda olinadi:

$$2KMnO_4=K_2MnO_4+MnO_2+O_2\uparrow$$

Sanoatda kislorod suyuq havodan, shuningdek, suvni elektroliz qilishda vodorod bilan birga olinadi. Kislorod po'lat ballonlarda 15 MPa (megapaskal) bosim ostida saqlanadi va tashiladi.

**Fizik xossalari**. Kislorod — rangsiz, ta'msiz va hidsiz gaz, havodan bir oz og'ir. Suvda kam eriydi (1 l suvda 20 °C da 31 ml kislorod eriydi). — 183 °C temperatura va 101,325 kPa bosimda kislorod suyuq holatga o'tadi. Suyuq kislorod havorang tusli bo'ladi, magnit maydoniga tortiladi. Tabiiy kislorod tarkibida uchta izotop: $^{16}_{8}O$(99,76%), $^{17}_{8}O$(0,04%) va $^{18}_{8}O$(0,20%) bo'ladi.

**Kimyoviy xossalari.** Tashqi elektron pog'onasini to'ldirish uchun kislorodga ikki elektron yetishmaydi. Kislorod ularni shiddat bilan biriktirib olib, — 2 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Lekin ftor bilan hosil qilgan birikmalarida ($OF_2$ va $O_2F_2$) umumiy elektronlar jufti elektrmanfiyroq element bo'lgan ftorga tomon

siljigan. Bu holda kislorodning oksidlanish darajasi mos ravishda +2 va +1 ga, ftorniki esa −1 ga teng.

Kislorod molekulasi ikki atomdan tarkib topgan—$O_2$. Unda kimyoviy bog'lanish — kovalent qutbsiz.

Ozon molekulasi kislorodning uchta atomidan tarkib topgan—$O_3$. Ozon — bu kislorod elementining allotropik shakl o'zgarishidir. Kislorod bilan ozon bitta elementning o'zidan hosil bo'lganligiga qaramay, ularning xossalari turlicha bo'ladi. Ozon — o'ziga xos hidli gaz. Organik moddalarni yemiradi, ko'pchilik metallarni, shu jumladan, oltin va platinani ham oksidlaydi. U kislorodga nisbatan kuchli oksidlovchidir. Masalan, u kaliy yodid eritmasidan yodni ajratib chiqaradi, kislorod bilan esa bunday reaksiya sodir bo'lmaydi:

$$2K\overset{-1}{I}+O_3^0+H_2O=I_2^0+2K\overset{-2}{O}H+O_2$$

$$\begin{array}{l|l} 2I^- - 2\bar{e} = I_2 & 1 \\ O_3 + 2\bar{e} = O_2 + O^{2-} & 1 \end{array}$$

Ozon oqartiruvchi va dezinfeksiyalovchi ta'sirga ega.

Kislorodning eng muhim kimyoviy xossasi — deyarli barcha elementlar bilan oksidlar hosil qilish xususiyatidir (dastlabki uchta nodir gazning oksidlari olinmagan). Bunda ko'pchilik moddalar bilan kislorod bevosita, ayniqsa, qizdirilganda reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$2Ca+O_2=2CaO \qquad (a)$$

Kislorod galogenlar, oltin va platina bilan bevosita reaksiyaga kirishmaydi, ularning oksidlari bilvosita yo'llar bilan olinadi.

Murakkab moddalar muayyan sharoitlarda kislorod bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bunda oksidlar, ayrim hollarda esa — oksidlar va oddiy moddalar hosil bo'ladi. Masalan:

$$2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O \qquad (b)$$

$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2 \qquad (d)$$

**Kislorod oksidlovchi sifatida.** Nisbiy elektrmanfiyligining qiymatiga ko'ra kislorod ikkinchi element hisoblanadi ($x = 3{,}50$, 2.2- jadvalga q.). Shuning uchun oddiy moddalar bilan ham, murakkab moddalar bilan ham kimyoviy reaksiyalarda u oksidlovchi bo'ladi, chunki elektronlarni biriktirib oladi. Ikkinchi tomondan (a, b, d reaksiyalarga muvofiq), kalsiy, oksidlanish darajasi — 1 bo'lgan uglerod va oksidlanish darajasi — 3 bo'lgan azot elektronlarini beradi, shu sababli Ca, $C_2H_2$ va $NH_3$ qaytaruvchilar hisoblanadi.

Yonish, zanglash, chirish va nafas olish jarayonlari kislorod ishtirokida boradi. Bular oksidlanish-qaytarilish jarayonlaridir.

**Kimyoviy va metallurgiya jarayonlarini jadallashtirish**. Oksidlanish jarayonlari havodagiga qaraganda kislorodda ancha jadallashadi. Buni ko'mir, oltingugurt, po'lat simning kislorodda yonishi kabi oddiy tajribalarda isbotlash mumkin.

Oksidlanish jarayonlarini jadallashtirish uchun odatdagi havo o'rniga kislorod yoki kislorodga boyitilgan havo ishlatiladi. Kisloroddan kimyo sanoatida (nitrat va sulfat kislotalar sun'iy suyuq yoqilg'i, surkov moylari va boshqa moddalar ishlab chiqarishda) oksidlanish jarayonlarini jadallashtirish uchun foydalaniladi.

Kislorod metallurgiya jarayonlarini jadallashtirishning samarali vositasidir. Domna pechiga kislorodga boyitilgan havo puflanganda alanganing temperaturasi ancha ortadi, natijada, suyuqlanish jarayoni tezlashadi va pechning unumdorligi ortadi. Po'lat suyuqlantirishda — marten va bessemer jarayonlarida havo o'rniga to'liq yoki qisman kislorod ishlatish yanada katta samara beradi: bunda jarayonlar jadallashibgina qolmay, olinadigan po'latning sifati ham yaxshilanadi. Kislorodga boyitilgan havodan (60% gacha $O_2$) rangli metallurgiyada (rux, mis va boshqa metallarning sulfidli rudalarini oksidlashda) samarali foydalanilmoqda.

**Ishlatilishi**. Metallurgiya sanoatida kislorodning ancha ko'p miqdori sarflanadi. Kislorod yuqori temperatura hosil qilish uchun ishlatiladi. Kislorod-asetilen alangasining temperaturasi 3500 °C ga, kislorod-vodorod alangasiniki 3000 °C ga yetadi.

Tibbiyotda kislorod bemorlarning nafas olishini yengillashtirishda (kislorodli yostiqcha va palatkalar) ishlatiladi. Nafas olish qiyin bo'lgan atmosferada ishlarni bajarishda (yerosti va suvosti ishlarida, kosmik parvozlar va b.) kislorodli asboblardagi kisloroddan foydalaniladi.

## 9.3- §. Oltingugurt va uning xossalari

**Tabiatda uchrashi**. Oltingugurt tabiatda keng tarqalgan. U yer po'stlog'i massasining 0,05% ini tashkil etadi. Erkin holatda (yombi oltingugurt) Italiyada (Sitsiliya orolida) va AQSH da ko'p miqdorlarda uchraydi. O'rta Osiyoda, Qrimda va boshqa hududlarda bor.

Oltingugurt ko'pincha boshqa elementlar bilan hosil qilgan birikmalari holida uchraydi. Uning eng muhim tabiiy birikmalari metallarning sulfidlari: $FeS_2$ — temir kolchedani, ya'ni pirit; ZnS—

rux aldamasi; PbS — qo'rg'oshin yaltirog'i; HgS — kinovar va b., shuningdek, sulfat kislotaning tuzlari (kristall-gidratlar): $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — gips, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ — glauber tuzi, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ taxir tuz va b.

Oltingugurt hayvonot va o'simliklar organizmida bo'ladi, chunki oqsil molekulalari tarkibiga kiradi. Oltingugurtning organik birikmalari neft tarkibida bo'ladi.

**Fizik xossalari**. Oltingugurt — sariq rangli, qattiq, mo'rt modda. Suvda deyarli erimaydi, lekin uglerod sulfidda, anilinda va ba'zi boshqa erituvchilarda yaxshi eriydi. Issiqlik va elektr tokini yaxshi o'tkazmaydi. Oltingugurt bir necha allotropik shakl o'zgarishlar hosil qiladi.

Oltingugurt 444,6 °C da qaynab, to'q qo'ng'ir rangli bug'lar hosil qiladi. Agar ular tez sovitilsa, oltingugurtning mayda kristallaridan iborat mayin kukun hosil bo'ladi va u *oltingugurt guli* deyiladi.

Tabiiy oltingugurt to'rtta barqaror izotopining: $^{32}_{16}S$, $^{33}_{16}S$, $^{34}_{16}S$, $^{36}_{16}S$ aralashmasidan tarkib topgan.

**Kimyoviy xossalari.** Oltingugurt atomining tashqi energetik pog'onasi tugallanmaganligi sababli ikkita elektronni biriktirib olishi va — 2 oksidlanish darajasini namoyon qilishi mumkin. Oltingugurt metallar hamda vodorod bilan hosil qilgan birikmalarida (masalan, $Na_2S$ va $H_2S$ da) shunday oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Elektronlar elektrmanfiyligi kuchliroq element atomiga berilganda yoki shunday atomga tortilganda oltingugurtning oksidlanish darajasi +2, 4 va +6 bo'lishi mumkin.

Odatdagi sharoitda qattiq oltingugurt molekulasi halqa tarzida bir-biri bilan tutashadigan 8 atomdan tarkib topadi — $S_8$ (bunda halqada oltingugurt atomlari bir tekislikda yotmaydi). Qizdirilganda $S_8$ halqasi uziladi. Yuqori temperaturada zanjir bo'laklari mavjud bo'ladi: $S_2$ (>900 °C), $S_2 \rightleftarrows 2S$(1500 °C dan yuqori). Oltingugurt bug'larida $S_8$, $S_6$, $S_4$ va $S_2$ molekulalar orasida muvozanat qaror topadi.

Oltingugurtning fizik holati turli-tuman ekanligi uning molekulasining tuzilishi bilan tushuntiriladi. Masalan, plastik oltingugurt hosil bo'lishiga sabab shuki, halqa-molekulalarining bir qismi uziladi va paydo bo'lgan zanjirchalar bir-biri bilan birikib, uzun zanjir hosil qiladi. Natijada yuqori molekular birikma — kauchukka o'xshash elastik polimer hosil bo'ladi.

Oltingugurt osonlikcha ko'pchilik elementlar bilan birikmalar hosil qiladi. U havoda yoki kislorodda yonganida oltingugurt (IV)

oksid $SO_2$ va qisman oltingugurt (VI) oksid $SO_3$ hosil bo'ladi:

$$S+O_2=SO_2 \text{ va } 2S+3O_2=2SO_3$$

Bular oltingugurtning eng muhim oksidlaridir.

Qizdirilganda oltingugurt vodorod, galogenlar (yoddan tashqari), fosfor, ko'mir bilan, shuningdek, oltin, platina va iridiydan boshqa barcha metallar bilan bevosita birikadi. Masalan:

$$3S+2P=P_2S_3; \qquad S+Cl_2=SCl_2;$$
$$S+H_2=H_2S; \qquad 2S+C=CS_2;$$
$$S+Fe=FeS$$

Bu misollardan ko'rinib turibdiki, metallar va ba'zi metallmaslar bilan reaksiyalarda oltingugurt oksidlovchi, kislorod va xlor kabi ancha aktiv metallmaslar bilan reaksiyalarda esa — qaytaruvchi bo'ladi.

**Ishlatilishi.** Oltingugurt sanoatda va qishloq xo'jaligida keng ko'lamda ishlatiladi. Qazib olinadigan oltingugurtning yarmiga yaqini sulfat kislota olishga sarflanadi. Oltingugurtdan kauchukni vulkanlashda foydalaniladi: bunda kauchukning puxtaligi va elastikligi ortadi. Oltingugurt guli (mayin kukun) holida oltingugurt tok va g'o'za kasalliklariga qarshi kurashda ishlatiladi. U o'q-dori, gugurt, shu'lalanadigan tarkiblar olish uchun ham ishlatiladi. Tibbiyotda teri kasalliklarini davolash uchun oltingugurtli surkov dorilar tayyorlanadi.

## 9.4-§. Vodorod sulfid va sulfidlar

Vodorod sulfid $H_2S$ — palag'da tuxum hidi keladigan rangsiz gaz. U suvda yaxshi eriydi (20 °C da 1 hajm suvda 2,5 hajm vodorod sulfid eriydi).

**Tabiatda uchrashi.** Vodorod sulfid tabiatda vulqon gazlarida va ba'zi mineral buloq suvlarida, masalan, Pyatigorsk va Matsesta buloqlarining suvida uchraydi. U turli xil o'simlik va hayvonot qoldiqlaridagi oltingugurtli organik moddalar chiriganida hosil bo'ladi. Ba'zi oqar suvlardan, o'ralar va axlat uyumlaridan qo'lansa hid kelishiga sabab ana shudir.

**Olinishi.** Vodorod sulfid oltingugurtni qizdirib turib vodorod bilan bevosita biriktirish orqali olinishi mumkin:

$$S+H_2=H_2S$$

Lekin u odatda temir (II) sulfidga suyultirilgan xlorid yoki sulfat kislotalar ta'sir ettirish yo'li bilan olinadi:

$$2HCl+FeS=FeCl_2+H_2S\uparrow$$

Bu reaksiya ko'pincha Kipp apparatida o'tkaziladi.

**Fizik xossalari**. Vodorod sulfid — asab sistemasiga zarar yetkazadigan juda zaharli gaz. Shuning uchun vodorod sulfid bilan qilinadigan ishlarni mo'rili shkafda yoki germetik berkiladigan asboblarda o'tkazish kerak. Ishlab chiqarish binolarida $H_2S$ ning miqdori 1 l havoda ko'pi bilan 0,01 mg bo'lishiga ruxsat etiladi.

Vodorod sulfidning suvdagi eritmasi *vodorod sulfidli* suv yoki *sulfid kislota* deyiladi (u kuchsiz kislota xossalariga ega).

**Kimyoviy xossalari.** $H_2S$ — suvga qaraganda beqaror birikma. Bunga sabab oltingugurt atomining o'lchamlari kislorod atominikiga qaraganda kattaligidir (9.1-jadvalning 6- p. ga q.). Shu sababli H — O bog'lanish H — S bog'lanishga qaraganda qisqa va puxta bo'ladi. Qattiq qizdirilganda vodorod sulfid oltingugurt bilan vodorodga deyarli to'liq ajraladi:

$$H_2S=S+H_2$$

Gazsimon $H_2S$ havoda ko'kish alanga berib yonib, oltingugurt (IV) oksid va suv hosil qiladi:

$$2H_2S+3O_2+2H_2O$$

Kislorod yetishmaganda oltingugurt bilan suv hosil bo'ladi:

$$2H_2S+O_2=2S+2H_2O$$

Bu reaksiyadan sanoatda vodorod sulfiddan oltingugurt olish uchun foydalaniladi.

Vodorod sulfid — ancha kuchli qaytaruvchi. Uning bu muhim kimyoviy xossasini shunday tushuntirish mumkin. Eritmada $H_2S$ elektronlarini havo kislorodining molekulalariga oson beradi:

$$\begin{array}{l|l} H_2S - 2\bar{e} = S + 2H^+ & 2 \\ O_2 + 4\bar{e} = 2\overset{-2}{O} & 1 \end{array}$$

Bu holda $H_2S$ havo kislorodi ta'sirida oltingugurtga qadar oksidlanadi, natijada vodorod sulfidli suv loyqa bo'lib qoladi. Reaksiyaning umumiy tenglamasi:

$$2H_2S+O_2=2S\downarrow+2H_2O$$

Tabiatda organik moddalar chiriganida vodorod sulfid ko'p miqdorda to'planmasligiga sabab ham ana shudir — uni havo kislorodi oksidlab, erkin oltingugurtga aylantiradi.

Vodorod sulfid galogenlarning eritmalari bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$H_2S+I_2=2HI+S$$

Bunda oltingugurt ajralib chiqadi va yod eritmasi rangsizlanadi.

Kuchsiz sulfid kislota $H^+$ va $HS^-$ ionlarga dissotsilanadi:

$$H_2S \rightleftarrows H^++HS^-$$
$$HS^- \rightleftarrows H^++S^{2-}$$

Uning eritmasida sulfid-ion $S^{-2}$ lar juda kam miqdorda bo'ladi.

**Sulfidlar**. Ikki asosli kislota bo'lgan sulfid kislota ikki qator tuzlar — o'rta tuzlar (sulfidlar) va nordon tuzlar (gidrosulfidlar) hosil qiladi. Masalan, $Na_2S$ — natriy sulfid, NaHS — natriy gidrosulfid.

Gidrosulfidlarning deyarli hammasi suvda yaxshi eriydi. Ishqoriy metallar bilan ishqoriy-yer metallarning sulfidlari ham suvda eriydi, qolgan metallarning sulfidlari suvda erimaydi yoki kam eriydi; ularning ba'zilari suyultirilgan kislotalarda ham erimaydi. Shuning uchun bunday sulfidlarni tegishli metall tuzining eritmasi orqali vodorod sulfid o'tkazish yo'li bilan olish mumkin, masalan:

$$CuSO_4+H_2S=CuS\downarrow+H_2SO_4$$

yoki

$$Cu^{2+}+H_2S=CuS\downarrow+2H^+$$

Ba'zi sulfidlarning o'ziga xos rangi bo'ladi: CuS va PbS — qora, CdS — sariq, ZnS — oq, MnS — pushti, SnS — jigarrang, $Sb_2S_3$ — to'q sariq va h.k. Kationlarning sifat analizi sulfidlarning eruvchanligi va ulardan ko'pchiligining rangi turlicha ekanligiga asoslangan.

## 9.5-§. Oltingugurt (IV) oksid. Sulfit kislota

**Oltingugurt (IV) oksid.** Oltingugurt (IV) oksid, boshqacha aytganda sulfit angidrid odatdagi sharoitda o'tkir, bo'g'uvchi hidli, rangsiz gaz. — 10 °C ga qadar sovitilganda rangsiz suyuqlikka aylanadi. U po'lat ballonlarda suyuq holda saqlanadi.

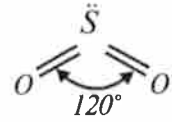
Laboratoriyada oltingugurt (IV) oksid natriy gidrosulfit bilan sulfat kislotani o'zaro ta'sir ettirib olinadi:

$$2NaHSO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+2SO_2\uparrow+2H_2O$$

shuningdek, misni konsentrlangan sulfat kislota bilan birga qizdirish yo'li bilan ham olinadi:

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$$

Oltingugurt (IV) oksid oltingugurt yondirilganda ham hosil bo'ladi. Sanoatda $SO_2$ pirit $FeS_2$ yoki rangli metallarning oltingugurtli rudalarini (rux aldamasi ZnS, qo'rg'oshin yaltirog'i PbS va b.) kuydirishda hosil bo'ladi. Bunda hosil bo'lgan oltingugurt (IV) oksid $SO_2$ asosan oltingugurt (VI) oksid $SO_3$ va sulfat kislota (9.6-§ ga q.) olishda ishlatiladi. $SO_2$ molekulasining tuzilish formulasi quyidagicha:




Ko'rinib turibdiki, $SO_2$ molekulasida bog'lanishlar hosil bo'lishida oltingugurtning to'rtta elektroni va ikkita kislorod atomining to'rtta elektroni ishtirok etadi. Bog'lovchi elektronlar juftlari bilan oltingugurt atomining bo'linmagan elektronlar jufti bir-birini itarishi tufayli molekula burchak shaklida bo'ladi.

Katalizator ishtirokida qizdirilganda $SO_2$ havo kislorodini biriktirib oladi va $SO_3$ hosil bo'ladi:

$$2\overset{+4}{S}O_2+O_2 \rightleftarrows 2\overset{+6}{S}O_3$$

Bu reaksiyada oltingugurtning oksidlanish darajasi +4 dan +6 ga qadar o'zgaradi, demak, $SO_2$ uchun qaytarish xossalari xosdir.

Oltingugurt (IV) oksid kislotali oksidlarning barcha xossalarini namoyon qiladi.

**Sulfit kislota.** Oltingugurt (IV) oksid suvda yaxshi eriydi (1 hajm suvda 20 °C da 40 hajm $SO_2$ eriydi). Bunda faqat suvdagi eritmadagina mavjud bo'ladigan sulfit kislota hosil bo'ladi:

$$SO_2+H_2O \rightleftarrows H_2SO_3$$

$SO_2$ ning suv bilan birikish reaksiyasi qaytar reaksiya. Suvdagi eritmada oltingugurt (IV) oksid bilan sulfit kislota siljuvchan kimyoviy muvozanatda bo'ladi. $H_2SO_3$ ishqor bilan bog'langanda (kislota neytrallanganda) reaksiya sulfit kislota hosil bo'lish tomoniga boradi; $SO_2$ yo'qotib turilsa (eritma orqali azot o'tkazilsa yoki eritma qizdirilsa), reaksiya boshlang'ich moddalar hosil bo'lish tomoniga boradi. Sulfit kislota eritmasida doimo oltingugurt (IV) oksid bo'ladi va u kislotaga o'tkir hid beradi.

Sulfit kislotada kislotalarning barcha xossalari bor. Eritmada $H_2SO_3$ bosqich bilan dissotsilanadi:

$$H_2SO_3 \rightleftarrows H^+ + HSO_3^-$$
$$HSO_3^- \rightleftarrows H^+ + SO_3^{2-}$$

U ikki asosli kislota bo'lgani uchun ikki qator tuzlar — sulfitlar va gidrosulfitlar hosil qiladi. Kislota ishqor bilan to'liq neytrallanganda sulfitlar hosil bo'ladi:

$$H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$$

Ishqor kamroq bo'lganda (kislotani to'liq neytrallash uchun zarur bo'lgan miqdoridan kamroq) gidrosulfitlar hosil bo'ladi:

$$H_2SO_3 + NaOH = NaHSO_3 + H_2O$$

Oltingugurt (IV) oksid kabi sulfit kislota va uning tuzlari kuchli qaytaruvchilar hisoblanadi. Bunda oltingugurtning oksidlanish darajasi ortadi. Masalan, $H_2SO_3$ hatto havo kislorodi ta'sirida ham oson oksidlanib, sulfat kislotaga aylanadi:

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

Shuning uchun uzoq vaqt saqlangan sulfit kislota eritmalarida doimo sulfat kislota ham bo'ladi.

Sulfit kislota brom va kaliy permanganat ta'sirida yanada oson oksidlanadi:

$$H_2\overset{+4}{S}O_3 + \overset{0}{Br_2} + H_2O = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2H\overset{-1}{Br}$$

$$\overset{+4}{S} - 2\bar{e} = \overset{+6}{S} \quad | \; 1$$
$$Br_2 + 2\bar{e} = 2Br^- \quad | \; 1$$

$$5H_2\overset{+4}{S}O_3 + 2K\overset{+7}{Mn}O_4 \rightarrow 2H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + K_2SO_4 + 2H_2O$$

$$\overset{+4}{S} - 2\bar{e} = \overset{+6}{S} \quad | \; 5$$
$$\overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} = \overset{+2}{Mn} \quad | \; 2$$

Oltingugurt (IV) oksid va sulfit kislota ko'pchilik bo'yoqlarni rangsizlantiradi, chunki ular bilan rangsiz birikmalar hosil qiladi. Bu rangsiz birikmalar qizdirilganda yoki yorug'da yana parchalanishi mumkin, natijada rang qaytadan tiklanadi. Demak, $SO_2$ bilan $H_2SO_3$ ning oqartirish ta'siri xlorning oqartirish ta'siridan farq qilar ekan. Odatda jun, ipak va poxol oltingugurt (IV) oksid ta'sirida oqartiriladi (xlorli suv bu materiallarni yemiradi).

Oltingugurt (IV) oksid ko'pchilik mikroorganizmlarni o'ldiradi. Shu sababli mog'or zamburug'larini yo'qotish uchun yerto'lalar, vino bochkalari va boshqalar oltingugurt (IV) oksid bilan dudlanadi. Bu oksiddan mevalarni tashish va saqlashda ham foydalaniladi. Oltingugurt (IV) oksidning ko'p miqdori sulfat kislota olishda sarflanadi.

Kalsiy gidrosulfit $Ca(HSO_3)_2$ eritmasi (sulfitli eritma) muhim ahamiyatga ega, yog'och tolalari va qog'oz massaga shu eritma bilan ishlov beriladi.

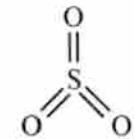
## 9.6- §. Oltingugurt (IV) oksid. Sulfat kislota

**Oltingugurt (IV) oksid**. Oltingugurt (IV) oksid rangsiz suyuqlik, 17 °C dan past temperaturada qattiq kristall massa bo'lib qotadi. U namlikni shiddat bilan yutib, sulfat kislota hosil qiladi:

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

Shu sababli bu oksid og'zi kavsharlab bekitilgan kolbalarda saqlanadi.

Oltingugurt (IV) oksid kislotali oksidlarning barcha xossalariga ega. U $SO_2$ ni oksidlash yo'li bilan olinadi. Oltingugurt (IV) oksid sulfat kislota ishlab chiqarishda oraliq mahsulot hisoblanadi. $SO_3$ molekulasi markazida oltingugurt atomi bo'lgan uchburchak shaklida bo'ladi:



Bunday tuzilish bog'lovchi elektron juftlarning birbirini itarishi tufaylidir. Ularning hosil bo'lishida oltingugurt atomi oltita tashqi elektronini beradi.

**Sulfat kislota.** Sulfat kislota olishning kontakt usuli eng katta ahamiyatga ega. Bu usul bilan istalgan konsentratsiyadagi $H_2SO_4$ ni, shuningdek, oleum, ya'ni $SO_3$ ning $H_2SO_4$ dagi eritmasini olish mumkin. Jarayon uch bosqichdan iborat bo'ladi: 1) $SO_2$ olish, 2) $SO_2$ ni oksidlab $SO_3$ ga aylantirish va 3) $H_2SO_4$ olish. $SO_2$ pirit $FeS_2$ ni maxsus pechlarda kuydirish yo'li bilan olinadi:

$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

Kuydirish jarayonini tezlashtirish uchun pirit oldindan maydalanadi, oltingugurtning to'liq yonishi uchun esa reaksiyaga zarur bo'lgandan ko'ra ancha ko'proq havo (kislorod) qo'shiladi. Kuydirish pechidan chiqayotgan gaz oltingugurt (IV) oksid, kislorod, azot, mishyak birikmalari (kolchedandagi qo'shimchalardan) va suv bug'laridan iborat bo'ladi. Bu gaz *kuydirish gazi* deyiladi.

Kuydirish gazi yaxshilab tozalanadi, chunki uning tarkibidagi, hatto juda oz miqdordagi mishyak birikmalari, shuningdek, chang va namlik katalizatorni zaharlaydi. Gazni maxsus elektrofiltrlar va yuvish minorasi orqali o'tkazib, mishyak birikmalaridan va changdan tozalanadi; namlik quritish minorasidagi konsentrlangan sulfat kislotaga yuttiriladi. Tarkibida kislorod bo'lgan tozalangan gaz issiqlik almashtirgichda 450 °C ga qadar qizdiriladi va kontakt apparatiga o'tadi. Kontakt apparatining ichida katalizator to'ldirilgan to'rsimon tokchalar bo'ladi.

Ilgari katalizator sifatida juda maydalangan platina metalidan foydalanilar edi. Keyinchalik uning o'rniga vanadiy birikmalari — vanadiy (V) oksid $V_2O_5$ yoki vanadil sulfat $VOSO_4$ ishlatiladigan bo'ldi, ular platinadan arzonroq va sekin zaharlanadi. $SO_2$ ning $SO_3$ ga qadar oksidlanish reaksiyasi qaytar reaksiya:

$$2SO_2+O_2=2SO_2$$

Kuydirish gazida kislorod miqdorini ko'paytirish oltingugurt (IV) oksid hosil bo'lishini ko'paytiradi: uning unumi 450 °C da 95% va undan ko'p bo'ladi.

$SO_3$ konsentrlangan sulfat kislotaga yuttirilganda oleum hosil bo'ladi. Oleumni suv qo'shib suyultirib, zaruriy konsentratsiyadagi kislotani olish mumkin. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, oltingugurt (IV) oksidni suvga emas, konsentrlangan $H_2SO_4$ ga yuttirish maqsadga muvofiqdir, chunki u kontakt apparatidan purkalib chiqadi va suv bug'lari bilan tuman hosil qiladi; bu tuman sulfat kislotaning tomchilaridan iborat bo'ladi va suvga yutilmaydi. $SO_3$ konsentrlangan sulfat kislotaga yuttirilganda tuman hosil bo'lmaydi.

Konsentrlangan sulfat kislota temiryo'llarda po'lat sisternalarda tashiladi.

## 9.7-§. Sulfat kislotaning xossalari va uning amaliy ahamiyati

**Fizikaviy xossalari.** Sulfat kislota — og'ir, rangsiz moysimon suyuqlik. Juda gigroskopik. Namlikni yutib, ko'p miqdorda issiqlik chiqaradi, shu sababli suvni konsentrlangan kislotaga quyish yaramaydi — kislota sachrab ketadi. Suyultirish uchun sulfat kislotani oz-ozdan suvga quyish kerak.

Suvsiz sulfat kislota 70% ga qadar oltingugurt (VI) oksidni eritadi. Odatdagi temperaturada u uchuvchan emas va hidsiz. Qiz-

dirilganda tarkibida 98,3% $H_2SO_4$ bor eritma hosil bo'lgunga qadar $SO_3$ ni ajratib chiqaradi. Suvsiz $H_2SO_4$ elektr tokini deyarli o'tkazmaydi.

**Kimyoviy xossalari.** Konsentrlangan sulfat kislota organik moddalardan — shakar, qog'oz, yog'och, tola va hokazo suv elementlarini tortib olib, ularni ko'mirga aylantiradi. Bunda sulfat kislotaning gidratlari hosil bo'ladi. Shakarning ko'mirlanishini ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$C_{12}H_{22}O_{11}+nH_2SO_4=12C+nH_2SO_4\cdot mH_2O$$

Hosil bo'lgan ko'mir qisman kislota bilan reaksiyaga kirishadi:

$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$$

Shu sababli savdoga chiqariladigan kislota unga tasodifan tushib qolgan va ko'mirga aylangan chang hamda organik moddalar tufayli qo'ng'irrangli bo'ladi.

Gazlarni quritish sulfat kislotaning suvni yutishiga asoslangan.

Uchuvchan bo'lmagan kuchli $H_2SO_4$ quruq tuzlardan boshqa kislotalarni siqib chiqaradi. Masalan:

$$NaNO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+HNO_3$$

Lekin, agar $H_2SO_4$ tuzlarning eritmalariga qo'shilsa, u holda kislotalarni siqib chiqarmaydi.

Sulfat kislotaning juda muhim kimyoviy xossasi — uning metallarga munosabatidir. Suyultirilgan va konsentrlangan sulfat kislotalar metallar bilan turlicha reaksiyaga kirishadi.

Suyultirilgan sulfat kislota standart elektrod potensiallar qatorida vodoroddan oldinda joylashgan metallarni eritadi. Lekin qo'rg'oshin sirtida $PbSO_4$ pardasi hosil bo'ladi, u metallni kislota bilan yana reaksiyaga kirishishidan muhofaza qiladi. Standart elektrod potensiallar qatorida vodoroddan keyin turgan metallar suyultirilgan $H_2SO_4$ bilan reaksiyaga kirishmaydi.

Konsentrlangan sulfat kislota odatdagi temperaturada ko'pchilik metallar bilan reaksiyaga kirishmaydi. Shu sababli suvsiz sulfat kislotani temir idishlarda saqlash va po'lat sisternalarda tashish mumkin*. Lekin qizdirilganda konsentrlangan $H_2SO_4$ deyarli barcha metallar bilan (Pt, Au va ba'zi boshqa metallardan tashqari,

---

* Po'lat sisternalarda melanj — konsentrlangan nitrat va sulfat kislotalarning aralashmasi ham tashiladi.

reaksiyaga kirishadi). Bunda u oksidlovchilar sifatida ta'sir etadi, o'zi esa odatda $SO_2$ ga qadar qaytariladi. Bunda vodorod ajralib chiqmaydi, balki suv hosil bo'ladi. Masalan:

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$$

Sulfat kislotada kislotalarning barcha xossalari bor.

**Sulfat kislotaning ahamiyati.** Sulfat kislota anorganik kislotalar, ishqorlar, tuzlar, mineral o'g'itlar va xlor ishlab chiqaradigan asosiy kimyo sanoatining muhim mahsuloti hisoblanadi.

Turli-tuman maqsadlarda ishlatilishi jihatidan sulfat kislota kislotalar orasida birinchi o'rinda turadi. Uning eng ko'p miqdori fosforli va azotli o'g'itlar olishga sarflanadi. Uchuvchan bo'lmaganligi sababli sulfat kislotadan boshqa kislotalar — xlorid, ftorid, fosfat, sirka kislota va h.k. olish uchun foydalaniladi. Uning anchagina miqdori neft mahsulotlarini — benzin, kerosin va surkov moylarini zararli qo'shimchalardan tozalashga sarflanadi. Mashinasozlikda sulfat kislota bilan metallarning sirtini qoplash (nikellash, xromlash va b.) oldidan oksidlardan tozalanadi. Sulfat kislota portlovchi moddalar, sun'iy tola, bo'yoqlar, plastmassalar va ko'pgina boshqa moddalar ishlab chiqarishda ishlatiladi. U akkumulatorlarga quyish uchun ham ishlatiladi. Qishloq xo'jaligida sulfat kislotadan begona o'tlarga qarshi kurashda foydalaniladi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishning deyarli barcha sohalarida ishlatiladi, deyish mumkin. «Texnikada sulfat kislota kabi ko'p ishlatiladigan boshqa, sun'iy ravishda olinadigan moddani topish qiyin, — deb yozgan edi D.I.Mendeleyev «Основы химии» kitobida. — Texnikaviy faoliyat qayerda rivojlangan bo'lsa, o'sha yerda ko'p sulfat kislota ishlatiladi».

Sulfat kislotaning xalq xo'jaligidagi ahamiyatini shundan ham bilsa bo'ladi.

## 9.8- §. Sulfat kislotaning tuzlari

Sulfat kislota asosli bo'lgani uchun ikki qator tuzlar: sulfatlar deyiladigan o'rta tuzlar va gidrosulfatlar deyiladigan nordon tuzlar hosil qiladi. Kislota ishqor ta'sirida to'liq neytrallanganda (bir mol kislotaga ikki mol ishqor to'g'ri keladi) sulfatlar, ishqor yetishmaganda (bir mol kislotaga — bir mol ishqor) gidrosulfatlar hosil bo'ladi:

$$H_2SO_4+2NaOH=Na_2SO_4+2H_2O$$

$$H_2SO_4+NaOH=NaHSO_4+H_2O$$

Sulfat kislotaning ko'pchilik tuzlarining amaliy ahamiyati katta.

**Sulfat ionga sifat reaksiya.** Sulfat kislotaning ko'pchilik tuzlari suvda eriydi. $CaSO_4$ va $PbSO_4$ tuzlar suvda kam eriydi, $BaSO_4$ esa suvda ham, kislotalarda ham amalda erimaydi. Bu xossasidan bariyning istalgan eruvchan tuzidan, masalan, $BaCl_2$ dan sulfat kislota va uning tuzlariga (to'g'rirog'i $SO_4^{2-}$ ioniga) reagent sifatida foydalanishga imkon beradi:

$$H_2SO_4+BaCl=BaSO_4\downarrow+2HCl$$

$$Na_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4\downarrow+2NaCl$$

yoki ionli ko'rinishda:

$$SO_4^{2-} + B_2^{2+} = BaSO_4\downarrow$$

Bunda bariy sulfatning suvda va kislotalarda erimaydigan oq cho'kmasi tushadi.

### 9-BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

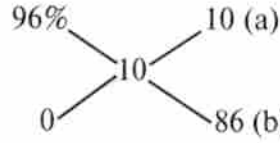
**9.1.** Solishtirma og'irligi 1,84 g/ml bo'lgan 96% li sulfat kislotadan 50 g 10% li eritma tayyorlash uchun hajmlari (ml) qanday bo'lgan kislota va suvdan olish kerak?

Eritma hosil bo'lishida hajm o'zgarishini hisobga olmang:

A)2,8 va 44,8; B) 2,7 va 47,3; C) 3,2 va 46,8;

D) 3,0 va 47,0; E) 2,5 va 47,5.

*Yechish.* Bunday turdagi masalalarni yechishda krest qoidasidan foydalanish qulay bo'ladi:




10+86=96 massa birlik tayyorlanishi kerak bo'lgan eritmaning massasi (50 g) ga proporsional bo'lib, **a** qatordagi 10 va **b** dagi 86 lar 96% li kislota eritmasi va suyultirish uchun kerak bo'lgan suvning massasiga proporsional bo'ladi:

96 massa birlik 50 g bo'lsa,

10 — $x$ bo'ladi, ya'ni

$x = \frac{10 \cdot 50}{96} = 5{,}21$ g yoki hajmi $V$ (kislota)$= \frac{5{,}21}{1{,}84} = 2{,}83$ ml bo'ladi. Suvning massasini quyidagi proporsiyadan topamiz:

$$\begin{matrix} 96 - 50 \\ 86 - x \end{matrix} \quad x = \frac{10 \cdot 86}{96} = 44{,}8 \text{ g},$$

suvning zichligini 1,0 ga teng deb olsak, uning hajmi ham 44,8 ml bo'ladi.

Bu masalani boshqacha yechib ko'raylik: 10% li 50 g eritma tarkibidagi kislota massasi $m$ (kislota)$= 50 \cdot 0{,}1 = 5$ g bo'ladi. Solishtirma og'irligi 1,84 g/ml bo'lgan eritmaning 100 g massasidagi kislota massasi 96 g bo'lsa, bizga kerak bo'lgan 5 g kislota uning qanday massasida bo'lishini quyidagi proporsiyadan topamiz:

100 g eritmada 96 g kislota bo'lsa,
$x$ g eritmada 5 g kislota bo'ladi:

$x = \frac{5100}{96} = 5{,}2$ g. Uning hajmi esa

$$V \text{ (kislota)} = \frac{5{,}2}{1{,}84} = 2{,}8 \text{ ml}$$

Suyultirish uchun kerak bo'lgan suvning massasi $50 - 5{,}2 = 44{,}8$ g bo'ladi.

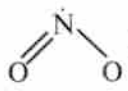
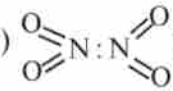
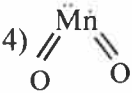
*Javob:* **A** bo'ladi.

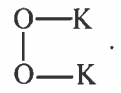
**9.2.** Quyidagi formulalar orasidan peroksidlarga taalluqli bo'lganlarini tanlang:

1) $NO_2$; 2) $BaO_2$; 3) $N_2O_4$; 4) $MnO_2$; 5) $PbO_2$;
6) $KO_2$; 7) $K_2O_4$.

A) 1,7; B) 2,4; C) 3,4; D) 4,5; E) 2,6.

*Yechish.* Berilgan moddalarning struktur formulalarini keltiramiz:

1)  ; 2) Ba  ; 3)  ; 4)  ;

5) O=Pb=O; 6) K — O — O — K; 7) 

Keltirilgan formulalar orasida faqat 2 va 6 peroksidlarga taalluqli, 7 si esa subperoksidga tegishli.

*Javob:* **E** bo'ladi.

**9.3.** Yuqori temperaturada reaksion idishda 0,6 mol azot (II) oksid va 0,4 mol $O_2$ orasidagi reaksiyaning muvozanat konstantasi 6 ga teng. Shu reaksiya sodir bo'layotgan idishning hajmini (l) hisoblang.

A) 0,4; B) 1,8; C) 0,45; D) 0,55; E) 0,65.

*Yechish.* Jarayonning tenglamasi

Boshlang'ich konsentratsiyalar:

$$NO + 1/2O_2 \rightleftarrows NO_2$$
$$0{,}6 \quad 0{,}4 \quad 0$$

Muvozanat qaror topgandan keyingi konsentratsiyalar:

$$0{,}6-x \qquad 0{,}4-1/2x \qquad x$$

Reaksiyada qatnashgan moddalar konsentratsiyalari:

$(0{,}6-x)+(0{,}4-{}^{1/2})x=x$

$0{,}6-x+0{,}4-{}^{1/2}x=x$ yoki $0{,}6+0{,}4=x+x+1/2x$

$1=2{,}5x$ $x=0{,}4$ mol. $0{,}6-0{,}4+04-1/2 \cdot 0{,}4=0{,}4$

Idish hajmini $V$ l deb olamiz:

$$\frac{0{,}2}{V}+\frac{0{,}4-0{,}2}{V}=\frac{0{,}4}{V}$$

Reaksiyaning muvozanat konstantasining ifodasi:

$$6=\frac{\left(\frac{0{,}4}{V}\right)}{\left(\frac{0{,}2}{V}\right)\cdot\left(\frac{0{,}2}{V}\right)^{1/2}}, \text{ undan } 6=\frac{\left(\frac{0{,}4}{V}\right)\cdot\left(\frac{V}{0{,}2}\right)}{\left(\frac{0{,}2}{V}\right)^{1/2}}$$

yoki $6=\frac{1}{\left(\frac{0{,}2}{V}\right)^{1/2}}$, bundan $3=\frac{1}{\left(\frac{0{,}2}{V}\right)^{1/2}}=\frac{\sqrt{V}}{\sqrt{0{,}2}}$

$\sqrt{V}=3\sqrt{0{,}2}=3\cdot 0{,}447$; $V=1{,}8$ l.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**9.4.** Vodorod peroksid qanday jarayonlarda oksidlovchi yoki qaytaruvchi, yoxud ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi bo'la oladi?

1) o'rtacha kuchli oksidlovchilar ishtirokida qaytaruvchi bo'ladi;

2) juda kuchli oksidlovchilar ishtirokida qaytaruvchi bo'ladi va reaksiyada kislorod hosil bo'ladi;

3) kuchli qaytaruvchilar ishtirokida oksidlovchi bo'ladi, bunda $O^-$ zarracha elektronini berib, molekular kislorod hosil qiladi;

4) kuchli qaytaruvchilar qatnashgan reaksiyada o'ziga elektron biriktirib $O^{-2}$ holatida suv tarkibiga kiradi; 5) oddiy sharoitda oksidlovchi va qaytaruvchilar bo'lmagan sharoitda, katalizator sifatida ko'pchilik metallar oksidlari ishtirok etganda disproporsiyalanish reaksiyasida qatnashadi.

A) 1,3,4; B) 2,3,5; C) 1,3,5; D) 1,2,5.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**9.5.** Oddiy modda holidagi oltingugurt atomi disproporsiya reaksiyasida qatnashishi mumkinmi, bunday reaksiya qanday sharoitda sodir bo'lishi mumkin?

1) yo'q, bu xossa elektrmanfiyligi katta bo'lgan elementlar atomi uchun xos xususiyatdir;

2) bunday jarayonni juda kuchli kislotalar ishtirokidagina amalga oshirish mumkin;

3) bunday reaksiyani neytral sharoitda olib borish mumkin;

4) oltingugurtni ishqor muhitida qaynatganda amalga oshirish mumkin.

A) 1; B) 2,3; C) 3; D) 1,3; E) 4.

*Yechish.* Oltingugurt oddiy modda holatida o'zgaruvchan valentlikka ega bo'lgan elementlar atomlari (xlor, kislorod) kabi aytib o'tilgan xossaga ega. Masalan, maydalangan oltingugurtni ishqor eritmasida qaynatilganda sulfid va sulfat ionlariga o'tadi:

$$6KOH+3S=2K_2S+K_2SO_3+3H_2O$$

$$S^0 + 2\bar{e} \rightarrow S^{-2} \quad | \quad 2 \text{ oksidlovchi}$$
$$S^0 + 4\bar{e} \rightarrow S^{+4} \quad | \quad 1 \text{ qaytaruvchi}$$

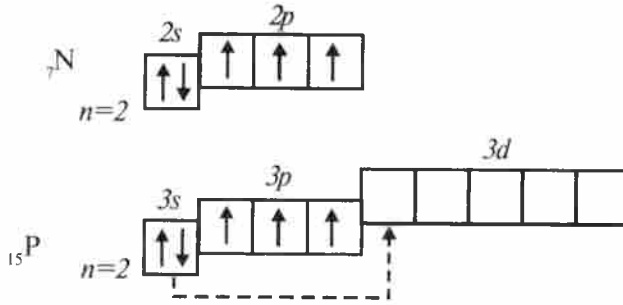
*Javob:* **E** bo'ladi.

## *10- BOB.* AZOT GRUPPACHASI

### 10.1- §. Azot gruppachasining umumiy tavsifi

Beshta element: azot, fosfor, surma, mishyak va vismut azot gruppachasini tashkil etadi. Bular D.I.Mendeleyev Davriy sistemasining V gruppasidagi *p*-elementlardir. Ular atomlarining tashqi energetik pog'onasida beshtadan elektron bo'ladi — $ns^2np^3$ (10.1-jadval, 2- p.). Shu sababli bu elementlarning yuqori oksidlanish darajasi +5 ga, quyi oksidlanish darajasi —3 ga teng, +3 oksidlanish darajasida ham bo'ladi.

Azot bilan fosfor misolida elementlarning valent holatlarini ko'rib chiqamiz. Ular atomlarining tashqi energetik pog'onalarining tuzilishi quyidagicha:




Azot atomida uchta juftlashmagan elektron bor. Shu sababli azotning valentligi uchga teng. Tashqi pog'onasida *d*-pog'onacha yo'qligi tufayli uning elektronlari bir-biridan ajrala olmaydi. Lekin azot atomi 2*s*- pog'onachasidan boshqa elektrmanfiy atomga bitta elektron berishi mumkin, shunda u zaryadli bo'ladi $(N)^{+1}$ va to'rtta juftlashmagan elektronga ega bo'lib qoladi, ya'ni to'rt valentli bo'ladi. Bu hol, masalan, nitrat kislota $HNO_3$ da kuzatiladi. Azot besh valentli bo'la olmaydi (3.10-§ ga q.).

Gruppachadagi fosfor va undan keyingi elementlarning atomlarida 3*d*-pog'onachasida erkin orbitallari bor, shu sababli qo'zg'algan holatga o'tishida 3*s*- elektronlar bir-biridan ajraladi (punktir strelka bilan ko'rsatilgan).

Shunday qilib, azot gruppachasidagi barcha elementlarning qo'zg'almagan holatdagi valentligi uchta, qo'zg'algan holatida esa azotdan boshqalarining valentligi beshga teng.

10.1-jadval. **Azot gruppachasidagi elementlarning xossalari**

| Xossalari | N | P | As | Sb | Bi |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tartib raqami | 7 | 15 | 33 | 51 | 83 |
| 2. Valent elektronlari | $2s^22p^3$ | $3s^23p^3$ | $4s^24p^3$ | $5s^25p^3$ | $6s^26p^3$ |
| 3. Atomining ionlanish energiyasi, eV | 14,5 | 10,5 | 9,8 | 8,6 | 7,3 |
| 4. Nisbiy elektrmanfiyligi | 3,0 | 2,2 | 2,0 | 1,2 | 1,9 |
| 5. Birikmalaridagi oksidlanish darajasi | +5,+4,+3, +2,+1, -3,-2,-1 | +5,+4, +3,+1,-3, -2 | +5,+3, -3 | +5,+3, -3 | +5,+3, -3 |
| 6. Atomning radiusi, nm | 0,071 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 |

Azot gruppachasidagi elementlar vodorod bilan $RH_3$ tarkibli birikmalar hosil qiladi. $RH_3$ molekulalari piramida shaklida bo'ladi (3.4-rasmga q.) Bu birikmalarda elementlarning vodorod bilan bog'lanishlari kislorod gruppachasidagi va, ayniqsa, galogenlar gruppachasidagi elementlarning shunga o'xshash birikmalaridagiga qaraganda puxtaroq bo'ladi. Shuning uchun azot gruppachasidagi elementlarning vodorodli birikmalari suvdagi eritmalarda vodorod ionlarini hosil qilmaydi.

Azot gruppachasidagi elementlar kislorod bilan umumiy formulasi $R_2O_3$ va $R_2O_5$ bo'lgan oksidlar hosil qiladi. Oksidlarga $HRO_2$, $HRO_3$ kislotalar (va azotdan boshqa elementlarda ortokislotalar $H_3RO_4$) muvofiq keladi. Gruppacha doirasida oksidlarning xususiyati shunday o'zgaradi: $N_2O_3$ — kislotali oksid; $P_4O_6$ — kuchsiz kislotali oksid; $As_2O_3$ — kislotali xossalari kuchliroq amfoter oksid; $Sb_2O_3$ — asos xossalari kuchliroq amfoter oksid; $Bi_2O_3$ — asosli oksid. Shunday qilib, $R_2O_3$ va $R_2O_5$ tarkibli oksidlarning kislota xossalari elementning tartib raqami ortishi bilan kamayadi (10.1-jadval, 1-p.).

10.1- jadvalning 3 va 6-punktlaridan ko'rinib turibdiki, gruppachada tartib raqami ortishi bilan metallmaslik xossalari susayadi, metallik xossalari esa kuchayadi. Vodorodli birikmalari $RH_3$ ning $NH_3$ dan $BiH_3$ ga tomon puxtaligi kamayishining, shuningdek, kislorodli birikmalari puxtaligining teskari tartibda kamayishining sababi ana shundadir.

Gruppachadagi birinchi va oxirgi elementning xossalari bir-biridan katta farq qiladi; azot — metallmas ($x$=3,0), vismut — metall ($x$=1,9). Lekin 10.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, birinchidan, oxirgi elementga o'tish ma'lum qonuniyat bilan, atom yadrosining zaryadi va elementning tartib raqami ortib borishi bilan amalga oshadi.

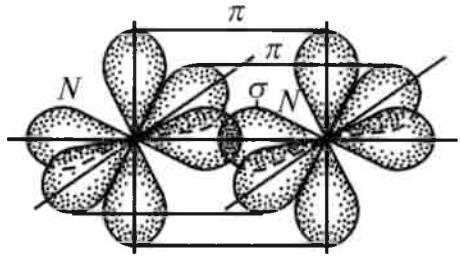
## 10.2- §. Azot. Sigma- va pi- bog'lanishlar

**Tabiatda uchrashi.** Azot tabiatda asosan erkin holatda uchraydi. Havoda hajmiy ulushi 78,09%, massa ulushi 75,6% bo'ladi. Oz miqdorda azot birikmalari tuproqda bo'ladi. Azot oqsil moddalar va ko'pchilik tabiiy organik birikmalar tarkibiga kiradi. Azotning yer po'stlog'idagi umumiy miqdori 0,01%.

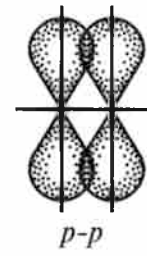
**Olinishi.** Texnikada azot suyuq havodan olinadi. Ma'lumki, havo — gazlar, asosan, azot bilan kislorod aralashmasidan iborat. Yer yuzasidagi quruq havoning tarkibi (hajmiy ulushlarda): azot 78,09%, kislorod 20,95%, nodir gazlar 0,93%, uglerod (VI) oksid 0,03%, shuningdek, tasodifiy qo'shimchalar — chang, mikroorganizmlar, vodorod sulfid, oltingugurt (VI) oksid va b. Azot olish uchun havo suyuq holatga o'tkaziladi, so'ngra bug'latish yo'li bilan uchuvchanligi kamroq bo'lgan kisloroddan ajratiladi (azotning qayn. temperaturasi — 195,8 °C, kislorodniki — 183 °C). Shu yo'l bilan olingan azot tarkibida nodir gazlar (asosan, argon) qo'shimchalari bo'ladi. Sof azotni laboratoriya sharoitida ammoniy nitritni qizdirib parchalash orqali olish mumkin:

$$NH_4NO_2 = N_2\uparrow + 2H_2O$$

**Sigma- va pi- bog'lanishlar.** Oddiy modda bo'lgan azotning fizikaviy va kimyoviy xossalarini tushuntirish uchun uning molekulasining tuzilishini ancha mukammal ko'rib chiqish kerak. Azot atomi tashqi pog'onasining elektron tuzilishidan (27-§ ga q.) ko'rinib turibdiki, uning kimyoviy bog'lanishlari har qaysi atomining uchta juftlashmagan *p*-elektronlari hisobiga amalga oshadi; *p*-orbitallar gantel shaklida bo'ladi va fazoviy koordinatalar o'qlari bo'ylab yo'nalgan. Bular $p_x$-, $p_y$- va $p_z$- orbitallardir. Kimyoviy bog'lanishlar hosil bo'lishi atomlar orbitallarining bir-birini qoplash natijasidir (3.1-§). Azot molekulasida uchlamchi bog'lanish hosil bo'lishini 10.1-rasmda ko'rsatilgani kabi tasavvur qilish mumkin ($N_2$ molekulasida kimyoviy bog'lanish umumiy *p*- elektronlar jufti hisobiga amalga oshadi, ularning orbitallari *x*, *y*, *z* o'qlari bo'ylab yo'nalgan).




**10.1- rasm.** Azot molekulasidagi δ- va π- bog'lanishlar.



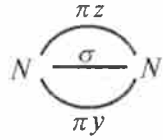

**10.2- rasm.** *p*- bog'lanishlarning hosil bo'lish sxemasi.

**Orbitallar birikayotgan atomlarning markazlarini bog'lovchi chiziq bo'ylab bir-birini qoplaganida hosil bo'ladigan kovalent bog'lanish *δ (sigma) bog'lanish* deyiladi.**

Birlamchi bog'lanishlarning hammasi δ- bog'lanish bo'ladi. Qolgan $p_y$ va $p_z$ orbitallar atomlarning markazlarini bog'lovchi chiziqning tomonidan bir-birini qoplaydi (10.2-rasm).

**Orbitallar birikayotgan atomlarning markazlarini bog'lovchi chiziqning ikkala tomoni bo'ylab bir-birini qoplaganida vujudga keladigan kovalent bog'lanish *π (pi)- bog'lanish* deyiladi.**

Shunday qilib, azot molekulasida bitta δ- bog'lanish va ikkita π- bog'lanish, hammasi bo'lib uchta bog'lanish bor, buni quyidagicha tasvirlash mumkin:




**Fizikaviy xossalari.** Azot — rangsiz, hidsiz va ta'msiz gaz, yengil. Suvda eruvchanligi kislorodnikidan kam: 20 °C da 1 l suvda 15,4 ml azot eriydi (kislorod — 31 ml). Shu sababli suvda erigan havoda kislorodning azotga nisbatan miqdori atmosferadagidan ko'p bo'ladi. Azotning suvda kam eruvchanligiga, shuningdek, uning qaynash temperaturasi juda pastligiga sabab, azot bilan suv molekulalari orasidagi va azot molekulalari orasidagi molekulalararo o'zaro ta'sirning juda bo'shligidir.

Tabiiy azot massa sonlari 14(99,64%) va 15 (0,36%) bo'lgan ikkita barqaror izotopdan tarkib topgan.

**Kimyoviy xossalari.** Azot molekulasi ikki atomdan iborat. Ular orasidagi bog'lanish o'lchovi juda qisqa — 0,109 nm. Uchlamchi bog'lanish va uning qisqaligi molekulaning puxtaligiga sabab bo'ladi (bog'lanish energiyasi 964 kJ/mol). Azotning odatdagi temperaturada reaksiyaga kam kirishuvchanligiga sabab ana shudir ($O_2$ va $Cl_2$ bilan taqqoslang).

Xona temperaturasida azot faqat litiy bilan bevosita birikadi:

$$6Li+N_2=2Li_3N$$
litiy nitrid

U boshqa metallar bilan faqat yuqori temperaturadagina reaksiyaga kirishib, nitridlar hosil qiladi. Masalan:

$3Ca+N_2=Ca_3N_2$; $2Al+N_2=2AlN$

kalsiy nitrid — aluminiy nitrid

Azot vodorod bilan yuqori bosim va temperaturada katalizator ishtirokida birikadi:

$$N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

Elektr yoyi temperaturasida (3000—4000 °C) azot kislorod bilan birikadi:

$$N_2+O_2 \rightleftarrows 2NO$$

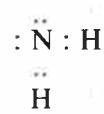
Azot atomining tashqi energetik pog'onasida 5 elektron borligi sababli azot —3 va +5, shuningdek, +4, +3, +2, +1, −1 va −2 oksidlanish darajalarini namoyon qiladi.

**Ishlatilishi.** Azot ammiak olish uchun ko'p miqdorda ishlatiladi. Undan inert muhit hosil qilish — cho'g'lanish elektr lampalarini va simobli termometrlarda bo'shliqlarni to'ldirish uchun va yonuvchi suyuqliklarni bosim bilan uzatib berishda foydalaniladi. Po'lat buyumlarning sirti azotlanadi, ya'ni ularning sirtiga yuqori temperaturada azot to'yintiriladi. Natijada sirt qatlamida temir nitridlari hosil bo'ladi, ular po'latga qattiqlik baxsh etadi. Bunday po'lat 5000 °C gacha qizdirilganda ham qattiqligini yo'qotmaydi.

Azot o'simlik va hayvonlar hayotida katta ahamiyatga ega, chunki u oqsil moddalar tarkibiga kiradi. Azot birikmalari mineral o'g'itlar, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda va sanoatning boshqa ko'pgina tarmoqlarida ishlatiladi.

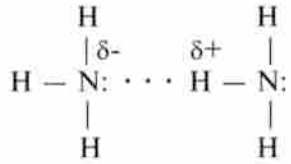
## 10.3- §. Ammiak

**Molekulasining tuzilishi.** Azot vodorod bilan bir necha xil birikma hosil qiladi, ulardan eng muhimi ammiakdir. Ammiak molekulasining elektron formulasi quyidagicha:



Ko'rinib turibdiki, azotdagi to'rtta elektronlar juftidan uchtasi umumiy (bog'lovchi) va bittasi bo'linmagan (bog'lovchi emas). $NH_3$ molekulasining tuzilishi ilgari (3.4-rasmga q.) ko'rib chiqilgan edi. U piramida shaklida bo'ladi. Kimyoviy bog'lanish qutbli: musbat

zaryad vodorod atomlarida, manfiy zaryad — azot atomida to'plangan. Shu tufayli ammiak molekulalari orasida vodorod bog'lanish hosil bo'ladi, buni shunday tasvirlash mumkin:

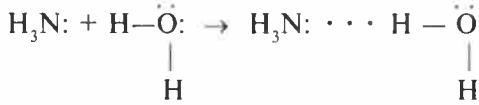


Vodorod bog'lanishlar borligi tufayli ammiakning suyuqlanish va qaynash temperaturasi nisbatan yuqori, bug'lanish issiqligi ham katta bo'ladi, u oson suyuqlikka aylanadi.

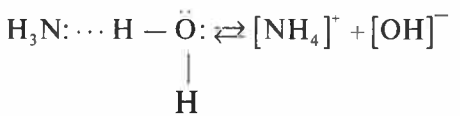
**Fizikaviy xossalari.** Ammiak — o'ziga xos o'tkir hidli rangsiz gaz, havodan deyarli ikki marta yengil. Bosim oshirilganda yoki ammiak sovitilganda u osonlik bilan rangsiz suyuqlikka aylanadi (qaynash temperaturasi — 33,4 °C). Ammiak suvda juda yaxshi eriydi (20 °C da 1 hajm suvda 700 hajm $NH_3$ eriydi).

Ammiakning suvdagi eritmasi *ammiakli suv* yoki *navshadil spirti* deyiladi. Qaynatilganda erigan ammiak eritmadan uchib chiqib ketadi.

**Kimyoviy xossalari.** Ammiakning suvda ko'p eruvchanligiga sabab uning molekulalari orasida vodorod bog'lanishlar hosil bo'lishidir:



Lekin ammiakning bunday gidratlari* bilan bir qatorda qisman ammoniy ionlari va gidroksid-ionlar ham hosil bo'ladi:



Gidroksid ionlar borligi sababli ammiakli suv kuchsiz ishqoriy muhitga ega bo'ladi. Gidroksid-ionlar $NH_4^+$ ionlari bilan o'zaro ta'sirlashganida yana vodorod bog'lanish bilan bog'langan $NH_3$ va $H_2O$ molekulalari hosil bo'ladi, ya'ni reaksiya teskari yo'nalishda

---

* *Gidratlar* — suvning moddalarga birikish mahsulotlaridir.

ketadi. Ammiakli suvda ammoniy ionlari va gidroksid-ionlar hosil bo'lishini ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$NH_3+H_2O \rightleftarrows NH_3 \cdot H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$$

Ammiakli suvda ammiakning eng ko'p qismi $NH_3$ molekulalari holida bo'ladi, muvozanat ammiak hosil bo'lish tomoniga siljigan, shu sababli bu suvdan ammiak hidi keladi. Shunga qaramay, ammiakning suvdagi eritmasini $NH_4OH$ formula * bilan ifodalash odat bo'lib qolgan va u ammoniy gidroksid deyiladi, ammiak eritmasining ishqoriy muhiti esa $NH_4OH$ molekulalarining dissotsilanish natijasi deb qaraladi:

$$NH_4OH = NH_4^+ + OH^-$$

Ammiakning suvdagi eritmasida gidroksid-ionlarning konsentratsiyasi kichik bo'lganligi sababli ammoniy gidroksid kuchsiz asoslar qatoriga kiritiladi.

Shunday qilib, ammiakning suv bilan o'zaro ta'sir reaksiyasida ammiak molekulasiga suvdan proton birikadi, natijada ammoniy kationi $NH_4^+$ va gidroksid — ion $OH^-$ hosil bo'ladi. Ammoniy kationida to'rtta kovalent bog'lanish bor, ulardan bittasi donor-akseptorli mexanizm bo'yicha hosil bo'lgan (3.1-§).

Ammiakning muhim kimyoviy xossasi uning kislotalar bilan o'zaro ta'sirlashib, ammoniy tuzlarini hosil qilishidir. Bu holda ammiak molekulasiga kislotaning vodorod ioni birikib, tuz tarkibiga kiradigan ammoniy ionini hosil qiladi:

$$NH_3+HCl=NH_4Cl;\ NH_3+H_3PO_4=NH_4H_2PO_4$$

Keltirilgan misollardan ammiak uchun protonlar biriktirib olish reaksiyalari xosdir, degan xulosa kelib chiqadi.

Ammiak kislorodda va oldindan qizdirilgan havoda yonib, azot hamda suv hosil qiladi:

$$4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$$

Katalizator (masalan, platina, xrom (III) oksid) ishtirokida reaksiya azot (II) oksid va suv hosil bo'lishi bilan boradi:

---

* Bunday modda mavjud bo'lmaganligi uchun uni odatga qarshi gidrat $NH_3 \cdot H_2O$ sifatida yoki to'g'ridan to'g'ri $NH_3$ holida (gidroksid-ionsiz) ifodalash mumkin.

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

Bu reaksiya *ammiakning katalitik oksidlanishi* deyiladi.

Ammiak — kuchli oksidlovchi. Qizdirilganda u mis (II) oksidni qaytaradi, o'zi esa erkin azotga qadar oksidlanadi:

$$3\overset{+2}{Cu}O+2\overset{-3}{N}H_3=3\overset{0}{Cu}+N_2^0+3H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} \overset{-3}{2N}-6\bar{e}=N_2 & 1 \\ \overset{+2}{Cu}+2\bar{e}=Cu & 2 \end{array}$$

Bu reaksiya yordamida laboratoriya sharoitida azot olish mumkin.

**Olinishi va ishlatilishi.** Laboratoriya sharoitida azot odatda ammoniy xlorid bilan so'ndirilgan ohak aralashmasini ohista qizdirish orqali olinadi:

$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=CaCl_2+2NH_3\uparrow+2H_2O$$

Bu reaksiya ammiak bilan suvning o'zaro ta'sir muvozanati gidroksid-ionlar qo'shilganda siljishiga asoslangan:

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftarrows NH_3\uparrow + H_2O$$

Sanoatda ammiak olishning asosiy usuli uni azot bilan vodoroddan sintez qilishdir. Reaksiya ekzotermik va qaytar:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3,\ \Delta H^\circ = -92{,}4\ \text{kJ}.$$

U faqat katalizator ishtirokida sodir bo'ladi; katalizator sifatida aktivatorlar — aluminiy, kaliy, kalsiy, kremniy (ba'zan magniy) oksidlari qo'shilgan g'ovak temir ishlatiladi. Boshlang'ich mahsulotlar quyidagicha: azot — suyuq havodan, vodorod — konversiya usuli bilan yoki suvdan olinadi (8.2-§ ga q.).

Ammiakning ko'p miqdori nitrat kislota, azotli tuzlar, mochevina, ammiakli usul bilan soda olishga sarflanadi. Ammiakni sovitish maqsadida qo'llanilishi uning suyuqlikka aylanishi va so'ngra issiqlik yutib bug'lanishiga asoslangan.

Suyuq ammiak va uning suvdagi eritmalari suyuq o'g'itlar sifatida ishlatiladi.

## 10.4- §. Ammiak ishlab chiqarishning kimyoviy asoslari

Oddiy moddalardan ammiak sintez qilish nazariyasi ancha murakkab. Bu yerda jarayonning kimyoviy muvozanatni siljitish prinsipiga asoslangan optimal sharoitlarigina ko'rsatib o'tiladi.

Bu reaksiya ekzotermik bo'lganligi uchun temperaturaning pasayishi muvozanatni ammiak hosil bo'lish tomoniga siljitadi. Lekin bunda reaksiyaning tezligi juda kamayib ketadi. Shu sababli ammiak sintezini 500—550 °C da katalizator ishtirokida olib borishga to'g'ri keladi. Katalizator to'g'ri reaksiyani ham, teskari reaksiyani ham bir xil darajada tezlashtirishi sababli temperaturaning ko'tarilishi muvozanatni boshlang'ich moddalar tomoniga siljitadi, bu esa sanoatda ammiak ishlab chiqarish uchun nomaqbuldir. Demak, muvozanatning siljish prinsiplariga muvofiq yuqori temperaturaning ta'siriga aks ta'sir ko'rsatish uchun bosimdan foydalanish zarur. Ammiak sintez qilish uchun 15 dan 100 MPa gacha bosim ishlatiladi. Qanday bosimda foydalanishiga qarab, sintetik ammiak ishlab chiqarishning uch xil usuli bor: past bosimli (10—15 MPa), o'rtacha bosimli (25—30 MPa) va yuqori bosimli (50—100 MPa) usul. Bulardan eng ko'p tarqalgani o'rtacha bosimli usuldir.

Zararli qo'shimchalar: vodorod sulfid, uglerod (II) oksid, suv va b. ammiak hosil bo'lish tezligiga salbiy ta'sir etadi. Ular katalizatorning aktivligini pasaytiradi. Shu sababli azot-vodorod aralashmasi qo'shimchalardan, ayniqsa, oltingugurtli birikmalardan yaxshilab tozalanadi.

Lekin, shunday sharoitlarda ham azot-vodorod aralashmasining faqat bir qismigina ammiakka aylanadi. Boshlang'ich moddalardan ancha to'liq foydalanish uchun hosil bo'lgan ammiak past temperatura ta'sirida suyuqlikka aylantiriladi, azot-vodorod aralashmasining reaksiyaga kirishmagan qismi qaytadan reaktorga yuboriladi.

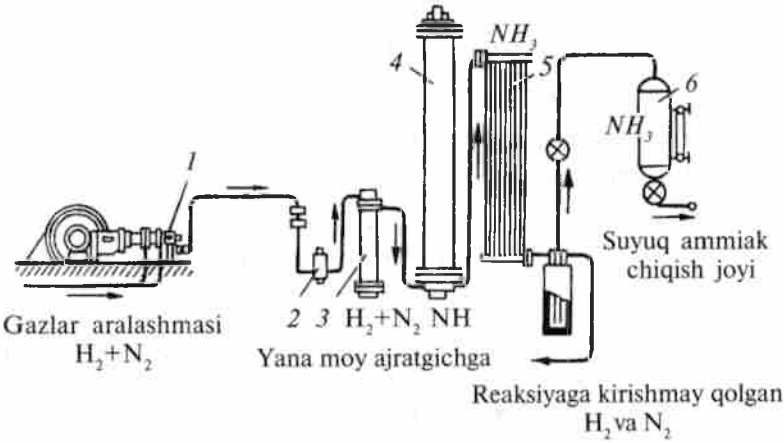
**Reaksiyaga kirishmagan moddalar reaksiya mahsulotlaridan ajratiladigan va yana foydalanish uchun qaytadan reaksion apparatga yuboriladigan texnologik jarayon *sirkulatsiya jarayoni* deyiladi.**

Bunday sirkulatsiya tufayli azot-vodorod aralashmasidan foydalanish darajasi 95% ga yetkaziladi.

Ammiak sintezi atmosfera azotini bog'lashning juda muhim usulidir.

Sintetik ammiak ishlab chiqarish sxemasi 10.3- rasmda ko'rsatilgan. 3 hajm vodorod va 1 hajm azot aralashmasi kompressor 1 bilan so'riladi va zaruriy bosimga qadar siqiladi. So'ngra azot-vodorod aralashmasi moy ajratgich *2* ga (moy zarrachalarini yo'qotish uchun) va qidirilgan ko'mir to'ldirilgan filtr *3* ga o'tadi. Tozalangan aralashma katalizatorli (aluminiy, kaliy, kalsiy, kremniy oksidlari qo'shilgan g'ovak temir) kontakt apparati *4* ga yuboriladi, bu yerda ammiak hosil bo'ladi:

$$3/2H_2+1/2N_2 \rightleftarrows NH_3 \qquad \Delta N^\circ=-46 \text{ kJ/mol}$$




**10.3-rasm.** Sintetik ammiak ishlab chiqarish sxemasi.

Barcha sistema ishga tushirilishidan oldin kontakt apparati 400—500 °C ga qadar qizdiriladi, shundan keyin harorat sistemada reaksiyada ajralib chiqadigan issiqlik hisobiga saqlab turiladi. Ammiak hosil bo'lish jarayoni qaytar bo'lganligi sababli kontakt apparatidan chiqayotgan gaz aralashmasi tarkibida faqat 20—30% ammiak bo'ladi. Bu aralashma trubali sovitgich *5* ga yuboriladi, bu yerda ammiak bosim ostida suyuqlikka aylanadi. Reaksiyaga kirishmay qolgan azot bilan vodorod sirkulatsiya nasosi yordamida yana kontakt apparati *4* ga yuboriladi, suyuq ammiak esa yig'gich *6* da to'planadi.

## 10.5- §. Ammoniy tuzlari

**Ammoniy tuzlari va ularning xossalari.** Ammoniy tuzlari ammoniy kationi bilan kislota anionidan tarkib topgan. Ular tuzilishi jihatdan bir zaryadli metallar ionlarining tegishli tuzlariga o'xshaydi.

Ammoniy tuzlari ammiakni yoki uning suvdagi eritmalarini kislotalar bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi

Masalan:

$$NH_3+HNO_3=NH_4NO_3$$

$$NH_3\cdot H_2O+HNO_3=NH_4NO_3+H_2O$$

yoki ionli shaklda:

$$NH_3+H^+=NH_4^+$$

$$NH_3+H_2O+H^+=NH_4^++H_2O$$

Ular tuzlarning umumiy xossalarini namoyon qiladi, ya'ni ishqorlar, kislotalar va boshqa tuzlarning eritmalari bilan reaksiyaga kirishadi:

$$NH_4Cl+NaOH=NaCl+H_2O+NH_3\uparrow$$
$$2NH_4Cl(k)+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4+2HCl\uparrow$$
$$(NH_4)_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4\downarrow+2NH_4Cl$$

Ammoniy tuzlarining hammasi qizdirilganda parchalanadi yoki haydaladi, masalan:

$$(NH_4)_2CO_3=2NH_3\uparrow+H_2O+CO_2\uparrow$$
$$NH_4NO_3=N_2\uparrow+2H_2O$$
$$NH_4Cl\rightleftarrows NH_3\uparrow+HCl\uparrow$$

Ammoniy tuzlari suvda yaxshi eriydi. Ular suvdagi eritmalarida gidrolizga uchraydi. Shu sababli kuchli kislotalar ammoniyli tuzlarining eritmalari kislotali muhitga ega bo'ladi:

$$NH_4^+ +H_2O\rightleftarrows NH_3+H_3O^+$$

**Ammoniy ioniga sifat reaksiya.** Ammoniy tuzlarining juda muhim xossasi ularning ishqorlarning eritmalari bilan o'zaro ta'sir etishidir. Shu reaksiya yordamida ammoniy tuzlari (ammoniy ioni) ajralib chiqayotgan ammiakning hidiga yoki nam qizil lakmus qog'ozning ko'karishiga qarab bilib olinadi:

$$NH_4^+ +OH^-\rightleftarrows NH_3\uparrow+H_2O$$

Reaksiyani o'tkazish uchun tekshirilayotgan tuzli yoki eritmali probirkaga ishqor eritmasidan solinadi va aralashma ohista qizdiriladi. Ammoniy ioni bor bo'lsa, ammiak ajralib chiqadi.

## 10.6-§. Azot oksidlari

Azot kislorodli olti xil birikma hosil qiladi, ularda +1 dan +5 gacha oksidlanish darajasini namoyon qiladi:

$\overset{+1}{N_2}O$, $\overset{+2}{N}O$, $\overset{+3}{N_2}O_3$, $\overset{+4}{N}O_2$, $\overset{+4}{N_2}O_4$, $\overset{+5}{N_2}O_5$. Azot kislorod bilan bevosita birikkanida faqat azot (II) oksid NO hosil bo'ladi, boshqa oksidlari bilvosita yo'l bilan olinadi. $N_2O$ bilan NO — tuz hosil qilmaydigan oksidlar, qolganlari tuz hosil qiluvchi oksidlar. Azot oksidlar orasida eng katta ahamiyatga ega bo'lganlari azot (II) oksid bilan azot (IV) oksid — ular nitrat kislota ishlab chiqarishda oraliq mahsulotlar hisoblanadi.

Azot (II) oksid NO — rangsiz gaz, suvda yaxshi erimaydi (uni silindrda suv ustiga yig'ish mumkin). Azot (II) oksidning

ajoyib xossasi bor: havo kislorodi bilan bevosita birikib, qo'ng'ir gaz—azot (IV) oksid hosil qiladi:

$$2NO+O_2=2NO_2$$

Laboratoriya sharoitida azot (II) oksid suyultirilgan nitrat kislota bilan misni o'zaro ta'sir ettirib olinadi:

$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$$

$$\begin{array}{rl} Cu-2\bar{e}=Cu^{2+} & \Big| \ 3 \\ \overset{+5}{N}+3\bar{e}=N^{+2} & \Big| \ 2 \end{array}$$

Azot (II) oksid ammiakni havo kislorodi bilan platina katalizator ishtirokida oksidlanish (10.3-§ ga q.) orqali ham olinadi. U havoda, momaqaldiroq vaqtida, elektr zaryadlar ta'sirida doimo hosil bo'lib turadi.

Azot (IV) oksid $NO_2$ — o'ziga xos hidli qo'ng'ir gaz, havodan og'irroq, zaharli, nafas yo'llarini yallig'lantiradi. Laboratoriya sharoitida $NO_2$ konsentrlangan nitrat kislota bilan misni o'zaro ta'sir ettirib olinadi:

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$$

$$\begin{array}{rl} Cu-2\bar{e}=Cu^{2+} & \Big| \ 1 \\ \overset{+5}{N}+\bar{e}=N^{+4} & \Big| \ 2 \end{array}$$

yoki qo'rg'oshin nitrat kristallari qizdirilganda hosil bo'ladi:

$$2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2\uparrow+O_2\uparrow$$

Yuqorida aytib o'tilganidek, azot (II) oksid kislorod bilan birikkanda ham azot (IV) oksid hosil bo'ladi.

Azot (IV) oksid *dimerlanadi* va rangsiz suyuqlik — azot (VI) oksid dimerini hosil qiladi:

$$2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$$

Reaksiya qaytar — 11 °C da muvozanat $N_2O_4$ hosil bo'lish ($NO_2$ ning dimerlanishi) tomoniga, 140 °C da — $NO_2$ hosil bo'lish ($N_2O_4$ ning termik dissotsilanishi) tomoniga to'liq siljigan bo'ladi. Oraliq temperaturalarda $NO_2$ bilan $N_2O_4$ orasida muvozanat holati mavjud bo'ladi.

**Bir xil molekulalarning o'zaro birikib, ancha yirik molekulalar hosil qilish jarayoni *polimerlanish* deyiladi.**

Ushbu holda dimerlanish sodir bo'ldi — ikkita $NO_2$ molekulasidan ancha yirik molekula — $N_2O_4$ hosil bo'ldi. Polimerlanish jarayoni organik kimyoda juda katta rol o'ynaydi (16.7-§ ga q.).

Azot (IV) oksid suv bilan o'zaro ta'sir ettirilganda nitrat va nitrit kislotalar hosil bo'ladi:

$$2\overset{+4}{N}O_2 + H_2O = H\overset{+5}{N}O_3 + H\overset{+3}{N}O_2$$

$$\overset{+4}{N} - \bar{e} = \overset{+5}{N} \quad | \quad 1$$

$$\overset{+4}{N} + \bar{e} = \overset{+3}{N} \quad | \quad 1$$

$$2\overset{+4}{N} = \overset{+5}{N} + \overset{+3}{N}$$

$HNO_2$ unchalik barqaror emas, ayniqsa, qizdirilganda tez parchalanib ketadi. Shu sababli, $NO_2$ issiq suvda eritilganda nitrat kislota va azot (II) oksid hosil bo'ladi:

$$3\overset{+4}{N}O_2 + H_2O = 2H\overset{+5}{N}O_3 + \overset{+2}{N}O$$

$$\overset{+4}{N} - \bar{e} = \overset{+5}{N} \quad | \quad 2$$

$$\overset{+4}{N} + 2\bar{e} = \overset{+2}{N} \quad | \quad 1$$

$$3\overset{+4}{N} = 2\overset{+5}{N} + \overset{+2}{N}$$

Kislorod mo'l bo'lganda faqat nitrat kislota hosil bo'ladi:

$$4\overset{+4}{N}O_2 + 2H_2O + O_2^0 = 4\overset{+3}{H}\overset{-2}{N}O_3$$

$$\overset{+4}{N} - \bar{e} = \overset{+5}{N} \quad | \quad 4$$

$$O_2^0 + 4\bar{e} = 2\overset{-2}{O} \quad | \quad 1$$

$$4\overset{+4}{N} + \overset{0}{O_2} = 4\overset{+5}{N} + 2\overset{-2}{O}$$

Azot (IV) oksid — kuchli oksidlovchi: ko'mir, fosfor, oltingugurt unda yonadi, oltingugurt (IV) oksid esa oltingugurt (VI) oksidga qadar oksidlanadi.

## 10.7- §. Nitrat kislota

**Olinishi.** Laboratoriya sharoitida nitrat kislota uning tuzlariga konsentrlangan sulfat kislota ta'sir ettirib olinadi:

$$KNO_3+H_2SO_4=HNO_3+KHSO_4$$

Reaksiya ohista qizdirilganda sodir bo'ladi (kuchli qizdirilganda $HNO_3$ parchalanib ketadi).

Sanoatda nitrat kislota ammiakni katalitik oksidlash yo'li bilan olinadi, ammiak esa, o'z navbatida, vodorod bilan havo azotini biriktirishdan hosil qilinadi. Sanoatda ammiakni oksidlab nitrat kislotaga aylantirishni muhandis-kimyogar I.I.Andreyev kashf etgan. U ammiakni havo kislorod bilan oksidlanishda katalizator — platina to'r ishlatishni taklif etdi.

Nitrat kislota olishning umumiy jarayonini uch bosqichga bo'lish mumkin:

1) ammiakni platina katalizatorda NO ga qadar oksidlash:

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

2) NO ni havo kislorodi ta'sirida $NO_2$ ga qadar oksidlash:

$$2NO+O_2=2NO_2$$

3) $NO_2$ ni mo'l kislorod ishtirokida suvga yuttirish:

$$4NO_2+2H_2O+O_2=4HNO_3$$

Boshlang'ich moddalar — ammiak bilan havo katalizatorni zaharlaydigan zaharli qo'shimchalardan (vodorod sulfid, chang, moy va sh. k.) yaxshilab tozalanadi.

Hosil bo'ladigan kislota suyultirilgan (40—60% li) bo'ladi. Konsentrlangan nitrat kislota (96—98% li) suyultirilgan kislota bilan konsentrlangan sulfat kislota aralashmasini haydash orqali olinadi. Bunda faqat nitrat kislota bug'lanadi.

Suyultirilgan nitrat kislota xromli po'latdan yasalgan idishlarda, konsentrlangani — aluminiy idishda saqlanadi va tashiladi. Uning ozroq miqdori shisha idishlarda saqlanadi.

**Fizik xossalari.** Nitrat kislota — o'tkir hidli, rangsiz suyuqlik. Juda gigroskopik, havoda «tutaydi», chunki uning bug'lari havodagi namlik bilan tuman tomchilarini hosil qiladi. Suv bilan istalgan nisbatda aralashadi, 86 °C da qaynaydi.

**Kimyoviy xossalari.** Nitrat kislotaning tuzilish formulalari va ularning izohi 3.10-§ da berilgan.

$HNO_3$ da azotning valentligi to'rtga, oksidlanish darajasi +5 ga, azotning koordinatsion soni 3 ga teng.

Suyultirilgan nitrat kislota kislotalarning barcha xossalarini namoyon qiladi. U kuchli kislotalar qatoriga kiradi. Suvdagi eritmalarda dissotsilanadi:

$$HNO_3=H^++NO^-_3$$

Issiqlik ta'sirida va yorug'da qisman parchalanadi:

$$4HNO_3=4NO_2+2H_2O+O_2$$

Shuning uchun u sovuq joyda va qorong'ida saqlanadi.

Nitrat kislotaning juda muhim xossasi shundan iboratki, u kuchli oksidlovchi hisoblanadi va deyarli barcha metallar bilan reaksiyaga kirishadi (10.8-§ ga q.).

**Ishlatilishi.** Nitrat kislota — asosiy kimyo sanoatining eng muhim mahsulotlaridan biridir. Uning ko'p miqdori azotli o'g'itlar, portlovchi moddalar, dori-darmonlar, bo'yoqlar, plastmassalar, sun'iy tola va boshqa materiallar tayyorlashga sarflanadi. Tutovchi nitrat kislota raketa texnikasida raketa yoqilg'isini oksidlovchi sifatida ishlatiladi.

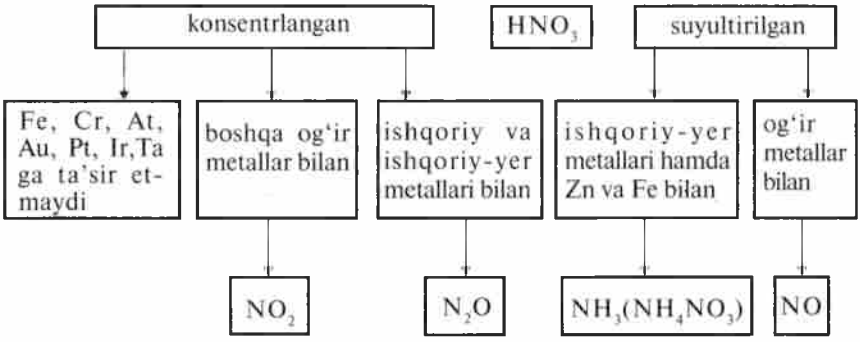
## 10.8- §. Nitrat kislotaning metallar va metallmaslar bilan o'zaro ta'siri

Nitrat kislota metallar bilan o'zaro ta'sirlashganda odatda vodorod ajralib chiqmaydi: u oksidlanib, suv hosil qiladi. Kislota esa konsentratsiyasiga va metallning aktivligiga qarab, quyidagi birikmalarga qadar qaytarilishi mumkin:

$$\overset{+5}{H}\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+4}{N}O_2 \rightarrow \overset{+3}{H}\overset{+3}{N}O_2 \rightarrow \overset{+2}{N}O \rightarrow \overset{+1}{N}_2O \rightarrow N_2 \rightarrow \overset{-3}{N}H_3\,(\overset{-3}{N}H_4NO_3)$$

Nitrat kislotaning tuzi ham hosil bo'ladi.

Quyidagi sxemada konsentratsiyasi har xil bo'lgan nitrat kislotaning aktivligi turlicha bo'lgan metallar bilan o'zaro ta'siri va uning qaytarilish mahsulotlari ko'rsatilgan:



Misol tariqasida konsentrlangan va suyultirilgan nitrat kislota kumush bilan qanday reaksiyaga kirishishini ko'rib chiqamiz.

Sxemaga muvofiq konsentrlangan nitrat kislota og'ir metallar bilan reaksiyaga kirishganida $NO_2$ ga qadar qaytarilishi kerak: bundan tashqari, $H_2O$ va tuz $AgNO_3$ hosil bo'ladi. Reaksiyaning sxemasini yozamiz:

$$Ag + H\overset{+5}{N}O_3\ (kons.) \rightarrow \overset{+1}{Ag}NO_3 + \overset{+4}{N}O_2 + H_2O$$

Tenglamada koeffitsiyentlarni elektronlar balansi usuli bilan topamiz:

$$\begin{array}{l|l} Ag - \bar{e} = \overset{+5}{Ag} & 1 \\ \overset{+5}{N} + \bar{e} = \overset{+4}{N} & 1 \end{array}$$

$$Ag + 2HNO_3\ (kons.) = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$$

Suyultirilgan nitrat kislota kumush (og'ir metall) bilan o'zaro ta'sir ettirilganda NO ga qadar qaytariladi va suv hamda tuz $AgNO_3$ hosil bo'ladi:

$$3\overset{0}{Ag} + 4H\overset{+5}{N}O_3\ (suyult.) = 3\overset{+1}{Ag}NO_3 + \overset{+2}{N}O + 2H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} Ag - \bar{e} = \overset{+1}{Ag} & 3 \\ \overset{+5}{N} + 3\bar{e} = \overset{+2}{N} & 1 \end{array}$$

Yana bir misol: ancha aktiv metall bo'lgan rux nitrat kislotani konsentratsiyasiga qarab azot (I) oksid $N_2O$, erkin azot $N_2$ va hatto ammiakka $NH_3$ qadar qaytarilishi mumkin; ammiak nitrat kislotaning ortiqchasi bilan ammoniy nitrat $NH_4NO_3$ hosil qiladi. Bu reaksiyaning tenglamasini quyidagicha yozish kerak:

$$4Zn + 10HNO_3\ (juda\ suyult.) = 4\overset{+2}{Zn}(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} Zn - 2\bar{e} = \overset{+2}{Zn} & 4 \\ \overset{+5}{N} + 8\bar{e} = \overset{-3}{N} & 1 \end{array}$$

Shuni nazarda tutish kerakki, konsentrlangan nitrat kislota odatdagi temperaturada aluminiy, xrom va temir bilan reaksiyaga kirishmaydi. U bu metallarni passiv holga o'tkazadi (12.7-§ ga q.).

Nitrat kislota Pt, Rh, Ir, Ta, Au bilan reaksiyaga kirishmaydi. Platina bilan oltin „zar suvi"da — 3 hajm konsentrlangan xlorid kislota bilan 1 hajm konsentrlangan nitrat kislota aralashmasida eriydi.

Nitrat kislota ko'pchilik metallmaslar bilan reaksiyaga kirishib, ularni tegishli kislotalarga qadar oksidlaydi. Masalan:

$$S^0 + 2HNO_3 = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2NO$$

$$3P^0 + 5HNO_3 + 2H_2O = 3H_3\overset{+5}{P}O_4 + 5NO$$

$$B^0 + 3HNO_3 = H_3\overset{+3}{B}O_3 + 3NO_2$$

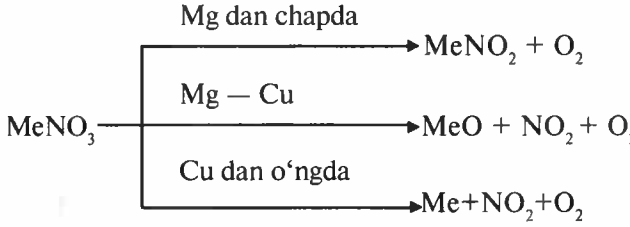
$$C^0 + 4HNO_3 = \overset{+4}{C}O_2 + 2H_2O + 4NO_2$$

U organik birikmalar bilan ham reaksiyaga kirishadi. Organik birikmalarni nitrolash yo'li bilan portlovchi moddalar, organik bo'yoqlar, dori-darmonlar olinadi.

## 10.9-§. Nitrat kislotaning tuzlari

Bir asosli nitrat kislota faqat o'rta tuzlar hosil qiladi, ular *nitratlar* deyiladi. Bu tuzlar kislotani metallarga, ularning oksidlariga va gidroksidlariga ta'sir ettirilganda hosil bo'ladi. Natriy, kaliy, ammoniy va kalsiy nitratlari *selitralar* deyiladi: $NaNO_3$ — natriyli selitra, $KNO_3$ — kaliyli selitra, $NH_4NO_3$ — ammoniyli selitra, $Ca(NO_3)_2$ — kalsiyli selitra. Selitralardan asosan azotli mineral o'g'itlar sifatida foydalaniladi. Bundan tashqari, $KNO_3$ qora porox (75% $KNO_3$, 15%C va 10% S aralashmasi) tayyorlash uchun ishlatiladi. $NH_4NO_3$, aluminiy kukuni va ko'mirdan portlovchi modda — ammonal tayyorlanadi.

Nitrat kislotaning tuzlari qizdirilganda parchalanadi, bunda qanday mahsulotlar hosil bo'lishi tuz hosil qiluvchi metallning standart elektrod potensiallar qatorida joylashgan o'rniga bog'liq:




ya'ni standart elektrod potensiallar qatorida Mg dan chaproqda joylashgan metallarning tuzlari parchalanganda nitridlar bilan kislorod hosil qiladi; Mg dan Cu gacha bo'lgan metallarning tuzlari parchalanganda metall oksidi, $NO_2$ va kislorod hosil qiladi; Cu

dan keyinda joylashgan metallarning tuzlari parchalanganda erkin metall, $NO_2$ va kislorod hosil qiladi. Qizdirilganda parchalanishi (termoliz) — nitrat kislota tuzlarining muhim xossasidir.

Nitrat kislota tuzlarining ko'pchiligi suvda eriydi.

## 10.10- §. Fosfor

**Fosfor** — azotning analogi, chunki uning valent elektronlarining elektron konfiguratsiyasi azotniki kabidir: $s^2p^2$. Lekin azot atomiga nisbatan fosfor atomining ionlanish energiyasi kam va radiusi katta bo'ladi (10.1-jadvalning 3-p. va 6-p ga q.). Bu fosforga metallmaslik alomatlari azotdagiga qaraganda kuchsizroq ifodalangan, degan ma'noni bildiradi. Shu sababli fosforda — oksidlanish darajasi kam, — 5 ko'proq uchraydi. Boshqa oksidlanish darajalari ham fosfor uchun xos emas (10.1-jadvalning 5-p. ga q.).

**Tabiatda uchrashi.** Fosforning yer po'stlog'idagi umumiy miqdori 0,08% ni tashkil etadi. Fosfor tabiatda faqat birikmalar holida uchraydi: ulardan eng muhimi — kalsiy fosfat — apatit mineralidir. Apatitning juda ko'p turlari ma'lum, ulardan eng ko'p tarqalgani ftorapatit $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$. Cho'kindi tog' jinslari — fosforitlar apatitning turlaridan tarkib topgan. Fosfor oqsil moddalar tarkibida turli xil birikmalar holida bo'ladi. Miya to'qimalarida fosforning miqdori 0,38%, muskullarda — 0,27% bo'ladi.

Dunyoda apatitlarning eng boy qatlamlari Kola yarimorolida Kirov shahri yaqinida joylashgan. Fosforitlar Uralda, Volga bo'yida, Sibirda, Qozog'istonda, Estoniyada, Belorussiyada va boshqa joylarda keng tarqalgan. Shimoliy Afrikada, Suriya va Amerikada fosforitlarning katta konlari bor.

Fosfor o'simliklarning hayoti uchun zarur. Shuning uchun tuproqda yetarli miqdorda fosfor birikmalari doimo bo'lishi zarur.

**Fizik xossalari.** Fosfor elementida metallmaslikning azotga nisbatan kam ekanligi uning oddiy moddalari xossalarida ko'rinadi. Masalan, fosfor azotdan farq qilib, bir necha allotropik shakl o'zgarishlar hosil qiladi: oq fosfor, qizil fosfor, qora fosfor va b.

Oq fosfor — rangsiz va juda zaharli modda. Fosfor bug'larini kondensatsiyalash yo'li bilan olinadi. Suvda erimaydi, lekin uglerod sulfidda yaxshi eriydi. Uzoq vaqt ohista qizdirilganda oq fosfor qizil fosforga aylanadi. Qizil fosfor — qizil-qo'ng'ir rangli kukun, zaharli emas. Suvda va uglerod sulfidda erimaydi. Qizil fosfor bir necha

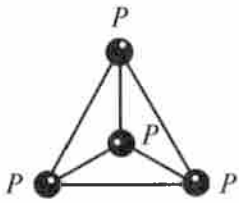
allotropik shakl o'zgarishlar aralashmasidan iboratligi aniqlangan, ular bir-biridan rangi (to'q qizildan gunafsha ranggacha) va boshqa ba'zi xossalari bilan farq qiladi. Qizil fosforning xossalari ko'p jihatdan uning olinish sharoitlariga bog'liq.

Qora fosfor — tashqi ko'rinishidan grafitga o'xshaydi, ushlab ko'rilganda yog'lidek tuyuladi, yarimo'tkazgich xossalari bor. Oq fosforni juda katta bosim ostida uzoq vaqt qizdirish (200 °C va 1200 MPa dan) orqali olinadi.

Qizil va qora fosfor qattiq qizdirilganda haydaladi.

Tabiiy fosfor bitta barqaror izotop $^{31}_{15}P$ dan tarkib topgan. Sun'iy radioaktiv izotopi $^{32}_{15}P$ (yarimyemirilish davri —14,3 kun) keng ko'lamda ishlatiladi.

Fosforning allotropik shakl o'zgarishlarining xossalari ularning tuzilishi bilan tushuntiriladi. Oq fosforning tuzilishi ancha mufassal o'rganilgan. Uning molekular kristall panjarasi bor. Uning molekulalari to'rt atomli ($P_4$ — tetrafosfor) bo'lib, uch qirrali muntazam piramida shaklida.




Fosforning har qaysi atomi piramidaning uchlaridan birida bo'lib, boshqa uchta atom bilan uchta σ — bog'lanish orqali bog'langan. Molekular panjarali barcha moddalar singari oq fosfor ham oson suyuqlanadi va uchuvchan bo'ladi. U organik erituvchilarda yaxshi eriydi.

Oq fosfordan farq qilib, qizil va qora fosforlar atomli kristall panjarali bo'ladi. Shu sababli ular deyarli barcha erituvchilarda erimaydi, uchuvchan emas va ilgari ta'kidlab o'tilganidek, zaharli emas.

**Kimyoviy xossalari.** Kimyoviy xossalari jihatidan oq fosfor qizil fosfordan katta farq qiladi. Masalan, oq fosfor havoda oson oksidlanadi va o'z-o'zidan alangalanib ketadi, shu sababli u suv ostida saqlanadi. Qizil fosfor havoda alangalanib ketmaydi, lekin 240 °C dan yuqori darajada qizdirilganda alangalanadi. Oq fosfor oksidlanganida qorong'ida shu'lalanadi — kimyoviy energiya bevosita yorug'lik energiyasiga aylanadi.

Fosfor suyuq va erigan holatda, shuningdek, 800 °C dan past haroratdagi bug'larida $P_4$ molekulalaridan iborat bo'ladi. 800 °C dan yuqori darajada qizdirilganda molekulalar dissotsilanadi: $P_4=2P_2+P_2$ molekulalar 2000 °C dan yuqori haroratda atomlarga ajraladi: $P_2=2P$. Fosfor atomlari $P_2$, $P_4$ molekulalar va polimer

moddalar hosil qilib birlashishi mumkin. Ravshanki, atomlari o'zaro uchta σ - bog'lanish orqali bog'langan $P_4$ molekulalar atomlari o'zaro bitta σ -va ikkita π -bog'lanish orqali bog'langan $P_2$ molekulalarga qaraganda puxtaroq bo'ladi. $P_2$ molekula odatdagi temperaturadayoq beqarordir (shu sharoitda $N_2$ ning barqarorligini atomning o'lchamini ancha kichikligi bilan izohlash kerak. 10.1-jadvalning 6-p. ga q.).

Fosfor ko'pchilik oddiy moddalar — kislorod, galogenlar, oltingugurt va ba'zi metallar bilan birikadi, bunda oksidlash va qaytarish xossalarini namoyon qiladi. Masalan:

$$2P+3S=P_2S_3 \qquad 2P+3Ca=Ca_3P_2$$

$$\overset{0}{P}-3\bar{e}=\overset{+3}{P} \mid 2 \qquad Ca-2\bar{e}=\overset{2+}{Ca} \mid 3$$

$$S+2\bar{e}=\overset{-2}{S} \mid 3 \qquad P+2\bar{e}=\overset{-2}{S} \mid 2$$

Bu reaksiyalar qizil fosforga qaraganda oq fosfor bilan oson boradi.

Fosforning metallar bilan hosil qilgan birikmalari *fosforidlar* deyiladi: ular suv ta'sirida oson parchalanib, fosforin $PH_3$ — sarimsoq hidi keladigan juda zaharli moddani hosil qiladi:

$$Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3\uparrow$$

$NH_3$ kabi fosforin ham biriktirib olish reaksiyalariga kirishadi:

$$PH_3+HI=PH_4I$$

**Olinishi va ishlatilishi.** Fosfor apatitlar yoki fosforitlardan olinadi. Buning uchun ular ko'mir (koks) va qum bilan aralashtiriladi hamda elektr pechda 1500 °C da qizdiriladi:

$$3Ca_3(\overset{+5}{P}O_4)_2+10\overset{0}{C}+6SiO_2=6CaSiO_3+\overset{0}{P_4}+10\overset{+2}{C}O$$

$$\overset{+5}{P}+20\bar{e}=P_4 \mid 1$$

$$\overset{0}{C}+2\bar{e}=C^{+2} \mid 10$$

Bu reaksiyada fosfor bug'lari quyuqlashadi va suvli yig'gichda tutib qolinadi.

Qizil fosfor gugurt ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Qizil fosfor, surma (III) sulfid, temir surigi (kvars aralashgan tabiiy temir (III) oksid) va yelimdan aralashma tayyorlanadi, bu

aralashma gugurt qutisining yon sirtlariga surtiladi. Gugurt kallagi asosan bertolle tuzi, maydalangan shisha, oltingugurt va yelimdan tarkib topgan bo'ladi. Gugurt kallagi gugurt qutisining yon sirtiga ishqalanganda qizil fosfor alangalanadi, kallak tarkibini o't oldiradi, undan esa cho'p yonadi.

Oq fosfor ko'p ishlatilmaydi. Undan odatda tutun pardalar hosil qilishda foydalaniladi. Qora fosfor juda kamdan kam hollarda ishlatiladi.

## 10.11- §. Fosfor oksidlari va fosfat kislotalar

**Fosfor oksidlari.** Fosfor bir nechta oksidlar hosil qiladi. Ulardan eng muhimlari $P_4O_6$ va $P_4O_{10}$. Ko'pincha ularning formulalari soddalashtirilgan holda $P_2O_3$ va $P_2O_5$ tarzida yoziladi (oldingi oksidlarning indekslari 2 ga bo'lingan).

Fosfor (III) oksid $P_4O_6$ — mumsimon kristall massa, 22,5 °C da suyuqlanadi. Fosforni kislorod yetishmaydigan sharoitda yondirish yo'li bilan olinadi. Kuchli qaytaruvchi. Juda zaharli.

Fosfor (V) oksid $P_4O_{10}$ — oq gigroskopik kukun. Fosforni mo'l havo yoki kislorodda yondirish orqali olinadi. U suv bilan juda shiddatli birikadi, shuningdek, boshqa birikmalardan ham suvni tortib oladi. Gazlar va suyuqliklarni qurituvchi sifatida ishlatiladi.

**Fosforning oksidlari va barcha kislorodli birikmalari azotning xuddi shunday birikmalariga qaraganda ancha mustahkamroqdir, bunga sabab azotga nisbatan fosforda metallmaslik xossalarining susayganligidir.**

**Fosfat kislotalar.** Fosfor (V) oksid $P_4O_{10}$ suv bilan o'zaro ta'sirlashib, trimetafosfat kislotani $H_3(PO_3)_3$ hosil qiladi (uning formulasi soddalashtirilgan holda $HPO_3$ sifatida yoziladi); bu kislota mo'l suv bilan qaynatilganda fosfat kislota $H_3PO_4$ ni hosil qiladi; $H_3PO_4$ qizdirilganda difosfat kislota $H_4P_2O_7$ hosil bo'ladi:

$$3P_4O_{10}+6H_2O=4H_3(PO_3)_3$$
$$H_3(PO_3)_3+3H_2O=3H_3PO_4$$
$$2H_3PO_4=H_4P_2O_7+H_2O$$

Bulardan amalda eng katta ahamiyatga ega bo'lgani fosfat kislota, chunki uning tuzlari — fosfatlardan o'g'itlar sifatida foydalaniladi.

Fosfat kislota — oq qattiq modda. Suv bilan istalgan nisbatda

aralashadi. U nitrat kislotadan farq qilib, oksidlovchi emas va qizdirilganda parchalanmaydi; bunga sabab shuki, fosfor uchun xos bo'lgan barcha oksidlanish darajalari orasida +5 oksidlanish darajasi eng barqarordir. Sanoatda fosfat kislota ikki usul: ekstraksiya va termik usul bilan olinadi.

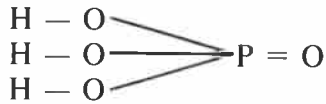
Birinchi usulga ko'ra maydalangan kalsiy fosfatga sulfat kislota bilan ishlov beriladi:

$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=2H_3PO_4+3CaSO_4\downarrow$$

$CaSO_4$ cho'kma holida tushadi, kislota esa eritmada qoladi. Kislota bilan birga eritmaga ko'pchilik qo'shimchalar — temir, aluminiy sulfatlari va b. ham o'tadi. Bunday kislota o'g'itlar ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Ikkinchi usulga ko'ra dastlab (tabiiy fosforni elektr pechda qaytarish yo'li bilan) fosfor olinadi. So'ngra uni $P_4O_{10}$ oksidga qadar oksidlanadi va bu oksidni suv bilan biriktirib, sof kislota (konsentratsiyasi 80% gacha) olinadi.

**Fosfat kislotaning tuzlari**. Fosfat kislota molekulasida vodorod atomlari kislorod bilan bog'langan:




Suvdagi eritmada fosfat kislota bosqich bilan dissotsilanadi. U uch asosli kislota bo'lgani uchun uch xil tuz — fosfatlar hosil qiladi:

1) fosfatlar — fosfat kislotadagi vodorodning hamma atomlari o'rnini boshqa atomlar olgan, masalan, $K_3PO_4$ — kaliy fosfat, $(NH_4)_3PO_4$ — ammoniy fosfat;

2) gidrofosfatlar — kislotadagi ikki vodorod atomining o'rnini boshqa atomlar olgan, masalan, $K_2HPO_4$ — kaliy gidrofosfat, $(NH_4)_2HPO_4$ — ammoniy gidrofosfat;

3) digidrofosfatlar — kislotadagi bitta vodorod atomining o'rnini boshqa atom olgan, masalan, $KH_2PO_4$ — kaliy digidrofosfat, $NH_4H_2PO_4$ — ammoniy digidrofosfat.

Ishqoriy metallarning va ammoniyning barcha fosfatlari suvda eriydi. Fosfat kislotaning kalsiy tuzlaridan suvda faqat kalsiy digidrofosfat $Ca(H_2PO_4)_2$ eriydi. Kalsiy gidrofosfat $CaHPO_4$ va

kalsiy fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ organik kislotalarda eriydi (organik kislotalar podzol va torfli tuproqlarda bo'ladi).

## 10.12- §. Mineral o'g'itlar

Tarkibida o'simliklar uchun zaruriy oziq elementlari bo'ladigan moddalar, asosan, tuzlar *mineral o'g'itlar* deyiladi. Ular yuqori va barqaror hosil olish maqsadida tuproq unumdorligini oshirish uchun tuproqqa qo'shiladi.

**Makro- va mikroo'g'itlar.** O'simliklarning o'sib rivojlanishi uchun zarur bo'lgan asosiy kimyoviy elementlar quyidagilardir (ular o'nta): C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, Fe, S. O'simliklarning mineral oziqlanishi uchun zaruriy elementlardan N, P, K va ba'zi boshqalari o'simliklarga ko'p miqdorlarda kerak bo'ladi. Shu sababli ular *makroelementlar* deyiladi, tarkibida shu elementlar bor o'g'itlar *makroo'g'itlar* yoki odatdagi o'g'itlar deyiladi.

Lekin tirik organizmlarga yuqorida aytib o'tilgan 10 element bilan birga, juda oz miqdorlarda (mikromiqdorlarda) B, Cu, Co, Mn, Zn, Mo, I kabi kimyoviy elementlar ham zarur. Ular *mikroelementlar*, tarkibida shunday elementlar bor o'g'itlar esa — *mikroo'g'itlar* deyiladi. Hozir mikroo'g'itlarsiz — dalalarning vitaminlarisiz ish yuritib bo'lmaydi, chunki ulardan foydalanish qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida qo'shimcha imkoniyatlar yaratadi.

**O'g'itlarning klassifikatsiyasi.** Mineral o'g'itlar oddiy (bir tomonlama ta'sir etadigan) va kompleks (murakkab va aralash) o'g'itlarga bo'linadi.

Oddiy o'g'itlar tarkibida bitta oziq elementi bo'ladi. Masalan, natriyli selitra tarkibida azot, kaliy xlorid tarkibida kaliy bor va h.k.

Murakkab o'g'itlarning bir xil zarrachalari tarkibida ikkita va undan ko'p oziq elementi bo'ladi. Masalan, kaliyli selitra tarkibida kaliy bilan azot, nitrofoskada — azot, fosfor hamda kaliy bo'ladi va h.k.

Aralash o'g'itlar turli xil o'g'itlarning — oddiy, murakkab o'g'itlarning mexanik aralashmasidan iborat bo'ladi. Ular ko'pincha o'g'it aralashmalari deyiladi.

O'g'itlar ishlab chiqaradigan sanoat o'g'it sanoati deyiladi. Hozirgi vaqtda bu sanoat mineral o'g'itlarning 40 dan ortiq turini ishlab chiqarmoqda.

**Azotli, fosforli va kaliyli o'g'itlar.** O'g'itlar orasida azotli, fosforli va kaliyli o'g'itlar eng katta ahamiyatga ega.

Azotli o'g'itlar tarkibida, ilgari ta'kidlab o'tilganidek, bog'langan azot bo'ladi. Bular selitralar (natriy, kaliy, ammoniy va kalsiy nitratlari), ammoniy turlari, suyuq ammiak, ammiakli suv, mochevina — $CO(NH_2)_2$ (qoramollar ozig'iga ham qo'shib beriladi, tarkibida eng ko'p — 47% azot bo'ladi) va b. Hozirgi vaqtda bu o'g'itlardan eng ko'p ishlatiladigani ammiakli selitra, ya'ni ammoniy nitratdir. U bir-biriga qovushib qolmasligi uchun donador (granula) holda ishlab chiqariladi.

Fosforli o'g'itlar — bular fosfat kislotaning kalsiy va ammoniyli tuzlaridir. Ular ishlab chiqariladigan barcha mineral o'g'itlarning yarmini tashkil etadi. Eng ko'p tarqalgan fosforli o'g'itlar quyidagilardir.

Fosforit tolqoni fosforitlarni mayda tuyish yo'li bilan olinadi. Uning tarkibida kam eriydigan tuz, $Ca_3(PO_4)_2$ borligi sababli o'simliklar faqat kislotali tuproqlarda — podzol va torfli tuproqlardagina o'zlashtirilishi mumkin. Mayin tuyilganligi, shuningdek, uni tuproqqa kislotali o'g'itlar, masalan, $(NH_4)_2SO_4$ yoki go'ng bilan birga solish o'zlashtirilishini osonlashtiradi.

Oddiy superfosfat apatit va fosforitlarga sulfat kislota bilan ishlov berish orqali olinadi. Ishlov berishdan maqsad — o'simliklar har qanday tuproqda yaxshi o'zlashtiradigan eruvchan tuz olishdir:

$$Ca_3(PO)_4+2H_2SO_4=Ca(H_2PO_4)_2+2CaSO_4$$

Donador o'g'itlarning kukunsimon o'g'itlarga nisbatan ancha afzalliklari bor: ularni saqlash oson (qovushib qolmaydi), o'g'it seyalkalari yordamida tuproqqa solish qulay, lekin asosiysi — u ko'pchilik tuproqlarda hosilni ancha oshiradi.

Qo'sh superfosfat — tarkibi $Ca(H_2PO_4)_2$ bo'lgan konsentrlangan fosforli o'g'it. Oddiy superfosfatga nisbatan taqqoslanganda tarkibida ballast — $CaSO_4$ yo'qligi jihatdan afzal. Qo'sh superfosfat ikki bosqichda olinadi. Dastlab fosfat kislota olinadi (10.11-§ dagi tenglamaga q.). So'ngra apatit yoki fosforit fosfat kislotaning suvdagi eritmasi bilan ishlanadi. Boshlang'ich moddalarning miqdori quyidagi tenglamaga muvofiq olinadi:

$$Ca_3(PO_4)_2+4H_3PO_4=3Ca(H_2PO_4)_2$$

Pretsipitat — tarkibi $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ bo'lgan konsentrlangan fosforli o'g'it. Suvda kam eriydi, lekin organik kislotalarda yaxshi eriydi. Fosfat kislotani kalsiy gidroksid eritmasi bilan neytrallash orqali olinadi:

$$H_3PO_4+Ca(OH)_2=CaHPO_4 \cdot 2H_2O$$

Suyak tolqoni uy hayvonlarining suyaklarini qayta ishlab olinadi, tarkibida $Ca_3(PO_4)_2$ bor.

Ammofos — tarkibida fosfor va azot bo'ladigan o'g'it. Fosfor kislotani ammiak bilan neytrallanganda hosil bo'ladi. Odatda, tarkibida $NH_4H_2PO_4$ va $(NH_4)_2HPO_4$ bo'ladi.

Shunady qilib, fosfat kislotaning kalsiy va ammoniy tuzlari fosforli o'g'itlar hisoblanadi.

Kaliyli o'g'itlar ham o'simliklarning oziqlanishi uchun zarur. Tuproqda kaliy yetishmasa hosil va o'simliklarning noqulay sharoitga chidamliligi sezilarli darajada pasayadi. Shu sababli, qazib olinadigan kaliy tuzlarining 90% ga yaqinidan kaliyli o'g'itlar sifatida foydalaniladi.

Eng muhim kaliyli o'g'itlar quyidagilardir:

1) ishlov berilmagan tuzlar maydalangan tabiiy tuzlardan, asosan, silvinit $NaCl \cdot KCl$ va kainit $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$ minerallaridan iborat;

2) konsentrlangan o'g'itlar tabiiy kaliyli tuzlarni qayta ishlash natijasida olinadi, bular KCl va $K_2SO_4$;

3) yog'och va torf kuli tarkibida potash — $K_2CO_3$ bo'ladi.

Tarkibida mikroelementlar bo'ladigan aralash o'g'itlar ishlab chiqarishga alohida e'tibor beriladi.

### 10-BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**10.1.** Quruq holdagi qizil fosfor qaysi tuz gardi bilan aralashtirilgan zahotiyoq kuchli alanga hosil qilib oksidlanadi?

A) kaliy sulfat; B) kaliy nitrat; C) kaliy gidrofosfat; D) kaliy nitrit; E) kaliy ortofosfat.

*Yechish.* Fosfor erkin holda oksidlovchi xususiyatga ega bo'lgan moddalar bilan aralashtirilganda yoki kuchsiz qizdirilganda kislorod hosil qilib parchalanadigan moddalar (bertolle tuzi, kaliy nitrat va boshqalar) ta'sirida fosfor (V) oksidgacha oson oksidlanadi:

$$2P+5KNO_3=5KNO_2+P_2O_5$$

$$\begin{array}{rl} 2P^0 - 10\bar{e} \rightarrow 2P^{+5} & \mid 1 \\ N^{+5} + 2\bar{e} \rightarrow N^{+3} & \mid 5 \end{array}$$

*Javob:* **B** bo'ladi.

**10.2.** Konsentrlangan nitrat kislota bilan 7,75 g fosfor orasidagi reaksiya natijasida ajralib chiqqan gaz moddaning hajmini (l, n. sh.) va reaksiyada qatnashgan barcha moddalar koeffitsiyentlari yig'indisini hisoblang.

A) 11,2, 13; B) 16,8, 15; C) 33,6, 14; D) 28, 13; E) 22,4, 12.

*Yechish.* Reaksiya tenglamasi

$$P+5HNO_3=5NO_2+H_3PO_4+H_2O$$

bo'yicha 1 mol fosfor oksidlanganda 5 mol azot (IV) oksid hosil bo'ladi. Test shartida berilgan fosfor miqdori $n(P) = 7,75 : 31 = 0,25$ mol, unda hosil bo'lgan azot (IV) oksid miqdori $n(NO_2) = 0,25 \cdot 5 = 1,25$ mol, uning hajmi esa $V(NO_2) = 1,25 \cdot 22,4 = 28$ l bo'ladi.

Tenglamadagi koeffitsiyentlar yig'indisi 13 ga teng.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**10.3.** Juda kuchli suyultirilgan nitrat kislota eritmasi bilan rux orasidagi reaksiya tenglamasida qatnashgan boshlang'ich moddalar va mahsulotlarning koeffitsiyentlar yig'indisini hisoblang.

A) 24; B) 22; C) 20; D) 19; E) 17.

*Yechish.* Aktiv metallar konsentratsiyasi kuchsiz bo'lgan nitrat kislota bilan reaksiyasi natijasida oksidlanish darajasi — 3 bo'lgan azot (ammiak) hosil bo'ladi, eritmadagi mo'l miqdorda olingan nitrat kislota bilan birikib, ammoniy nitratni hosil qiladi:

$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} Zn^0 + 2\bar{e} \rightarrow Zn^{+2} & 4 \\ N^{+5} + 8\bar{e} \rightarrow N^{-3} & 1 \end{array}$$

Tenglamadagi moddalar koeffitsiyentlari yig'indisi 22 ga teng.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**10.4.** Nisbiy molekular massasi 150 dan kichik bo'lgan modda tarkibida 48,5% kislorod, undan 2,25 marta ko'proq vodorod va ulardan tashqari, azot va fosfor elementlari tutgan modda formulasini toping. Uning tarkibidagi azotning miqdori fosfornikidan 2 martadan ko'proq ekanligini hisobga oling.

A) $(NH_4)_2HPO_4$; B) $(NH_4)_3PO_4$; C) $(NH_4)_3PO_3$;
D) $NH_4PO_3$; E) $(NH_4)H_2PO_4$.

*Yechish.* Massasi 100 g bo'lgan modda namunasidagi kislorodning miqdori $n(O) = 48,5 : 16 = 3,03$ mol, vodorodning

miqdori esa $n(H) = n(O) \cdot 2,25 = 3,03 \cdot 2,25 = 6,82$ mol. Javoblarda keltirilgan moddalar formulalari orasidan faqat bittasida azotning miqdori fosfornikidan ikki marta katta bo'lishi shartiga $(NH_4)_2HPO_4$ javob beradi. Undan kislorod va vodorodlar mol nisbatlarini topamiz: 6,82 : 3,03=2,25 : 1 yoki ularni 4 ga ko'paytirsak, 9 : 4 hosil bo'ladi. Uning molekular massasi 132 ga teng.

*Javob:* **A** bo'ladi.

**10.5.** Ammiak molekulasining dipol momenti $\mu = 4,9 \cdot 10^{-30}$ Kl · m, azot (III) ftorniki esa $0,7 \cdot 10^{-30}$ Kl · m ga teng. Bu qiymatlar orasidagi katta farqning sababi qanday tushuntiriladi?

1) ftor atomining nisbiy elektrmanfiyligi vodorod atominikidan katta farq qiladi; 2) N — H va N — F bog'larini dipol momentlarining vektorlari qarama-qarshi tomon yo'nalgan; 3) azot atomining taqsimlanmagan elektron jufti va N — F bog'ining dipol momenti ta'siri N — H bog'inikiga qaraganda kamroq bo'ladi; 4) N — H bog'ining qutb vektori bilan azot atomidan taqsimlanmagan elektron juft yo'nalishi bir tomonga, N — F bog'ining vektoriga esa teskari tomonga yo'nalgan bo'ladi; 5) N — F bog'i vektori va $N\uparrow\downarrow$ yo'nalishi bir tomonga, N — H va $N\uparrow\downarrow$ yo'nalishi teskari tomonga bo'lganligi natijasida dipol moment har xil bo'ladi.

A) 2, 4; B) 1, 2; C) 2, 3; D) 3, 4; E) 2, 5.

*Yechish.* Bog'lar vektorlari har xil tomonga yo'nalishi (strelka) nisbiy elektrmanfiyligi kichik elementdan shu xususiyat katta bo'lgan element tomoniga (N←H va N→F) yo'nalgan bo'ladi. Azot atomidagi taqsimlanmagan elektron juftining vektori azot atomidan elektron juft yo'nalishi tomoniga $H\rightarrow\overline{N\uparrow\downarrow}$ yo'nalishi va umumiy vektor uzunligi qo'shilishiga olib keladi, dipol moment yuqori qiymatga ega bo'ladi. Azot (III) ftoridida esa bunday yo'nalishlar qarama-qarshi tarzda bo'ladi: $F\leftarrow\overline{N\uparrow\downarrow}$ ularning farqi N — F bog'inikini kamaytiradi (3.4-§ ga qarang).

*Javob:* **A** bo'ladi.

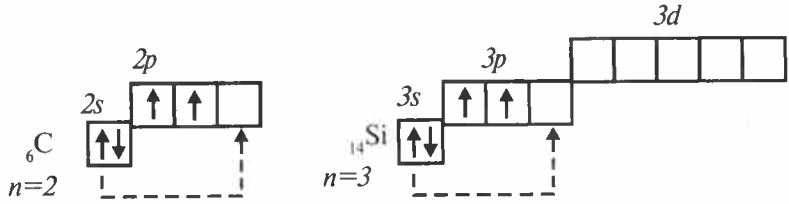
## *11-BOB.* UGLEROD GRUPPACHASI

### 11.1- §. Uglerod gruppachasining umumiy tavsifi

Uglerod gruppachasiga uglerod, kremniy, germaniy, qalay va qo'rg'oshin kiradi. Bular D.I.Mendeleyev davriy sistemasi IV gruppasining *p*-elementlaridir. Ularning atomlarining tashqi

pog'onasida to'rttadan elektron bo'ladi — $ns^2np^2$ (11.1-jadval, 2-p.), ularning kimyoviy xossalari o'xshashligiga sabab ana shudir.

Gruppachadagi dastlabki ikki element atomlari tashqi pog'onasining elektron tuzilishini shunday tasvirlash mumkin:




Qo'zg'almagan holda ularning atomlarida 2 tadan juftlashmagan elektron bo'ladi. Gruppachadagi barcha elementlar atomlarining tashqi pog'onasida erkin orbitallar borligi uchun qo'zg'algan holatga o'tganida *s*-pog'onachaning elektronlari bir-biridan ajraladi (punktir strelkalar bilan ko'rsatilgan).

Uglerod gruppachasining elementlari birikmalarida +4 va −4, shuningdek, +2 oksidlanish darajasini namoyon qiladi, yadroning zaryadi kattalashishi bilan +2 oksidlanish darajasi ko'proq namoyon bo'ladi. Uglerod, kremniy va germaniy uchun +4, qo'rg'oshin uchun +2 oksidlanish darajasi ko'proq xos. −4 oksidlanish darajasi C — Pb qatorida tobora kamroq uchraydi.

Uglerod gruppachasidagi elementlarning ba'zi xossalari 11.1-§ jadvalda keltirilgan.

Uglerod gruppachasining elementlari umumiy formulasi $RO_2$ va RO bo'lgan oksidlar hosil qiladi, vodorodli birikmalarining umumiy formulasi esa $RH_4$. Uglerod bilan kremniy yuqori oksidlarining gidratlari kislota xossalariga ega, qolgan elementlarning gidratlari esa amfoter, kislota xossalari germaniy gidratlarida, asos xossalari esa — qo'rg'oshin gidratlarida kuchliroq ifodalangan. Ugleroddan qo'rg'oshinga o'tgan sari vodorodli birikmalari $RH_4$ ning puxtaligi kamayadi: $CH_4$ — mustahkam, barqaror modda, $PbH_4$ esa erkin holda ajratib olinmagan. Gruppachada tartib raqami ortishi bilan atomning ionlanish energiyasi kamayadi va atom radiusi kattalashadi (11.1-jadvalning 3- va 6-p ga q.), ya'ni metallmaslik xossalari susayib, metallik xossalari kuchayib boradi.

11.1-jadval. **Uglerod gruppachasidagi elementlarning xossalari**

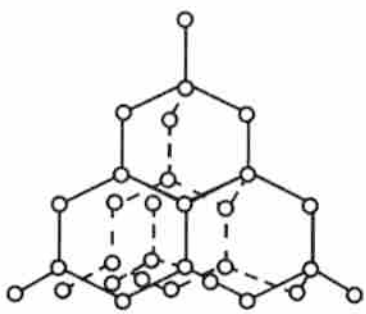
| Xossalari | C | Si | Ge | Sn | Pb |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tartib raqami | 6 | 14 | 32 | 50 | 82 |
| 2. Valent elektronlari | $2s^22p^3$ | $3s^23p^3$ | $4s^24p^3$ | $5s^25p^3$ | $6s^26p^3$ |
| 3. Atomning ionlanish energiyasi, eV | 11,3 | 8,2 | 7,9 | 7,3 | 7,4 |
| 4. Nisbiy elektrmanfiyligi | 2,50 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 |
| 5. Birikmalaridagi oksidlanish darajasi | +4,+2, −4 | +4,+2, −4 | +4, −4 | +4,+2, −4 | +4,+2, −4 |
| 6. Atomning radiusi | 0,077 | 0,134 | 0,139 | 0,158 | 0,175 |

## 11.2- §. Uglerod va uning xossalari

**Tabiatda uchrashi.** Tabiatda uglerod erkin holda olmos, grafit va karbin ko'rinishida, birikmalarida esa — toshko'mir, qo'ng'ir ko'mir hamda neft ko'rinishida uchraydi. Tabiiy karbonatlar — ohaktosh, marmar, bo'r $CaCO_3$, magnezit $MgCO_3$, dolomit $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ tarkibiga kiradi. Organik moddalarning asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi. Uglerodning yer qobig'idagi miqdori 0,1%. Havoda uglerod (IV) oksid ko'rinishida bo'ladi.

**Fizik xossalari.** Uglerodning allotropik shakl o'zgarishlari — olmos, grafit va karbin fizikaviy xossalari jihatidan bir-biridan keskin farq qiladi, bunga sabab ularning kristall panjaralari turlicha tuzilganligidir.

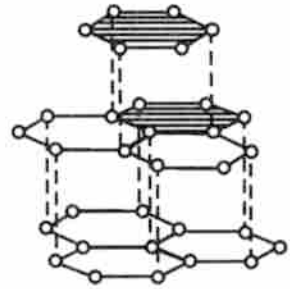
O l m o s — atom panjarali rangsiz kristall modda. Olmos kristallarida uglerod atomlari $sp^3$-gibridlanish holatida bo'ladi (3.2-§ ga q.). Ular o'zaro puxta qutbsiz kovalent bog'lanishlar orqali bog'langan. Olmosda uglerodning har qaysi atomi to'rtta boshqa atom bilan qurshab olingan, bu atomlar tetraedr markazidan uning uchlariga tomon yo'nalgan tomonda bo'ladi (to'rtta σ-bog'lanish, 11.1-rasm). Bularning hammasi nihoyatda qattiqlik, ancha katta zichlik (3,5 g/sm$^3$) va olmosga xos boshqa xususiyatlarni baxsh etadi. Shuning uchun u shisha



**11.1- rasm.** Olmosning kristall panjarasi.

kesish, tog‘ jinslarini burg‘ulash va o‘ta qattiq materiallarni silliqlash uchun ishlatiladi. Olmos issiqlikni va elektr tokini yaxshi o‘tkazmaydi. Uning sof holdagi namunalari yorug‘likni kuchli sindiradi (shu’lalanadi). Shuning uchun olmosdan bezaklar (brilliantlar) tayyorlanadi.

Yoqutistonda olmosning yirik konlari topilgan. Bundan tashqari, 1961-yilda ularni sanoatda grafitdan ishlab chiqarish yo‘lga qo‘yilgan.



**11.2- rasm.** Grafitning kristall panjarasi.

G r a f i t — salgina metall yaltiroqligi bor, ushlab ko‘rilganda yog‘lidek tuyuladigan to‘q kulrang kristall modda. Grafit kristallarida uglerod atomlari $sp^3$-gibridlanish holatida bo‘ladi (3.2-§ ga q). Ular to‘g‘ri oltiburchaklikdan tarkib topgan yassi qatlamlar bo‘lib birikkan (11.2-rasm). Ularda uglerodning har bir atomi uchta qo‘shni atom bilan puxta kovalent bog‘lanishlar orqali bog‘langan bo‘ladi (uchta σ-bog‘lanish). Bog‘lanishlar bir-biriga nisbatan 120 °C li burchak ostida yo‘nalgan. Har qaysi atomning valent elektroni qatlamda metalldagi kabi harakatchanligicha qoladi va uglerodning bir atomidan boshqa atomiga o‘tib turishi mumkin. Shunday elektronlar hisobiga metall bog‘lanish amalga oshadi. Grafitning elektr o‘tkazuvchanligi yaxshiligiga (metallardagidan yomon emas), shuningdek, uning issiqlik o‘tkazuvchanligi va metall yaltiroqligi borligiga sabab ana shudir.

Grafitda qatlamlar orasidagi masofa ancha katta (0,335 nm), ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari esa nisbatan bo‘sh (bular asosan molekulalararo kuchlar) bo‘ladi. Shu sababli grafit yupqa tangachalar holida ajraladi, ularning o‘zi juda mustahkam bo‘ladi. Tangachalar qog‘ozga oson yopishadi.

Grafit qalamlar o‘zagini, shuningdek, elektrodlar (sanoatdagi elektrolizlar uchun) tayyorlashda ishlatiladi. Texnik moylar bilan aralashma holida surkov materiali sifatida foydalaniladi: uning tangachalari surkaladigan yuzadagi notekisliklarni yo‘qotadi. Grafit qiyin suyuqlanadigan va haroratning keskin o‘zgarishlariga yaxshi chidaydigan bo‘lgani uchun grafit bilan gil aralashmasidan metallurgiya uchun suyuqlantirish tigellari tayyorlanadi. Grafit yadro reaktorlarida neytronlarni sekinlatuvchi sifatida ham ishlatiladi.

Grafitning katta qatlamlari Sibirda, Oltoyda va boshqa joylarda uchraydi. Grafitni koksdan sun'iy usulda olish ham yo'lga qo'yilgan.

Karbin — qora rangli mayda kristall kukun. Dastlab 60-yillarda rus kimyogarlari tomonidan sintez qilingan, keyinchalik tabiatda topilgan. Karbin kristallari uglerod atomlarining navbatlashib keladigan oddiy va o'lchamli bog'lanishlar orqali bog'langan chiziqsimon zanjirlaridan tarkib topgan:

$$-C\equiv C-C\equiv C-C\equiv C-\ldots \text{ yoki } (-C\equiv C-)_n$$

Qattiqligi jihatidan karbin grafitdan ustun, lekin olmosdan ancha keyinda turadi. Yarimo'tkazgich xossalariga ega. Havosiz joyda 2800 °C ga qadar qizdirilganda garbitga aylanadi.

Tabiiy uglerod element sifatida ikki izotopdan: $^{12}_{6}C$ (98,892%) va $^{13}_{6}C$ (1,108%) dan tarkib topgan. Bundan tashqari, atmosferada radioaktiv izotop $^{14}_{6}C$ ning ozgina aralashganligi aniqlangan, u sun'iy yo'l bilan olinadi va ilmiy tadqiqotlarda keng ko'lamda ishlatiladi.

**Ko'mir.** Uglerodli birikmalar termik parchalanganda qora massa — ko'mir hosil bo'ladi va uchuvchan mahsulotlar ajralib chiqadi. Ko'mir grafitning mayin kukunidan iborat. Ko'mirning eng muhim navlari koks, pista ko'mir va qurum.

Koks toshko'mirni havosiz joyda qizdirish bilan olinadi. Metallurgiyada qaytaruvchi sifatida ishlatiladi.

Pista ko'mir yog'ochning ko'mirlanishidan (havosiz joyda yoki havo juda oz bo'lganda qizdirilganda) hosil bo'ladi. Metallurgiya sanoatida, temirchilik ustaxonalarida, qora porox olish, gazlarni yuttirishda va turmushda ishlatiladi.

Qurum uglevodorodlarni (tabiiy gaz, asetilen, skipidar va b.) cheklangan miqdordagi havoda yondirish (yoki havosiz joyda termik parchalash) yo'li bilan olinadi. Rezina ishlab chiqarishda to'ldiruvchi sifatida, shuningdek, qora bo'yoqlar (bosmaxona bo'yog'i, tush) va etik moyi tayyorlashda ishlatiladi.

Shisha uglerod — uglerodning amorf holda mavjud bo'lishiga misol. U uglerodli birikmalarni termik parchalash yo'li bilan ham olinadi. Ajoyib xossalarga ega: mexanik mustahkamligi katta, zichligi, elektr o'tkazuvchanligi kam, qiyin suyuqlanadi va agressiv muhitda ishlatiladigan apparatura tayyorlash uchun, shuningdek, aviatsiyada va kosmonavtikada ishlatiladi.

**Adsorbsiya**. Ko'mir (ayniqsa, pista ko'mir)ning adsorblash xususiyati juda kuchli bo'ladi.

**Ko'mirning va boshqa qattiq yoki suyuq moddalarning o'z sirtida bug', gaz va erigan moddalarni ushlab qolish xossasi *adsorbsiya* deyiladi.**

Yuzasida adsorbsiya sodir bo'ladigan moddalar *adsorbentlar* deyiladi. Adsorblanadigan moddalar *adsorbatlar* deyiladi. Agar, masalan, siyoh eritmasini mayda tuyilgan ko'mirga qo'shib chayqatilsa va so'ngra aralashma filtrlansa, u holda filtratda rangsiz suyuqlik — suv bo'ladi. Bu holda erigan bo'yoqning hammasi ko'mirga adsorblanadi. Ko'mir — adsorbent, bo'yoq — adsorbat.

Texnikada adsorbentlar sifatida alumosilikatlar, sintetik smolalar va boshqa moddalar ishlatiladi.

Ko'mirning adsorblash xususiyati uning g'ovakligi tufaylidir. G'ovaklar soni qancha ko'p bo'lsa, ko'mirning sirti shuncha katta va adsorblash xususiyati shuncha kuchli bo'ladi. Odatda, pista ko'mirning g'ovaklari turli xil moddalar bilan qisman to'lgan bo'ladi, bu esa uning adsorblash xususiyatini kamaytiradi. Adsorbsiyani kuchaytirish uchun ko'mirga maxsus ishlov beriladi — suv bug'i oqimida qizdirib, g'ovaklari ifloslantiruvchi moddalardan tozalanadi. Shunday ishlov berilgan ko'mir *aktiv ko'mir* deyiladi.

Aktiv ko'mir shakar sharbatini unga sariq rang beruvchi qo'shimchalardan tozalash, o'simlik moylari va yog'larni tozalash uchun keng ko'lamda ishlatiladi. Aktiv ko'mirdan tayyorlangan tabletkalardan («karbolen») tibbiyotda organizmdan zararli moddalarni chiqarib yuborish uchun foydalaniladi. Aktiv ko'mir protivogazlarda zaharlovchi moddalarni yutib qolish uchun ishlatiladi. N.D. Zelinskiy yaratgan filtrlovchi protivogazdan 1914—1918-yillardagi jahon urushida foydalanilgan, bu esa bir necha o'n minglab kishilarning hayotini saqlab qolishga imkon bergan.

**Kimyoviy xossalari.** Odatdagi temperaturada ko'mir ancha inert bo'ladi. Uning kimyoviy aktivligi yuqori temperaturalardagina namoyon bo'ladi. Ko'mir oksidlovchi sifatida ba'zi metallar va metallmaslar bilan reaksiyaga kirishadi. Uglerodning metallar bilan hosil qilgan birikmalari *karbidlar* deyiladi. Masalan:

$$4Al + 3C = \underset{\text{aluminiy karbid}}{Al_4C_3}$$

Kalsiy karbid amalda katta ahamiyatga ega, u ohak CaO bilan koksni elektr pechlarda qizdirish orqali olinadi:

$$CaO+3C=\underset{\text{kalsiy karbid}}{CaC_2}+CO$$

Vodorod bilan ko'mir nikel katalizator ishtirokida va qizdirilganda metan — tabiiy yonuvchi gazlarning asosiy tarkibiy qismini hosil qiladi:

$$C+2H_2=CH_4$$

Lekin ko'mir qaytaruvchilik xossalarini namoyon qiladigan reaksiyalarga ko'proq kirishadi. Bu hol ko'mirning istalgan allotropik shakl o'zgarishining to'liq yonishida ko'rinadi:

$$C+O_2=CO_2$$

Ko'mir temir, mis, rux, qo'rg'oshin va boshqa elementlarni ularning oksidlaridan qaytaradi, uning bu xossasidan metallurgiyada shu metallarni olishda keng ko'lamda foydalaniladi. Masalan:

$$2ZnO+C=2Zn+CO_2$$

Ko'mirning juda muhim kimyoviy xossasi — uning atomlarining bir-biri bilan birikib, puxta bog'lanishlar — uglerod zanjirlari hosil qilishidir (III qism, Organik kimyoga q.).

## 11.3- §. Uglerod oksidlari. Karbonat kislota

Uglerodning ikkita oksidi ma'lum: CO va $CO_2$.

**Uglerod (II) oksid.** Uglerod (II) oksid CO uglerodning kislorod yetishmaganida yonishi jarayonida hosil bo'ladi. Sanoatda u yuqori temperaturada ko'mir cho'g'i ustidan karbonat angidrid o'tkazish yo'li bilan olinadi:

$$CO_2+C=2CO$$

Laboratoriya sharoitida uglerod (II) oksid chumoli kislotaga qizdirib turib konsentrlangan sulfat kislota ta'sir ettirish (sulfat kislota suvni tortib oladi) orqali olinadi:

$$HCOOH=H_2O+CO\uparrow$$

Uglerod (II) oksid — rangsiz, hidsiz, nihoyatda zaharli gaz. Ishlab chiqarish binolarida CO ning yo'l qo'yiladigan miqdori 1 l havoda 0,03 mg ni tashkil etadi. U avtomobildan chiqadigan tutun gazlarda hayot uchun xavfli miqdorlarda bo'ladi. Shu sababli,

garajlar, ayniqsa, dvigatellarni ishga tushirish paytida, yaxshi shamollatiladigan bo'lishi kerak.

Yuqori temperaturalarda uglerod (II) oksid — kuchli qaytaruvchi. U ko'pchilik metallarni ularning oksidlaridan qaytaradi. Masalan:

$$CO+CuO=CuCO_2$$

Uglerod (II) oksidning bu xossasidan rudalardan metallar suyuqlantirib olishda foydalaniladi.

Havoda uglerod (II) oksid ko'kish alanga berib yonib, ko'p miqdorda issiqlik ajratib chiqaradi:

$$2\overset{+2}{C}O+O_2=2\overset{+4}{C}O_2,\ \Delta H^0_{298}=-572\ kJ$$

Shuning uchun u boshqa gazlar bilan birgalikda gazsimon yonilg'ining ba'zi turlari — generator gazi va suv gazi tarkibiga kiradi.

Uglerod (II) oksidda uglerodning valentligi uchga, oksidlanish darajasi esa +2 ga teng. Buning sababi 3.10-§ da aytib o'tilgan.

**Uglerod (IV) oksid.** Uglerod (IV) oksid $CO_2$ (boshqacha aytganda karbonat angidrid) tabiatda organik moddalar yonganida va chiriganida hosil bo'ladi. Havoda (hajmiy ulushi 0,03%), shuningdek, ko'pchilik mineral manbalar (narzan, borjom va b.) tarkibida bo'ladi. Hayvon va o'simliklar nafas olganida ajralib chiqadi.

Laboratoriya sharoitida $CO_2$ marmarga xlorid kislota ta'sir ettirib olinadi:

$$CaCO_3+2H^+=Ca^{2+}+H_2O+CO_2$$

Sanoatda uglerod (IV) oksid ohaktosh kuydirilganda hosil bo'ladi:

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

$CO_2$ ning struktura formulasini shunday ifodalash mumkin: O=C=O. U chiziqsimon shaklda bo'ladi. Uglerodning kislorod bilan bog'lanishi qutbli, lekin bog'lanishlar simmetrik joylashganligi tufayli $CO_2$ molekulasining o'zi qutbsiz bo'ladi (3.13-rasm, *a* ga q.).

Uglerod (IV) oksid — rangsiz gazsimon modda. U havodan 1,5 marta og'ir, shu sababli uni bir idishdan boshqasiga quyish mumkin. Yonishga va nafas olishga yordam bermaydi. O't oldirilgan cho'p uglerod (IV) oksidda o'chadi, uglerod (IV) oksidning konsentratsiyasi katta bo'lganda odam va hayvonlar bo'g'iladi. U shaxta, quduq va yerto'lalarda ko'pincha xavfli miqdorlarda to'planib qoladi.

$CO_2$ xona temperaturasida 6 MPa bosimda suyuqlikka aylanadi. Suyuq holda po'lat ballonlarda saqlanadi va tashiladi. Ballonning jo'mragi ochilganda uglerod (IV) oksid bug'lanadi, natijada qattiq soviydi va gazning bir qismi qorsimon massaga aylanadi. Qattiq uglerod (IV) oksid quruq muz deyiladi.

Uglerod (IV) oksid kislotali oksid xossalarini namoyon qiladi; suv va ishqorlarning eritmalari bilan o'zaro ta'sirlashadi. Xona temperaturasida 1 hajm suvda taxminan 1 hajm $CO_2$ eriydi. Bunda karbonat kislota hosil bo'ladi. Reaksiya qaytar:

$$CO_2+H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$$

Muvozanat boshlang'ich moddalar tomoniga ko'p siljigan bo'ladi, ya'ni erigan $CO_2$ ning juda oz qismigina kislotaga aylanadi. Ishqorlarning eritmalari bilan o'zaro ta'sirlashganda tuzlar hosil bo'ladi:

$$CO_2+2NaOH=Na_2CO_3+H_2O$$

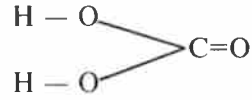
$CO_2$ yuqori temperaturalarda oksidlash xossalarini namoyon qiladi: ko'mir va aktiv metallar bilan reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$CO_2+C=2CO$$
$$CO_2+2Mg=2MgO+C$$

O't oldirilgan magniy tasmasi karbonat angidridda yonadi.

Uglerod (IV) oksid soda, shakar ishlab chiqarishda, suv va ichimliklarni gazlashtirish uchun, suyuq holda — o't o'chirgichlarda ishlatiladi. Quruq muzdan tez buziladigan mahsulotlarni saqlashda foydalaniladi.

**Karbonat kislota.** Karbonat kislota faqat eritmadagina mavjud bo'ladi. Qizdirilganda u uglerod (IV) oksid bilan suvga ajraladi. Karbonat kislota molekulasida vodorod atomlari kislorod atomlari bilan bog'langan bo'ladi:



U ikki asosli kislota sifatida bosqich bilan dissotsilanadi. Dastlab,

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$$

va so'ngra juda oz darajada quyidagicha dissotsilanadi:

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + HCO_3^{2-}$$

Karbonat kislota kuchsiz elektrolitlar qatoriga kiradi.

## 11.4- §. Karbonat kislotaning tuzlari

Karbonat kislota ikki qator tuzlar: o'rta tuzlar — karbonat va nordon tuzlar — gidrokarbonatlar hosil qiladi. Ular tuzlarning umumiy xossalarini namoyon qiladi. Ishqoriy metallarning va ammoniy karbonatlari hamda gidrokarbonatlari suvda yaxshi eriydi. Karbonat kislotaning o'zi beqaror bo'lgani bilan uning tuzlari barqaror birikmalardir. Ular kislotani ishqor bilan o'zaro ta'sir ettirilganda olinishi mumkin. Ishqoriy metallar bilan ammoniy karbonatlarining eritmalari gidrolizlanishi tufayli ishqoriy muhitga ega bo'ladi:

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$$

Ishqoriy-yer metallarning karbonatlari suvda kam eriydi. Aksincha, gidrokarbonatlari yaxshi eriydi. Gidrokarbonatlar karbonatlar, uglerod (IV) oksid va suvdan hosil bo'ladi:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

Gidrokarbonatlarning eritmalari qaynatilganda ular karbonatlarga aylanadi:

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t} CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

Karbonat kislotaning quyidagi tuzlari katta amaliy ahamiyatga ega.

Natriy karbonat $Na_2CO_3$; texnikadagi nomlari: soda, karbonat soda. Bu suvda yaxshi eriydigan oq kukun. Suvdagi eritmadan kristallgidratlar $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, shuningdek, $Na_2CO_3 \cdot 7H_2O$ va $Na_2CO_3 \cdot H_2O$ holida kristallanadi. Bu kristallgidratlar kristall soda deyiladi. Qizdirilganda suvsiz, ya'ni suvsizlantirilgan (kalsinatsiyalangan) soda $Na_2CO_3$ (kalsinatsiya — «qizdirish» so'zidan) hosil bo'ladi. Suvsizlantirilgan sodadan uning boshqa turlari: kristall soda, ichimlik soda olinadi. Soda shisha, sovun, qog'oz ishlab chiqarishda, ro'zg'orda yuvish vositasi sifatida va b. maqsadlarda ishlatiladi.

Natriy gidrokarbonat $NaHCO_3$; texnikadagi nomlari: ichimlik soda, bikarbonat soda. Bu suvda kam eriydigan oq kukun. Qizdirilganda (100 °C gacha) oson parchalanadi:

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

Ichimlik soda tibbiyotda (jig'ildon qaynaganda ichiladi), ro'zg'orda, sun'iy mineral suvlar ishlab chiqarishda va o't

o‘chirgichlarni to‘ldirishda, qandolatchilikda va non yopishda ishlatiladi.

Kaliy karbonat $K_2CO_3$, boshqacha aytganda potash — suvda yaxshi eriydigan oq kukun. O‘simliklar kulining tarkibida bo‘ladi. Suyuq sovun, qiyin suyuqlanadigan optik shisha, pigmentlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Kalsiy karbonat $CaCO_3$ tabiatda bo‘r, marmar va ohaktosh ko‘rinishida uchraydi, ular binokorlikda ishlatiladi. Ohaktoshdan ohak va uglerod (IV) oksid olinadi.

**Karbonat-ionga sifat reaksiya**. Karbonat-ion $CO_3^{2-}$ ga xos eng muhim reaksiya suyultirilgan mineral kislotalarning — xlorid yoki sulfat kislotaning ta’siridir. Bunda vishillab uglerod (IV) oksid pufakchalari ajralib chiqadi, u kalsiy gidroksid eritmasi (ohakli suv) orqali o‘tkazilganda eritma $CaCO_3$ hosil bo‘lishi tufayli loyqalanadi:

$$CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2\uparrow + H_2O$$

va so‘ngra

$$CO_2 + Ca^{2+} + 2OH^- = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

$CO_2$ mo‘l bo‘lganida loyqalanish yo‘qoladi:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

## 11.5-§. Kremniy va uning xossalari

**Tabiatda uchrashi.** Kremniy kisloroddan keyin Yerda eng ko‘p tarqalgan elementdir. U yer po‘stlog‘i massasining 27,6% ini tashkil etadi. Tabiatda asosan kremniy (IV) oksid va silikat kislotalarning tuzlari — silikatlar holida uchraydi. Ular yer po‘stlog‘ining qobig‘ini hosil qiladi. Kremniy birikmalari o‘simlik va hayvonlar organizmida bo‘ladi.

**Olinishi va ishlatilishi.** Sanoatda kremniy elektr pechlarda $SiO_2$ ni koks bilan qaytarish orqali olinadi:

$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO$$

Laboratoriyalarda qaytaruvchilar sifatida magniy yoki aluminiydan foydalaniladi:

$$SiO_2 + 2Mg = Si + 2MgO$$
$$3SiO_2 + 4Al = 3Si + 2Al_2O_3$$

Eng toza kremniy uning tetraxloridini rux bug'lari bilan qaytarish orqali olinadi:

$$SiCl_4+2Zn=Si+2ZnCl_2$$

Kremniy yarimo'tkazgich sifatida foydalaniladi. Undan yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradigan quyosh batareyalari (kosmik kemalardagi radioqurilmalarni ta'minlash uchun) tayyorlanadi. Kremniydan metallurgiyada juda issiqbardosh kremniyli po'latlar olish uchun foydalaniladi.

**Fizik xossalari.** Kristall holdagi kremniy — shishadek yaltiroq, to'q kulrang modda. Kremniyning tuzilishi olmosning tuzilishiga o'xshaydi. Uning kristalida har qaysi atom to'rtta boshqa atom bilan tetraedrik qurshab olingan va ular bilan kovalent bog'lanish orqali bog'langan, bu bog'lanishlar olmosdagi uglerod atomlari orasidagi bog'lanishlardan ancha bo'sh bo'ladi.

Kremniy kristalida odatdagi sharoitda ham kovalent bog'lanishlarning bir qismi uziladi. Shuning uchun unda erkin elektronlar bo'ladi, ular kremniyning qisman elektr o'tkazuvchanligiga sabab bo'ladi. Yoritilganda va qizdirilganda uziladigan bog'lanishlar soni ko'payadi, demak, erkin elektronlar soni ham ko'payadi va elektr o'tkazuvchanligi ortadi. Kremniyning yarimo'tkazuvchanlik xossalarini ana shunday tushuntirish lozim.

Kremniy juda mo'rt, uning zichligi 2,33 $g/sm^2$. Ko'mir kabi u ham qiyin suyuqlanadigan moddalar qatoriga kiradi.

Kremniy uchta barqaror izotopdan: $^{28}_{14}Si$ (92,27%), $^{29}_{14}Si$ (4,68%) va $^{30}_{14}Si$ (3,05%) dan tarkib topgan.

**Kimyoviy xossalari.** Kimyoviy xossalariga ko'ra kremniy uglerod singari metallmas hisoblanadi, lekin uning metallmasligi sustroq ifodalangan, chunki uning atom radiusi katta (11.1-jadval, 6-p). Kremniy atomlarining tashqi energetik pog'onasida 4 ta elektron bo'lgani sababli kremniy uchun +4 va -4 oksidlanish darajalari xos (kremniyning oksidlanish darajasi +2 bo'lgan birikmasi ham ma'lum).

Kremniy odatdagi sharoitda ancha inert, buni kristall panjarasining puxtaligi bilan tushuntirish lozim. Kremniy bevosita faqat ftor bilan reaksiyaga kirishadi:

$$Si+2F_2=SiF_4$$

kremniy ftorid

Kislotalar (ftorid HF va nitrat $HNO_3$ kislotalarning aralashmasidan tashqari) kremniy ta'sir etmaydi. Lekin u ishqoriy metallarning gidroksidlarida erib, silikat kislota hamda vodorod hosil qiladi:

$$Si+2OH^-+H_2O=SiO_3^{2-}+2H_2\uparrow$$

Elektr pechda yuqori haroratda qum bilan koks aralashmasidan kremniy karbid SiC (karborund) olinadi:

$$SiO_2+2C=SiC+CO_2$$

Karborundning kristall panjarasi olmosnikiga o'xshaydi, unda kremniyning har qaysi atomi to'rttaga uglerod atomi bilan va har qaysi uglerod atomi to'rtta kremniy atomi bilan qurshab olingan; ularda kovalent bog'lanishlar olmosdagi kabi juda puxta bo'ladi. Shuning uchun u qattiqligi jihatdan olmosga yaqin turadi. Kremniy karbiddan charxtoshlar va silliqlash toshlari tayyorlanadi.

Kremniyning metallar bilan hosil qilgan birikmalari *silitsidlar* deyiladi. Masalan:

$$Si+2Mg=Mg_2Si$$

magniy silitsid

Silitsidga xlorid kislota ta'sir ettirilganda kremniyning vodorodli eng oddiy birikmasi — *silan* $SiH_4$ olinadi:

$$Mg_2Si+4H^+=2Mg^{2+}+SiH_4\uparrow$$

Silan — qo'lansa hidli zaharli gaz, havoda o'z-o'zidan alangalanib ketadi:

$$SiH_4+2O_2=SiO_2+2H_2O$$

Maydalangan kremniy kislorod bilan qizdirilganda yonib, kremniy (IV) oksid hosil qiladi:

$$Si+O_2=SiO_2$$

Bunda ko'p miqdorda issiqlik chiqadi, bu esa $SiO_2$ da atomlar orasidagi bog'lanish juda puxta ekanligini ko'rsatadi.

Yuqori temperaturalarda kremniy ko'pchilik metallarni ularning oksidlaridan qaytaradi.

## 11.6- §. Kremniy (IV) oksid va silikat kislota

Kremniy (IV) oksid qumtuproq ham deyiladi. Bu qiyin suyuqlanadigan qattiq modda, tabiatda ikki xil ko'rinishda keng tarqalgan: 1) kristall qumtuproq — kvars minerali va uning har xil turlari (tog' billuri, xalsedon, agat, yashma, kremen chaqmoqtosh) holida bo'ladi; kvars qurilishda va silikat sanoatida keng ko'lamda foydalaniladigan kvarsli qumlarning asosini tashkil etadi;

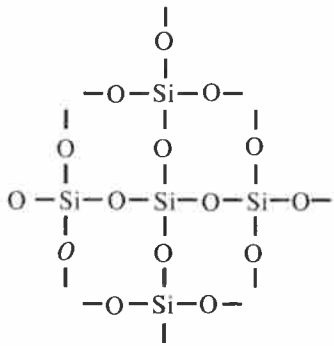
2) amorf qumtuproq tarkibi $SiO_2 \cdot nH_2O$ bo'lgan opal mineral holida bo'ladi: amorf qumtuproqning tuproq shaklidagilari diatomit, trepel (infuzor tuproq); suvsiz sun'iy amorf qumtuproqqa silikagel misol bo'la oladi, u natriy metasilikatdan olinadi:

$$Na_2SiO_3+2HCl=2NaCl+H_2SiO_3$$
$$H_2SiO_3=H_2O+SiO_2$$

Silikagelning yuzasi katta, shu sababli namlikni yaxshi adsorblaydi.

1710 °C da kvars suyuqlanadi. Suyuqlangan massa tez sovitilganda kvars shisha hosil bo'ladi. Uning kengayish koeffitsiyenti juda kichik, shu sababli cho'g' holigacha qizdirilgan kvars shisha suv bilan tez sovitilganda darz ketmaydi. Kvarsdan laboratoriya shisha idishlari va ilmiy tadqiqotlar uchun asboblar tayyorlanadi.

Kremniy (IV) oksidning eng oddiy formulasi $SiO_2$, uglerod (IV) oksidning formulasi $CO_2$ ga o'xshaydi. Shu bilan birga, ularning fizikaviy xossalari bir-biridan keskin farq qiladi ($SiO_2$ — qattiq modda, $CO_2$ — gaz). Bu farq kristall panjaralarning tuzilishi bilan izohlanadi. $CO_2$ molekular panjara hosil qilib kristallanadi, $SiO_2$ — atom panjara hosil qiladi. $SiO_2$ ning strukturasini yassi tasvirda yuqoridagicha ko'rsatish mumkin:



Qattiq $CO_2$ da uglerod atomining koordinatsion soni 2 ga, $SiO_2$ da kremniyniki 4 ga teng. Kremniyning har qaysi atomi 4 ta kislorod atomidan tarkib topgan tetraedr ichiga joylashgan. Bunda kremniy atomi markazda, tetraedrning uchlarida esa kislorod atomlari joylashadi. Qumtuproqning butun bo'lagini formulasi $(SiO_2)_n$ bo'lgan kristall sifatida qarash mumkin. Kremniy (IV) oksidning bunday tuzilganligi uning nihoyatda qattiqligi va qiyin suyuqlanuvchanligiga sabab bo'ladi.

Kimyoviy xossalari jihatidan kremniy (IV) oksid kislotali oksidlar qatoriga kiradi. U qattiq ishqorlar, asosli oksidlar va karbonatlar bilan birga suyuqlantirilganda silikat kislotaning tuzlari hosil bo'ladi:

$$SiO_2+2NaOH=Na_2SiO_3+H_2O$$
$$SiO_2+CaO=CaSiO_3$$
$$SiO_2+Na_2CO_2=Na_2SiO_3+CO_2$$

Kremniy (IV) oksid bilan faqat ftorid kislotagina reaksiyaga kirishadi:

$$SiO_2+4HF=SiF_4+2H_2O$$

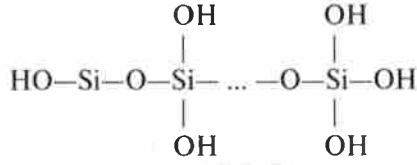
Shu reaksiya yordamida shishaga ishlov beriladi.

Suvda kremniy (IV) oksid erimaydi va u bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi. Shuning uchun silikat kislota bevosita yo'l bilan, kaliy yoki natriy silikat eritmasiga kislota ta'sir ettirib olinadi:

$$SiO_3^{2-}+2H^+=H_2SiO_3$$

Bunda silikat kislota (boshlang'ich tuz va kislota eritmalarining konsentratsiyasiga qarab) tarkibida suv bor iviqsimon massa holda ham, kolloid eritma (zol) holida ham olinishi mumkin.

Silikat kislota tetraedrik struktura zvenolardan tuzilgan (bunday zvenoning har birida kremniy atomi tetraedrning markazida, kislorod atomlari esa uning uchlarida joylashgan bo'ladi). Struktura zvenolar zanjir bo'lib birlashib, ancha barqaror polisilikat kislotalar hosil qiladi:



Bunday birikmaning tarkibini $(H_2SiO_3)_n$ formula bilan ifodalash mumkin. Lekin, odatda silikat kislota $H_2SiO_3$ formula bilan ifodalanadi.

$H_2SiO_3$ — juda kuchsiz kislota, suvda kam eriydi. Qizdirilganda karbonat kislota kabi oson parchalanadi:

$$H_2SiO_3=H_2O+SiO_2$$

Ikki asosli kislota bo'lgani sababli bosqich bilan dissotsilanadi:

$$H_2SiO_3 \rightleftarrows H^+ + HSiO_3^- \quad \text{va} \quad HSiO_3^- \rightleftarrows H^+ + SiO_3^{2-}$$

## 11.7- §. Kolloid eritmalar haqida tushuncha

Tabiatda va texnikada bir modda zarrachalar holida ikkinchi moddaning ichida bir me'yorda taqsimlangan dispers sistemalar ko'p uchraydi.

Dispers sistemalarda *dispers faza* — mayda zarrachalarga bo'lingan modda va *dispersion muhit* — ichida dispers faza tarqalgan bir jinsli modda bo'ladi. Masalan, tarkibida gil bor loyqa suvda gilning qattiq zarrachalari dispers faza, suv — dispersion muhit bo'ladi; tumanda dispers faza — suyuqlik zarrachalari, dispersion muhit— havo bo'ladi; tutunda dispers faza — ko'mirning qattiq zarrachalari, dispersion muhit — havo, sutda dispers faza — yog' zarrachalari, dispersion muhit — suyuqlik va h.k.

Dispers sistemalarga odatdagi (chin) eritmalar, kolloid eritmalar, shuningdek, suspenziya va emulsiyalar kiradi. Ular bir-biridan avvalo zarrachalarning o'lchami, ya'ni disperslik (maydalanganlik) darajasi bilan farq qiladi.

Zarrachalarning o'lchami 1 nm* dan kichik bo'lgan sistemalar *chin eritmalar* deyiladi, ular erigan moddaning molekula yoki ionlaridan tarkib topgan bo'ladi. Ularni bir fazali sistema sifatida qarash kerak. Zarrachalarning o'lchami 100 nm dan katta bo'lgan sistemalar — dag'al dispers sistemalar — suspenziya va emulsiyalardir.

Suspenziyalar — bular dispers fazasi qattiq modda, dispersion muhiti — suyuqlik bo'lgan dispers sistemalardir, ulardagi qattiq modda suyuqlikda amalda erimaydigan bo'ladi. Suspenziya tayyorlash uchun moddani mayin kukun holigacha maydalash, so'ngra shu moddani erimaydigan suyuqlikka solish va yaxshilab chayqatish (masalan, gilni suvda chayqatish) kerak. Vaqt o'tishi bilan zarrachalar idish tubiga cho'kadi. Ravshanki, zarrachalar qancha kichik bo'lsa, suspenziya shuncha uzoq saqlanadi.

Emulsiyalar — bular dispers fazasi ham, dispersion muhiti ham bir-biriga aralashmaydigan suyuqliklardan iborat bo'lgan dispers sistemalardir. Suv bilan moy aralashmasini uzoq vaqt chayqatish yo'li bilan emulsiya tayyorlash mumkin. Emulsiyaga sut misol bo'la oladi, unda mayda yog' donlari suyuqlikda suzib yuradi.

Suspenziya va emulsiyalar — ikki fazali sistemalar.

---

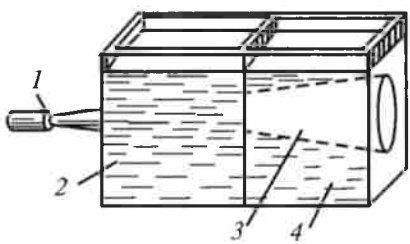
*nm — nanometr (1 nm = $10^{-9}$m).

Kolloid eritmalar — bular ikki fazali yuqori dispers sistemalar bo'lib, dispersion muhit bilan dispers fazadan tarkib topgan; dispers faza zarrachalarining o'lchamlari 1 dan 100 nm gacha bo'ladi. Ko'rinib turibdiki, kolloid eritmalar zarrachalarining o'lchamlari jihatidan chin eritmalar bilan suspenziya va emulsiyalar orasida turadi. Kolloid zarrachalar odatda ko'p sonli molekula yoki ionlardan tarkib topadi.

Kolloid eritmalar boshqacha aytganda *zollar* ham deyiladi. Ular dispersion va kondensatsion usullar bilan olinadi. Dispersiyalash ko'pincha maxsus «kolloid tegirmonlar» yordamida amalga oshiriladi. Kondensatsion usulda kolloid zarrachalar atom yoki molekulalarning agregatlarga birikishi hisobiga hosil bo'ladi. Masalan, agar suvda kumushdan yasalgan ikkita sim orasida yoy elektr razryadi vujudga keltirilsa, u holda metall bug'lari kolloid zarrachalar holida kondensatsiyalanadi. Ko'pchilik kimyoviy reaksiyalarning sodir bo'lishida ham kondensatlanish vujudga keladi va yuqori dispers sistemalar hosil bo'ladi (cho'kma tushishi, gidrolizning borishi, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari va h.k.).

Zollarning bir qator o'ziga xos xususiyatlari bor, ularni kolloid kimyo mufassal o'rganadi. Masalan, zollar zarrachalarining o'lchamlariga qarab turli xil rangda bo'lishi mumkin, chin eritmalarning rangi esa bir xil bo'ladi. Masalan, oltinning zoli ko'k, gunafsha, to'q pushti, qizil ranglarda bo'lishi mumkin.

Chin eritmalardan farq qilib, zollarda Tindal effekti, ya'ni kolloid zarrachalarning nurni tarqatishi kuzatiladi. Zol orqali yorug'lik tutami o'tkazilsa, qorong'i xonada ko'rinadigan yorug' konus paydo bo'ladi (11.3- rasm). Eritmaning kolloid yoki chin eritma ekanligini ana shunday bilib olish mumkin.




**11.3-rasm.** Chin va kolloid eritmalar orqali yorug'lik nurining o'tishi:

*1*—yorug'lik manbayi; *2*—chin eritma; *3*—yorug'lik konusi; *4*—kolloid eritma (zol).

Zollarning muhim xossalaridan biri shuki, ularning zarrachalarida bir xil ishorali elektr zaryadlar bo'ladi. Shu tufayli ular birikib, yirik zarrachalar hosil qila olmaydi va cho'kmaydi. Bunda bir xil zollarning, masalan, metallar, sulfidlar, silikat va stannat kislotalar zollarning zarrachalari manfiy zaryadli,

boshqa, masalan, gidroksidlar, metallarning oksidlari zollarning zarrachalari — musbat zaryadli bo'ladi. Zaryad hosil bo'lishi kolloid zarrachalarning eritmadan ionlarni adsorblashi bilan tushuntiriladi.

Zolning cho'kishi uchun uning zarrachalari o'zaro birikib, ancha yirik agregatlar hosil qilishi lozim. Zarrachalarning birikib yirik agregatlar hosil qilishi *koagulatsiya*, ularning og'irlik kuchi ta'sirida cho'kishi esa *sedimentatsiya* deyiladi.

Odatda koagulatsiya zolga: 1) elektrolit qo'shilganda, 2) zarrachalari qarama-qarshi zaryadli boshqa zol qo'shilganda, 3) qizdirilganda sodir bo'ladi.

Zollarning koagulatsiyasi muayyan sharoitlarda gel deyiladigan iviqsimon massa hosil bo'lishiga olib keladi. Bu holda kolloid zarrachalarning hammasi erituvchini bog'lab, o'ziga xos yarimsuyuq, yarimqattiq holatga o'tadi. Gellardan iviqlarni — yuqori molekular moddalarning quyi molekular suyuqliklardagi eritmalarini (gomogen sistemalar) farq qila bilish lozim. Ularni qattiq polimerlarni ma'lum suyuqliklarga bo'ktirish orqali olish mumkin.

Zollarning ahamiyati nihoyatda katta, chunki ular chin eritmalarga qaraganda ko'p tarqalgan. Tirik hujayralarning protoplazmasi, qon, o'simliklarning shirasi — bularning hammasi murakkab zollardir. Sun'iy tolalarning olinishi, terini oshlash, yelimlar, lok, plyonka, bo'yoqlar tayyorlash zollar bilan bog'liq. Tuproqda zollar ko'p va ular tuproq unumdorligi uchun katta ahamiyatga ega. Silikagel, ya'ni suvsizlantirilgan silikat kislotadan suyuqlik va gazlarni tozalashda keng foydalaniladi.

## 11.8-§. Silikat kislotaning tuzlari

Silikat kislotaning tuzlari *silikatlar* deyiladi. Ularning tarkibi odatda elementlar oksidlarining birikmalari holida formula bilan tasvirlanadi. Masalan, kalsiy silikat $CaSiO_3$ ni shunday ifodalash mumkin: $CaO \cdot SiO_2$.

$R_2O \cdot nSiO_2$ tarkibli silikatlar (bunda $R_2O$ — natriy yoki kaliy oksidi) *eruvchan shisha* deyiladi, ularning suvdagi konsentrlangan eritmalari esa *suyuq shisha* deb ataladi. Natriyli eruvchan shisha eng katta ahamiyatga ega. U texnikada kvars qumni soda bilan birga suyuqlantirish va amorf qumtuproqqa ishqorning konsentrlangan eritmasi bilan ishlov berish orqali olinadi:

$$SiO_2+Na_2CO_3=Na_2SiO_3+CO_2$$
$$SiO_2+2NaOH=Na_2SiO_3+H_2O$$

Suyuq shisha kislotabardosh betonlar tayyorlashda bog'lovchi sifatida, shuningdek, zamazkalar, qog'oz yelimi tayyorlash uchun ishlatiladi. Olovbardosh va suv singmaydigan qilish uchun gazlama, yog'och va qog'ozga suyuq shisha shimdiriladi.

**Kremniyning tabiiy birikmalari.** Yer qobig'i kremniy (IV) oksid bilan turli xil silikatlardan tarkib topgan. Tabiiy silikatlarning tarkibi va tuzilishi murakkab bo'ladi. Ba'zi tabiiy silikatlarning tarkibi quyidagicha: dala shpati $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6Si_2O_2$, asbest $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, sluda $K_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$, kaolinit $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Tarkibida aluminiy oksid ham bo'ladigan silikatlar *alumosilikatlar* deyiladi. Yuqorida aytib o'tilgan silikatlardan dala shpati, kaolinit va sluda alumosilikatlar hisoblanadi. Tabiatda alumosilikatlar, masalan, dala shpati eng ko'p tarqalgan. Turli xil silikatlarning aralashmalari ham ko'p uchraydi. Masalan, tog' jinslari — granitlar va gneyslar kvars, dala shpati hamda sludadan tarkib topgan.

Tog' jinslari va yer yuzasidagi minerallar harorat, so'ngra namlik va karbonat angidrid ta'sirida nuraydi, ya'ni asta-sekin yemiriladi. Dala shpatining nurash jarayonini ushbu reaksiya tenglamasi bilan ifodalash mumkin:

$$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 =$$
$$= Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2$$

Yemirilishning asosiy mahsuloti kaolinit — oq gilning asosiy tarkibiy qismi. Tog' jinslarining yemirilishi natijasida gil, qum va tuzlarning qatlamlari hosil bo'lgan.

## 11.9- §. Shisha va sementning olinishi

Sun'iy silikatlardan eng katta ahamiyatga ega bo'lganlari shisha, sement va keramikadir*.

**Shisha.** Odatdagi deraza oynasining tarkibi taxminan ushbu formula bilan ifodalanadi: $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$.

Shisha soda $Na_2CO_3$, ohaktosh $CaCO_3$ va oq qum $SiO_2$ aralashmasini maxsus pechlarda birga suyuqlantirish orqali olinadi.

---

* Tabiiy gillardan qoliplash, quritish va kuydirish yo'li bilan ishlab chiqariladigan materiallar va turli xil buyumlar *keramika* deyiladi. Bular g'isht, koshinlash plitalari, cherepitsa, quvurlar, sopol idish, chinni, fayans buyumlar va b.

Jarayonning ximizmini shunday tasavvur qilish mumkin: suyuqlantirishda natriy va kalsiy silikatlari hosil bo'ladi:

$$SiO_2+Na_2CO_3=Na_2SiO_3+CO_2\uparrow;$$
$$SiO_2+CaCO_3=CaSiO_3+CO_2\uparrow$$

Bu silikatlar bilan qumtuproq (u mo'l miqdorda olinadi) suyuqlanib, bir butun massa hosil qiladi va u asta-ekin sovitiladi:

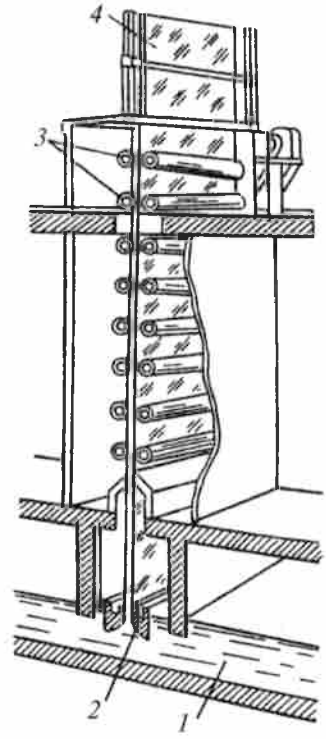
$$Na_2SiO_3+CaSiO_3+4SiO_2=Na_2O\cdot CaO\cdot 6SiO_2$$

Shisha ishlab chiqarishda soda o'rniga ko'pincha natriy sulfat va ko'mir ishlatiladi. Bu holda natriy silikat quyidagi reaksiya tenglamasiga muvofiq hosil bo'ladi:

$$2SiO_2+C+Na_2SiO_4=2Na_2SiO_3+CO_2\uparrow+2SO_2\uparrow$$

Maxsus shisha olish uchun boshlang'ich aralashmaning tarkibi o'zgartiriladi. Soda $Na_2CO_3$ o'rniga potash $K_2CO_3$ ishlatib, qiyin suyuqlanadigan shisha (kimyoviy idish uchun) olinadi. Bo'r $CaCO_3$ o'rniga qo'rg'oshin (II) oksid PbO, soda o'rniga esa potash ishlatib, *billur shisha* olinadi. Uning nurni sindirish xususiyati kuchli bo'lib, chiroyli idishlar tayyorlash uchun ishlatiladi.

Boshlang'ich aralashmaga metallarning oksidlarini qo'shish shishaga turlicha rang beradi: xrom (III) oksid $Cr_2O_3$ — yashil, kobalt (II) oksid CoO — ko'k, marganes (IV) oksid $MnO_2$ — to'q qizil va h.k. Shishalar harorat ko'tarilganda asta-sekin yumshaydi va suyuq holatga o'tadi. Teskari jarayon ham asta-sekin amalga oshiriladi — shisha massa sovigan sari quyuqlasha boradi. Shishadan turli xil buyumlar quyish uning ana shu xossasiga asoslangan. Shisha massadan mashinalar yordamida list shisha tortiladi (11.4-rasm).




**11.4- rasm.** Shisha list tortish mashinasi.

*1*—suyultirilgan shisha; *2*—idishcha; *3*—jo'va; *4*—shisha tasma.

Shishadan texnika ehtiyojlari uchun tola va to'qimalar tayyorlanadi. Shishakristall materiallar — *sitallar* ishlab chiqarish o'zlashtirilgan, ularning mustahkamligi shishanikiga nisbatan katta bo'ladi. Ulardan elektr izolator, idishlar va sh. o'. tayyorlanadi.

**Sement.** Odatdagi silikat sement, boshqacha aytganda portlandsement yashilroq-kulrang kukun bo'lib, suvga qorilganda havoda (yoki suvda) toshsimon massa bo'lib qotadi. Odatda, u ohaktosh bilan gildan iborat xomashyo massani qovushgunga qadar kuydirish (1400—1600 °C) yo'li bilan olinadi.

Qizdirish aylanib turadigan silindrsimon maxsus pechlarda amalga oshiriladi. Hosil bo'ladigan qovushgan donador massa *klinker* deb ataladi. Bu chala mahsulot. Klinkerga tegishli qo'shimchalar qo'shib, sharli tegirmonlarda mayin kukun holigacha maydalanadi va oxirgi mahsulot olinadi.

Tabiatda tarkibida portlandsement olish uchun zaruriy nisbatlarda ohaktosh bilan gil bo'ladigan jinslar uchraydi. Ular *mergellar* deyiladi. Mergelning katta qatlamlari Novorossiysk hududida bor; yirik sement zavodlari ana shu mergellar asosida ishlaydi.

Xomashyo aralashmasi sun'iy yo'l bilan ham olinadi. Aralashmaning tarkibini o'zgartirib, sementning turli xillari — tez qotadigan, sovuqqa chidamli, korroziyabardosh va boshqa turlari olinadi.

Sement, suv va to'ldirgichlar (qum, mayda tosh, chaqiqtosh, shlak) aralashmasi qotganidan keyin sun'iy tosh — beton hosil bo'ladi. Bu materiallarning aralashmasi qotgunga qadar beton qorishma deyiladi. Qotish paytida sement xamiri to'ldirgichlarning donlarini bir-biriga bog'laydi. Qorishma, hatto suvda ham qotadi. Orasiga po'lat armatura (ichki karkas) qo'yilgan beton *temir-beton* deyiladi. Beton va temir-betonlar gidroelektrostansiyalar, yo'llar, binolarning yuk tushadigan qismlarini qurishga ko'plab miqdorda sarflanadi.

Bog'lovchi material sifatida organik polimer yoki polimerlar bilan sementdan foydalanilgan betonlar ham tayyorlanadi. Bular alohida xossalarga ega bo'lgan *plastobetonlardir.*

Shisha, sement va keramika ishlab chiqarish silikat sanoatiga kiradi, bu sanoat kremniyning tabiiy birikmalarini qayta ishlaydi.

## 11.10- §. Namunaviy masalalar yechish

**1-masala.** Natriy karbonat $Na_2CO_3$ bilan uning kristallogidrati $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ dan tarkib topgan 160 g aralashma suv batamom chiqib ketguncha qizdiriladi. Qoldiqning massasi 133 g. Boshlang'ich aralashmadagi kristallogidratning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Qizdirilganda kristallogidrat parchalanadi:

$$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O = Na_2CO_3 + 10H_2O$$

Ajralib chiqqan suvning massasi (160—133) g=27 g ga teng. Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, 1 mol $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ dan 10 mol $H_2O$ hosil bo'ladi. Moddalarning molyar massalari: $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ — 286 g/mol, $H_2O$ — 180 g/mol. Shunday qilib, $1 \cdot 286$ g=286 g $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ parchalanganda $10 \cdot 18$ g=180 g $H_2O$ ajralib chiqadi:

$$286 \text{ g} — Na_2CO_3 \cdot 10H_2O — 180 \text{ g } H_2O$$
$$x — \text{g} — Na_2CO_3 \cdot 10H_2O — 27 \text{ g } H_2O$$

Proporsiya tuzamiz: 286 : 180=x : 27, bundan

$$x = \frac{286 \cdot 27}{180} \text{ g} = 42{,}9 \text{ g}$$

Kristallogidratning boshlang'ich aralashmadagi massa ulushi quyidagicha:

$$\frac{42{,}9 \cdot 100}{160} \approx 26{,}81\%$$

**2- masala.** Kalsiy va magniy karbonatlarning 20 g aralashmasiga xlorid kislota ta'sir ettirib, hajmi normal sharoitda o'lchangan 4,69 l uglerod (IV) oksid olindi. Aralashmadagi karbonatlarning massa ulushlarini aniqlang.

*Yechish.* Faraz qilaylik, $x$ — aralashmadagi $CaCO_3$ ning massasi (g hisobida) bo'lsin, u holda magniy karbonatning massasi $20 - x$ bo'ladi. $CaCO_3$ ga kislota ta'sir ettirilganda ajralib chiqqan $CO_2$ ning hajmini $y$ orqali belgilaymiz. U holda $MgCO_3$ ga HCl ta'sir ettirilganda ajralib chiqqan $CO_2$ ning hajmi $4{,}59 - y$ ga teng bo'ladi.

Reaksiyalarning tenglamalarini tuzamiz:

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O \text{ (a)}$$
$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O \text{ (b)}$$

Moddalarning molyar massalari: $CaCO_3$ — 100 g/mol, $MgCO_3$ — 84 g/mol; gazning normal sharoitdagi molyar hajmi 22,4 l/mol.

Tenglama (a) dan ko'rinib turibdiki, $1 \cdot 100$=100 g $CaCO_3$ dan $1 \cdot 22{,}4$ l=22,4 l $CO_2$ olish mumkin, u holda

$$100\ g\ CaCO_3 - 22{,}4\ l\ CO_2$$
$$x\ g\ CaCO_3 - y\ l\ CO_2$$

Proporsiya tuzamiz: 100 : 22,4=$x$: $y$, ya'ni

$$0{,}224\ x=y \qquad (d)$$

Tenglama (b) dan ko'rinib turibdiki, $1 \cdot 84$ g=84 g $MgCO_3$ dan $1 \cdot 22{,}4\ l$=22,4 $l$=22,4 $l$ $CO_2$ olish mumkin:

$$84\ g\ MgCO_3 - 22{,}4\ l\ CO_2$$
$$(20-x)\ g\ MgCO_3 - (4{,}69 - y)\ l\ CO_2$$

Proporsiya tuzamiz: 84 : 22,4=(20—$x$) : (4,69 —$y$), bundan

$$22{,}4\ x-84\ y-54=0. \qquad (e)$$

($d$) va ($e$) tenglamalar sistemasini yechib, $x$=15 g, 20—$x$=5 g ekanligini topamiz, ya'ni aralashmadagi kalsiy karbonat magniy karbonatning ulushlari tegishlicha quyidagiga teng:

$$\frac{15 \cdot 100}{20} = 75\% \quad \text{va} \quad \frac{5 \cdot 100}{20} = 25\%$$

**3-masala.** Mo'l marganes (IV) oksidga 50 g 30% li xlorid kislota ta'sir ettirilganda olingan xlor tarkibining bir litrida 0,5 mol kaliy bromid bor 200 ml eritma orqali o'tkaziladi. Har qaysi bosqichda mahsulotlar unumi 80% ni tashkil etsa, bunda necha gramm brom ajralib chiqqan?

*Yechish.* Reaksiyalarning tenglamalarini tuzamiz:

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O \qquad (a)$$
$$Cl_2+2KBr=2KCl+Br_2 \qquad (b)$$

Xlorid kislotadagi vodorod xloridning massasini aniqlaymiz:

$$\frac{50 \cdot 30}{100}\ g = 15\ g\ HCl$$

HCl ning molyar massasi 36,5 g/molga teng, demak, 15 g da quyidagicha bor:

$$\frac{15}{36{,}5}\ mol \approx 0{,}4\ mol.$$

Tenglama (a) dan ko'rinib turibdiki, 4 mol HCl dan 1 mol $Cl_2$ hosil bo'ladi, demak, 0,4 mol HCl dan 0,4/4=0,1 mol $Cl_2$

hosil bo'ladi. Mahsulot unumi 80% ekanligini e'tiborga olib, qancha xlor ajralib chiqqanligini topamiz:

Kaliy bromidning 20 ml eritmasida quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{200 \cdot 0{,}5}{100} \text{ mol} = 0{,}1 \text{ mol KBr.}$$

Tenglama (b) dan ko'rinib turibdiki, 1 mol $Cl_2$ 2 mol KBr bilan, 0,08 mol $Cl_2$ 0,16 mol KBr bilan reaksiyaga kirishadi. Demak, xlor ortiqcha, KBr — yetishmydigan miqdorda olingan.

2 mol dan 1 mol brom, 0,1 mol KBr dan — 0,05 mol ajralib chiqadi, ularning massalari, $0{,}05 \cdot 160$ g=8 g ($Br_2$ ning molyar massasi 160 g/mol ga teng). Bromning unumini (80%) e'tiborga olib, necha gramm brom ajralib chiqqanligini aniqlaymiz:

$$\frac{8 \cdot 80}{100} \text{ g} = 6{,}4 \text{ g}$$

### 11-BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**11.1.** IV A gruppachada elementlar atomining radiusi ortib borish tartibini toping.

1) kremniy; 2) qo'rg'oshin; 3) qalay; 4) uglerod;
5) germaniy.

A) 2, 3, 5, 1, 4; B) 4, 1, 5, 3, 2; C) 1, 3, 4, 5, 2;
D) 3, 4, 1, 5, 2; E) 5, 4, 3, 1, 2.

*Yechish.* Test shartida keltirilgan elementlar bosh gruppachada joylashgan. Ularda tartib raqami, yoki davr raqami ortib borishi bilan atom radiusi ham ortib boradi. Buning sababi, shu tartibda atomlarda elektron qobiqlar soni ortib borishidir. Bu qatorda 2-davrdagi uglerod, keyingi davrlardagi kremniy, germaniy, qalay va qo'rg'oshin joylashgan.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**11.2.** Massasi 39,6 g bo'lgan magniy va 37,8 g kremniy (IV) oksid orasidagi reaksiya natijasida hosil bo'lgan kremniyni eritish uchun massa ulushi 34% bo'lgan kaliy ishqor eritmasi ($r$=1,37 g/ml) dan qanday hajmi talab etiladi?

A) 1448; B) 156; C) 178,4; D) 151,5.

*Yechish.* Kimyoviy reaksiya tenglamasi

$$SiO_2+2Mg=2MgO+Si$$

Undan ko'rinishicha, reaksiyaga moddalar 1 : 2 mol nisbatda kirishar ekan. Oksidlovchining miqdori $n(SiO_2)$=37,8 : 60=0,63 mol, qaytaruvchiniki esa $n$(Mg) =39,6 : 24=1,65 mol ekan. Ularning nisbatlari 0,63 : 1,65=1 : 2,6 bo'lib, reaksiyaga $MgSiO_2$ ga qaraganda ortiqcha miqdorda olingan ekan. Mahsulotning (Si) miqdori $SiO_2$ nikiga teng bo'ladi, ya'ni $n$(Si) = 0,63 mol bo'ladi.

Kremniy bilan ishqor orasidagi reaksiya tenglamasi:

$$Si+2KOH+H_2O=K_2SiO_3+2H_2$$

Undan ko'rinishicha, reaksiya uchun talab etiladigan ishqor miqdori kremniynikidan 2 marta ko'p bo'ladi, ya'ni $n$(KOH)= $=2n(SiO_2)=2\cdot 0{,}63=1{,}26$ mol bo'lib, uning massasi $m$(KOH)= $=M(KOH)\cdot n(KOH)=56\cdot 1{,}26=70{,}56$ g bo'ladi. Test shartiga binoan, 100 g eritmada 34 g KOH bo'lsa, reaksiyaga talab etiladigan massa necha gramm eritmada bo'lishini hisoblaymiz:

100 g eritmada 34 g KOH bo'lsa,

$x$ g eritmada 70,56 g bo'ladi, undan $x=\frac{100\cdot 70{,}56}{34}=207{,}53$ g eritma, uning hajmi esa $V$ (KOH eritmasi) $\frac{m}{\rho}=207{,}53 : 1{,}37=151{,}5$ ml bo'ladi.

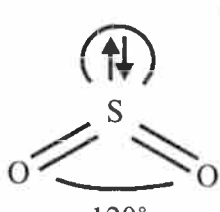
*Javob:* **E** bo'ladi.

**11.3.** Quyidagi moddalarning qaysilarida markaziy atom *sp*-gibridlangan orbitallarga ega?

1) uglerod (IV) oksid; 2) oltingugurt (IV) oksid; 3) asetilen; 4) kremniy (IV) oksid; 5) azot (V) oksid; 6) kaliy oksid; 7) azot.

A) 1, 2, 4; B) 1, 3, 7; C) 1, 5, 6; D) 2, 3, 7; E) 4, 5, 6.

*Yechish.* Uglerod (IV) oksidda 2 ta σ- va 2 ta π- bog' mavjud, uning tuzilishi chiziqli bo'ladi: O=C=O; gibridlanish *sp*- holatda ekanligi shubhasiz. Oltingugurt (IV) oksidda valentlik faqat 4 ta elektron vositasida amalga oshadi, ularning 2 tasi σ- bog', yana 2 tasi π- bog' hosil qilishda qatnashgan. Qolgan ikkita elektroni juftlashgan holatda bo'lib, u $sp^2$-gibrid orbitallardan birida joylashgan, kislorod atomlari S atomlari bilan burchakli (120°) molekula hosil qiladi.




Asetilen molekulasida ikkita uglerod atomi ikkita π- va bitta s- bog' orqali, qolgan valentlik bitta vodorod atomi bilan σ- bog' hosil qiladi:

H—C≡C—H, gibridlanish *sp*-holatda bo'ladi. Kremniy (IV) oksidi polimer tuzilishga ega bo'lib, undagi 4 ta elektron 4 ta σ- bog' hosil qilishda qatnashgan, kremniy atomi tetraedr markazida, undagi kislorod atomlari tetraedr cho'qqilarida joylashgan, har bir kislorod atomi qo'shni kremniy atomi bilan bog'langan. 4 ta σ-bog' bitta *s*- va 3 ta *p*- orbitallar hisobiga vujudga kelgan, demak, $SiO_2$ da $sp^3$- gibrid orbitallar mavjud bo'ladi. Azot (V) oksidda 4 ta valentlik bo'lib, ularning biri π-bog' hosil qilishda qatnashgan, qolgan 3 ta valentlikda qatnashgan elektronlar $sp^2$-gibrid orbitallarni egallagan.

Kaliy oksidda kovalent bog' yo'q, azot molekulasida azot atomining 3 ta toq elektronlaridan 2 tasi π- bog' hosil qilgan, bittasi δ-bog' hosil qilgan, ikkita elektroni *sp*- orbitalning birini egallaganligi

$$\uparrow\downarrow N{=}N\uparrow\downarrow$$

sababli bu molekula *sp*- gibridlangan holatda bo'ladi.

*Javob*: **B** bo'ladi.

**11.4.** Quyida keltirilgan qaytar reaksiyalarning muvozanat konstantalari quyidagicha bo'lsa

$$1)\ 2NO+O_2 \rightleftarrows 2NO_2,\ K'_M=6$$
$$2)\ 2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4,\ K''_M=4{,}5$$

ular orasida boshqa tenglama

$$2NO+O_2 \rightleftarrows N_2O_4$$

uchun muvozanat konstantasini hisoblang.

A) 17,5; B) 20; C) 23; D) 25; E) 27.

*Yechish.* 1- va 2- tenglamalarni ketma-ket boradigan reaksiya deb qabul qilish kerak, chunki 1- reaksiya mahsuloti ikkinchi reaksiyaning boshlang'ich moddasidir.

Unda

$$\frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}\cdot\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}=\frac{[N_2O_4]}{[NO]^2[O_2]}=6\cdot 4{,}5=27 \text{ bo'ladi.}$$

*Javob:* **E** bo'ladi.

**11.5.** Vodorod xloridni sintez qilish reaksiyasida hajmi 1 l bo'lgan reaktorda moddalarning konsentratsiyasi quyidagicha:

$[H_2]$ =0,8 mol, $[Cl_2]$ =0,2 mol va [HCl] =0,6 mol bo'lgan. Shu muvozanat holatida bo'lgan sistemaga qancha miqdorda xlor qo'shilganda vodorod xloridning qo'shimcha hosil bo'lgan konsentratsiyasi 0,2 mol bo'lishini hisoblang. Shu sistemaning muvozanat konstantasi 2,25 ga teng.

A) 0,1; B) 0,2; C) 0,3; D) 0,4; E) 0,5.

*Yechish.* Muvozanat holatda moddalar konsentratsiyalari:

| | $H_2$ + | $Cl_2$ ⇄ | 2HCl |
|---|---|---|---|
| | 0,8 | 0,2 | 0,6 |
| qo'shilgan modda konsentratsiyasi | | $+x$ | |
| hosil bo'lgan yoki kamaygan moddalar konsentratsiyasi | —0,1 | —0,1 | +0,2 |
| yangi muvozanat holatidagi konsentratsiyasi | 0,8—0,1= 0,7 | 0,2+$x$ − 0,1=$x$+0,1 | 0,6+0,2=0,8 |

$$K=\frac{(0,8)^2}{0,7(x+0,1)} \text{ dan } 2,25=\frac{0,64}{0,7x+0,07},\quad 1,58x+0,158=0,64$$

$1,58x = 0,482$; $x = 0,3$ mol.

*Javob:* **C** bo'ladi.

## *12- B O B.* METALLARNING UMUMIY XOSSALARI

### 12.1- §. Metallarning D. I. Mendeleyevning elementlar davriy sistemasida joylashgan o'rni

Agar D. I. Mendeleyevning elementlar davriy sistemasida (kitobning birinchi forzasiga q.) berilliydan astatga tomon diagonal o'tkazilsa, u holda diagonalning o'ng tomoni yuqorisida metallmas elementlar (yonaki gruppacha elementlari bundan mustasno), chap tomon pastida — metall elementlar (yonaki gruppachalarning elementlari ham shularga taalluqli) bo'ladi. Diagonal va uning yaqinida joylashgan elementlar (masalan, Be, Al, Ti, Ge, Nb, Sb va b.) ikki xil xossali bo'ladi.

Elementlarning oilalarga bo'linishiga asoslanib (2.8- §) shunday xulosaga kelish mumkin: metall elementlarga I va II guruppalarning s-elementlari, barcha *d*- va *f*- elementlar, shuningdek, bosh gruppa-

chalardagi *p*- elementlar: III (bordan tashqari), IV (Ge, Sn, Pb), V (Sb, Bi) va VI (Po) kiradi. Ko'rinib turibdiki, eng tipik metall elementlar davrlarning (ikkinchidan boshlab) boshlanish qismida joylashgan.

Shunday qilib, 109 elementdan 85 tasi metallardir. Ushbu kitobda bosh gruppachalardagi Na, K, Ca, Al va yonaki gruppachalardagi Cr, Fe elementlar ancha mukammal ko'rib chiqiladi. Shu elementlar kiradigan gruppachalarga ham umumiy tavsif berib ketiladi.

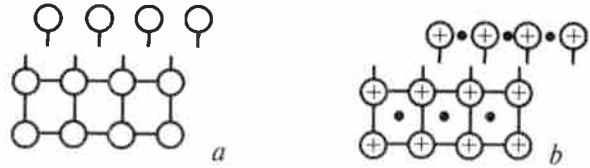
Kichik va katta davrlardagi elementlar atomlari pog'ona va pog'onachalarining elektronlar bilan to'lib borish tartibini 2.7-§ dan q. Bu paragrafni yana bir marta diqqat-e'tibor bilan o'qib chiqish, bunda metall elementlar atomlarining elektron qobiqlarining tuzilishiga alohida e'tibor berish lozim.

## 12.2- §. Metallarning fizik xossalari

Kovalent bog'lanishli modda kristaliga mexanik ta'sir o'tkazilsa, atomlarning ayrim qatlamlari siljiydi, natijada bog'lanishlar uziladi va kristall yemiriladi (12.1- rasm, *a*). Metall bog'lanishli kristallga xuddi shunday ta'sir ko'rsatilganda esa atomlarining qatlamlari bir-biriga nisbatan siljiydi, lekin elektronlar butun kristall bo'ylab harakatlangani tufayli bog'lanishlar uzilmaydi (12.1-rasm, *b*). Metallar nihoyatda plastik bo'ladi. Plastiklik Au, Ag, Cu, Sn, Pb, Zn, Fe qatorida kamayib boradi. Masalan, oltinni 0,003 mm qalinlikdagi listlar holida yoyish mumkin, bundan turli buyumlar sirtiga oltin qoplashda foydalaniladi.

Metallik yaltirog'i, odatda, kulrang tus va shaffof emaslik barcha metallar uchun xos xususiyatdir, bu erkin elektronlarning borligi bilan bog'liq.

Metallarning elektr o'tkazuvchanligi yaxshiligi ularda erkin elektronlar borligi bilan tushuntiriladi; bu elektronlar ozgina potensiallar ayirmasi ta'sirida ham manfiy qutbdan musbat qutbga tomon harakat qiladi.




**12.1- rasm.** Panjarali kristallarda qatlamlarning siljishi:
*a* — atomli panjara; *b* — metall panjara.

Temperatura ko'tarilishi bilan atomlarning (ionlarning) tebranishi kuchayadi, bu esa elektronlarning bir yo'nalishda harakatlanishini qiyinlashtiradi va bu bilan elektr o'tkazuvchanlikning kamayishiga olib keladi. Past temperaturalarda esa, aksincha, tebranma harakat juda kamayib ketadi va elektr o'tkazuvchanlik keskin ortadi. Kumush bilan misning elektr o'tkazuvchanligi eng katta. Ulardan keyin oltin, aluminiy, temir keladi. Mis bilan birgalikda aluminiydan ham elektr simlar tayyorlanadi.

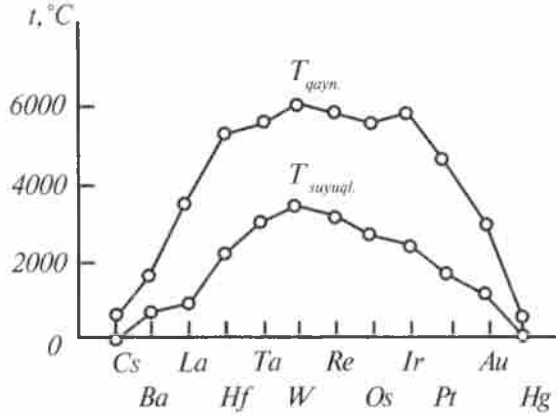
O'tkazuvchanligi bor metallmaslarda temperatura ko'tarilishi bilan o'tkazuvchanlik ortadi, bunga sabab kovalent bog'lanishlarning uzilishi hisobiga erkin elektronlar sonining ko'payishidir. Past temperaturalarda esa metallmaslar erkin elektronlari yo'qligi sababli tok o'tkazmaydi. Metallar bilan metallmaslarning fizikaviy xossalaridagi asosiy farq ana shundadir.

Ko'pchilik hollarda odatdagi sharoitda metallarning issiqlik o'tkazuvchanligi elektr o'tkazuvchanligi tartibida o'zgaradi. Issiqlik o'tkazuvchanlikka erkin elektronlarning juda harakatchanligi va atomlarning tebranma harakati sabab bo'ladi, shu tufayli metall massasida tez orada temperatura tenglashadi. Issiqlik o'tkazuvchanligi eng katta bo'lgan metallar — kumush bilan mis, eng kami — vismut bilan simob.

Metallarning zichligi turlicha bo'ladi. Metall elementning atom massasi qancha kichik va atomining radiusi qancha katta bo'lsa, uning zichligi shuncha kam bo'ladi. Metallar orasida eng yengili — litiy (zichligi 0,53 g/sm$^3$), eng og'iri — osmiy (zichligi 22,6 g/sm$^3$). Ilgari ta'kidlab o'tilganidek, zichligi 5 g/sm$^3$ dan kichik bo'lgan metallar yengil, qolganlari — og'ir metallar deyiladi.

Metallarning suyuqlanish va qaynash temperaturasi turlicha bo'ladi. Eng oson suyuqlanadigan metall — simob, uning suyuqlanish temperaturasi — 38,9°C, seziy va galliy tegishlicha 29 va 29,8°C da suyuqlanadi. Volfram — eng qiyin suyuqlanadigan metall, uning suyuqlanish temperaturasi 3390°C. U elektr lampalarning tolalarini tayyorlash uchun ishlatiladi. 1000°C yuqori temperaturalarda suyuqlanadigan metallar qiyin suyuqlanadigan, bundan past temperaturada suyuqlanadiganlari — oson suyuqlanadigan metallar deyiladi.

Suyuqlanish va qaynash temperaturalarining turli metallarda bir-biridan katta farq qilishini metallarda atomlar orasidagi kimyoviy bog'lanishning puxtaligi turlicha ekanligi bilan tushuntirish lozim. Tekshirishlar sof holdagi metall bog'lanish faqat ishqoriy va




**12.2- rasm.** VI davr metallarining suyuqlanish va qaynash temperaturalari egri chiziqlari.

ishqoriy-yer metallar uchungina xosligini ko'rsatdi. Lekin boshqa metallarda va ayniqsa, amfoter metallarda valent elektronlarning bir qismi lokallashgan, ya'ni qo'shni atomlar orasida kovalent bog'lanishni amalga oshiradi. Kovalent bog'lanish metall bog'lanishga nisbatan puxta bo'lganligi sababli, amfoter metallarning suyuqlanish va qaynash temperaturalari ishqoriy va ishqoriy-yer metallarnikiga qaraganda ancha yuqori bo'ladi, bu 12.2-rasmdan ham ko'rinib turibdi.

Metallar q a t t i q l i g i jihatdan bir-biridan farq qiladi. Eng qattiq metall — xrom (shishani qirqadi), eng yumshoqlari — kaliy, rubidiy va seziy. Ularni pichoq bilan oson kesish mumkin.

Metallar kristall tuzilishli bo'ladi. Ularning ko'pchiligi kubsimon panjara hosil qilib kristallanadi (3.18- rasmga q).

## 12.3- §. Metallarning kimyoviy xossalari

Metallarning atomlari valent elektronlarini ancha oson beradi va musbat zaryadlangan ionlarga aylanadi. Shuning uchun metallar qaytaruvchilar hisoblanadi. Ularning asosiy va eng umumiy kimyoviy xossasi ana shundan iborat.

Ravshanki, metallar qaytaruvchilar sifatida turli xil oksidlovchilar bilan, jumladan, oddiy moddalar, kislotalar, aktivligi kamroq bo'lgan metallarning tuzlari va ba'zi boshqa birikmalar bilan reaksiyalarga kirishadi. Metallarning galogenlar bilan hosil qilgan birikmalari galogenidlar, oltingugurtli birikmalari — sulfidlar, azotli birikmalari — nitridlar, fosforli birikmalari — fosfidlar, uglerodli birikmalari — karbidlar, kremniyli birikmalari — silitsidlar, bromli birikmalari — bromidlar, vodorodli birikmalari —

gidridlar deyiladi va h.k. Bu birikmalarning ko'pchiligi yangi texnikada muhim sohalarda ishlatiladi. Masalan, metallarning boridlaridan radiotexnikada, shuningdek, yadro texnikasida neytronli nurlanishni rostlovchi va undan muhofaza qiluvchi materiallar sifatida foydalaniladi.

Metallarning kislotalar bilan o'zaro ta'siri oksidlanish-qaytarilish jarayonidir. Vodorod ioni oksidlovchi bo'lib, metalldan elektronni biriktirib oladi:

$$\begin{array}{r|l} Ca - 2\bar{e} = Ca^{2+} & 1 \\ 2H^+ + 2\bar{e} = H_2 & 1 \end{array}$$

$$Ca + 2H^+ = Ca^{2+} + H_2$$

Metallarning aktivligi kamroq metallar tuzlarining suvdagi eritmalari bilan o'zaro ta'sirini ushbu misolda ko'rsatish mumkin:

$$Ni + CuSO_4 = NiSO_4 + Cu$$

$$\begin{array}{r|l} Ni - 2\bar{e} = Ni^{2+} & 1 \\ Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu & 1 \end{array}$$

Bu holda elektronlar aktivroq metall (Ni) atomlaridan ajraladi va aktivligi kamroq metall ionlariga ($Cu^{2+}$) birikadi.

Aktiv metallar suv bilan reaksiyaga kirishadi, bunda suv oksidlovchi bo'ladi. Masalan:

$$\begin{array}{r|l} Na - \bar{e} = Na^+ & 2 \\ 2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^- & 1 \end{array}$$

$$2Na + 2H_2O = 2Na^+ + 2OH^- + H_2\uparrow$$

Gidroksidlari amfoter bo'lgan metallar, odatda, kislotalarning eritmalari bilan ham, ishqorlarning eritmalari bilan ham reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$Be + 2HCl = BeCl_2 + H_2\uparrow$$

$$Be + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Be(OH)_4] + H_2\uparrow$$

Shunday qilib, metallarning metallmaslar, kislotalar, aktivligi kamroq metallar tuzlarining eritmalari, suv va ishqorlar bilan o'zaro ta'siri ularning asosiy kimyoviy xossasi — qaytaruvchilik xususiyatini tasdiqlaydi.

Metallar bir-biri bilan ham kimyoviy birikmalar hosil qilishi mumkin. Ularning umumiy nomi — *intermetall birikmalar* yoki *intermetallidlar.* Bularga ba'zi metallarning surma bilan hosil qilgan birikmalari misol bo'la oladi: $Na_2Sb$, $Ca_3Sb_2$, NiSb, $Ni_4Sb$, FeSb ($x = 0,72—0,92$). Ularda ko'pincha metallmaslar bilan hosil qilgan birikmalariga xos bo'lgan oksidlanish darajasiga rioya qilinmaydi. Odatda, bular bertollidlar bo'ladi.

Intermetallidlarda kimyoviy bog'lanish, asosan, metall bog'lanishdan iborat bo'ladi. Ular tashqi ko'rinishidan metallarga o'xshaydi. Intermetallidlarning qattiqligi, odatda, ularni hosil qilgan metallarnikidan yuqori, plastikligi esa ancha kam bo'ladi. Ko'pchilik intermetallidlar amalda ishlatiladi. Masalan, surma-aluminiy AlSb, surma-indiy InSb va boshqalardan yarimo'tkazgichlar sifatida ko'p foydalaniladi.

## 12.4-§. Texnikada metallar va qotishmalar

Ikkita yoki undan ko'p metallardan, shuningdek, metallar bilan metallmaslardan tarkib topgan sistemalar qotishmalar deyiladi. Qotishmalarning xossalari nihoyatda turli-tuman va boshlang'ich komponentlarnikidan farq qiladi. Masalan, 40% *kadmiy (suyuql. t. 321°C)* va 60% *vismutdan (suyuql. t. 271°C)* tarkib topgan qotishma 144°C da suyuqlanadi. Oltin bilan kumushning qotishmasi juda qattiq bo'ladi, vaholanki, bu metallarning o'zi nisbatan yumshoqdir.

Qotishmalarda kimyoviy bog'lanish metall bog'lanishdan iborat. Shuning uchun ularda metall yaltiroqligi, elektr o'tkazuvchanlik va metallarga xos boshqa xususiyatlar bo'ladi.

Qotishmalar metallarni suyuqlantirilgan holatda aralashtirish yo'li bilan olinadi, ular keyin sovitilganda qotadi. Bunda quyidagi tipik hollar bo'lishi mumkin:

1. Suyuqlantirilgan metallar bir-biri bilan istalgan nisbatda aralashadi, bir-birida cheksiz eriydi. Bularga bir xil turdagi panjaralar hosil qilib kristallanadigan va atomlarining o'lchamlari bir-biriga yaqin bo'lgan metallar, masalan, Ag — Cu, Cu — Ni, Ag — Au va b. kiradi. Bunday suyuqlanmalar sovitilganda *qattiq eritmalar* hosil bo'ladi. Bunday eritmalarning kristallarida ikkala metallning atomlari bo'ladi, shu sababli ular to'liq bir jinsli bo'ladi.

Sof metallarga nisbatan qattiq eritmalar nihoyatda mustahkamligi, qattiqligi va kimyoviy barqarorligi bilan ajralib turadi; ular plastik va elektr tokini yaxshi o'tkazadi.

2. Suyuqlantirilgan metallar bir-biri bilan istalgan nisbatda aralashadi, lekin sovitilganda qattiq eritma hosil bo'lmaydi. Bunday

| Elektrod | Oksidlangan shakli | Oksidlash xossalarining kuchayishi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $Li^+$ | $K^+$ | $Ca^{2+}$ | $Na^+$ | $Mg^{2+}$ | $Al^{3+}$ | $Mn^{2+}$ | $Zn^{2+}$ | $Cr^{3+}$ | $Fe^{2+}$ | $Ni^{2+}$ | $Sn^{2+}$ | $Pb^{2+}$ | $2H^+$ | $Cu^{2+}$ | $Hg_2^{2+}$ | $Ag^+$ | $Pt^{2+}$ | $Au^{3+}$ |
| | Qaytarilgan shakli | $Li$ | $K$ | $Ca$ | $Na$ | $Mg$ | $Al$ | $Mn$ | $Zn$ | $Cr$ | $Fe$ | $Ni$ | $Sn$ | $Pb$ | $H_2$ | $Cu$ | $2Hg$ | $Ag$ | $Pt$ | $Au$ |
| | $E^\circ$, B | -3,04 | -2,92 | -2,87 | -2,71 | -2,37 | -1,66 | -1,18 | -0,76 | -0,74 | -0,44 | -0,25 | -0,14 | -0,13 | 0,00 | 0,34 | 0,79 | 0,80 | 1,20 | 1,50 |
| | | Qaytarilgan xossalarining kuchayishi | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

12.1-jadval. **Metallarning standart elektrod potensiallar qatori.**

qotishmalar qotganida har qaysi metallning mayda kristallaridan iborat massa olinadi. Bu xususiyat Rb —Sn, Bi — Cb, Ag — Pb va b. qotishmalar uchun xosdir.

3. Suyuqlantirilgan metallar aralashtirilganda bir-biri bilan reaksiyaga kirishib, kimyoviy birikma — *intermetallidlar* hosil qiladi. Masalan, mis bilan rux ($CuZn$, $CuZn_3$, $Cu_3Zn_2$), kalsiy bilan surma ($Ca_3Sb_2$), natriy bilan qo'rg'oshin ($Na_2Pb$, $Na_2Rb_5$ $Na_4Pb_5$,) va b. birikmalar hosil qiladi. Ba'zi qotishmalarga boshlang'ich metallarning ularning o'zaro ta'sir mahsulotlari — intermetallidlar bilan aralashmasi sifatida qaraladi.

Hozirgi vaqtda ayrim qotishmalar *kukun metallurgiyasi* usuli bilan tayyorlanadi. Metallarning aralashmasi kukun holida olinadi, katta bosim ostida presslanadi va yuqori temperaturada qaytaruvchi muhitda qovushtiriladi. Bu usul bilan o'ta qattiq qotishmalar olinadi.

Qotishmalarni o'rganishga N. S. Kurnakov (1860 — 1941) katta hissa qo'shdi. U qotishmalarni tekshirishning fizik-kimyoviy analiz deyiladigan yangi usulini ishlab chiqdi. Bu usul yordamida ko'pchilik qotishmalarning tarkibi bilan xossalari orasidagi bog'liqlik aniqlandi, oldindan belgilangan xossali: kislotabardosh, issiqbardosh, o'ta qattiq va b. Qotishmalar olish imkoniyati yaratildi.

Aluminiy va temir asosida olingan qotishmalar juda katta ahamiyatga ega. Ba'zi qotishmalar tarkibiga metallmaslar, masalan, uglerod, kremniy, bor va b. kiradi.

## 12.5- §. Standart elektrod potensiallar qatori

O'rta maktabda siz metallarning elektrokimyoviy kuchlanishlar qatorini o'rgangansiz. Uning aniqroq nomi — *metallarning standart elektrod potensial qatoridir.*

Ayrim metallar uchun bu qator 12.1- jadvalda keltirilgan. Bunday qator qanday tuziladi? Nima uchun, masalan, bu qatorda natriy kalsiydan keyin turadi? Bu qatordan qanday foydalanish mumkin?

Birinchi savolga siz biladigan ma'lumotlar asosida javob berish mumkin. Istalgan metall elektrolit eritmasiga botirilganda metall/eritma sirt chegarasida potensiallar ayirmasi vujudga keladi, u *elektrod potensiali* deyiladi. Har qaysi elektrodning potensiali metallning tabiatiga, uning eritmadagi ionlarining konsentratsiyasiga va temperaturasiga bog'liq.

Alohida elektrodning potensialini bevosita o'lchab bo'lmaydi. Shuning uchun elektrod potensiallar *standart vodorod elektrodga* nisbatan o'lchanadi, uning potensiali temperaturaning barcha qiymatlarida shartli ravishda nolga teng deb olinadi. Vodorod elektrod platina kukuni (elektrolitik cho'ktirilgan platina) bilan qoplangan platina plastinkadan iborat bo'lib, u sulfat kislota eritmasiga botirilgan bo'ladi; kislota eritmasida vodorod ionlarining konsentratsiyasi 1 mol/l ga teng: plastinkani 25°C da 101,325 kPa bosimli gazsimon vodorod oqimi yuvib o'tib turadi (12.3- rasm).

Molekular vodorod eritmadan o'tganida eriydi va platina sirtiga yaqinlashadi. Platina sirtida vodorod molekulalari atomlarga ajraladi va adsorblanadi (sirtga o'tiradi). Vodorodning adsorblangan atomlari $H_{ads}$ ionlanadi:

$$H_{ads} - \bar{e} \rightarrow H^+$$

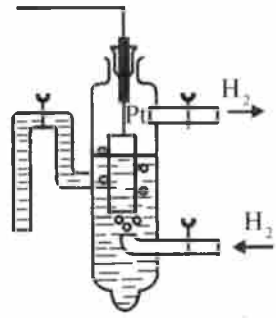
vodorod ionlari esa elektronlarni biriktirib olib, adsorblangan holatga o'tadi:

$$H^+ + \bar{e} \rightarrow H_{ads}.$$

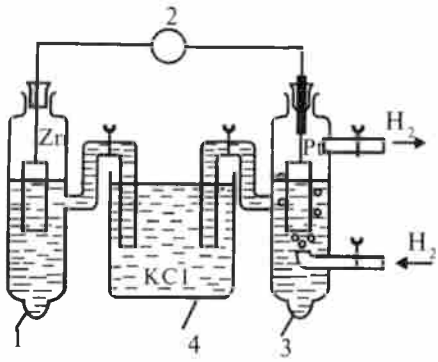
Vodorod elektroddagi ancha to'liq muvozanat ushbu sxema bilan ifodalanadi:

$$2H^+ + 2\bar{e} \rightleftarrows 2H_{ads\ (Pt)} \rightleftarrows H_2$$

Bu muvozanatning o'rta qismi odatda tushirib qoldiriladi, lekin bunday muvozanatning qaror topishida platina juda katta rol o'ynashini nazarda tutish lozim.




**12.3- rasm.** Standart vodorod elektrod.




**12.4- rasm.** Metallning standart elektrod potensialini o'lchash uchun galvanik zanjir:

*1*— aniqlanadigan elektrod; *2*— potensiometr; *3*— standart vodorod elektrod; *4*— kaliy xlorid eritmasi.

Agar endi istalgan metall plastinkasini uning tuzining eritmasiga botirib (bu eritmada metall ionlarining konsentratsiyasi 1 mol/l bo'lishi kerak), standart vodorod elektrod bilan 12.4-rasmda ko'rsatilgani kabi ulansa, u holda galvanik element (elektr-kimyoviy zanjir) olinadi; bu elementning elektr yurituvchi kuchini (qisqartirilgan EYK) oson o'lchash mumkin. Shu EYK berilgan elektrodning standart elektrod potensiali deyiladi (odatda, $E^0$ bilan belgilanadi).

Shunday qilib, **tekshirilayotgan elektrod bilan standart vodorod elektroddan tuzilgan galvanik elementning (elektr kimyoviy zanjirning) EYK *elektrod potensiali* deyiladi.**

Bunday zanjir 12.4-rasmda tasvirlangan. Elektrod potensiali *oksidlanish-qaytarilish potensiali* ham deyiladi.

Elektrod potensiallarni E va standart elektrod potensiallarni $E^\circ$ bilan belgilashda belgilar yoniga shu potensial qaysi sistemaga taalluqliligini ko'rsatuvchi indeks qo'yish qabul qilingan. Masalan, $2H^+ + 2\bar{e} \rightleftarrows H_2$ sistemaning standart elekdrod potensiali $E^0_{2H^+/H_2}$, $Li^+ + \bar{e} \rightleftarrows Li$ sistemaniki $E^0_{Li^+/Li}$, $MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$ sistemaniki esa $E^0_{MnO_4^- + 8H^+ / Mn^{2+} + 4H_2O}$ kabi yoziladi.

Metallarni standart elektrod potensiallarining algebraik qiymati ortib borishi tartibida joylashtirib, 12.1- jadvalda ko'rsatilgan qator olinadi. Unga boshqa oksidlanish-qaytarilish sistemalari (shu jumladan, metallmaslar sistemalari ham) ularning $E^0$ ga muvofiq holda kiritilishi mumkin, masalan, $E_{Cl_2/Cl^-} = 1{,}36\ B$, $E^0_{F_2/F^-} = 2{,}87\ B$, $E^0_{S/S^{2-}} = -0{,}51B$ va h.k. 12.1- jadvalda ko'rsatilgan qatorni eng muhim metallardan tuzilgan, 25°C suvli eritmalardagi oksidlanish-qaytarilish sistemalari standart elektrod potensiallari qatorining

bir bo'lagi sifatida qarash mumkin.* Bu qatordan oldin N. N. Beketovning «siqib chiqarish qatori» tuzilgan edi.

Standart elektrod potensiallarning ko'pchiligini tajribada aniqlash mumkin. Lekin ishqoriy metallar va ishqoriy-yer metallar uchun $E^0$ qiymatlari faqat nazariy hisoblab topiladi, chunki bu metallar suv bilan o'zaro ta'sirlashmaydi.

Standart elektrod potensiallar qatori metallarning kimyoviy xossalarini tavsiflaydi. Bu qator elektrolizda ionlar qanday ketma-ketlikda qaytarilishini aniqlash uchun, shuningdek, metallarning boshqa xossalarini bayon qilishda ishlatiladi (10.9- va 12.5- § larga q.).

**Potensialning algebraik qiymati qancha kichik bo'lsa, shu metallning qaytaruvchilik xususiyati shuncha kuchli va ionlarining oksidlash xususiyati shuncha kam bo'ladi.**

Bu qatordan ko'rinib turibdiki, litiy metali — eng kuchli qaytaruvchi, oltin — eng kuchsiz. Va, aksincha, oltin ioni $Au^{3+}$ eng kuchli oksidlovchi, litiy ioni $Li^+$ — eng kuchsiz (21.1- jadvalda bu xossalarning kuchayib borishi strelkalar bilan ko'rsatilgan).

Standart elektrod potensiallar qatorida har qaysi metall o'zidan keyingi metallarni tuzlarining eritmalaridan siqib chiqara oladi. Lekin bu hamma hollarda ham albatta siqib chiqaradi, degan so'z emas. Masalan, aluminiy misni mis (II) xlorid $CuCl_2$ eritmasidan siqib chiqaradi, lekin uni mis (II) sulfat $CuCO_4$ eritmasidan amalda siqib chiqara olmaydi. Bunga sabab shuki, aluminiy sirtidagi himoya pardasini xlorid-ion $Cl^-$ lar sulfat-ion $SO_4^{2-}$ larga qaraganda tezroq yemiradi.

Metallarni ularning tuzlari eritmalaridan ancha aktiv ishqoriy metallar va ishqoriy-yer metallar tomonidan siqib chiqarilish reaksiyalarining tenglamalarini, ko'pincha, standart elektrod potensiallar qatori asosida yozadilar va, tabiiyki, xato qiladilar. Bu holda metallar siqib chiqarilmaydi, chunki ishqoriy metallar va ishqoriy-yer metallarning o'zi suv bilan reaksiyaga kirishadi.

Standart elektrod potensiallarning qiymatlari manfiy bo'lgan, ya'ni qatorda vodoroddan oldin turgan barcha metallar suyultirilgan kislotalardan (HCl yoki $H_2SO_4$ ga o'xshash) vodorodni

---

* AQSHda elektrod potensiallarning teskari ishoralari qabul qilingan: eng musbati (+3,04 V). $Li^+/Li$ elektrodda va eng manfiyi (—2,87 V) $F_2/2F^-$ sistemada. Ingliz tilidan tarjima qilingan o'quv adabiyotida xuddi shunday hisoblash tartibini uchratish mumkin.

Simvol Hg simob (I) tuzining eritmasida simob elektrodga tatbiq etiladi, uning ionini, dimer holida ifodalash qabul qilingan:

$$Hg^{2+} + 2\bar{e} \rightleftarrows 2Hg$$

siqib chiqaradi va o'zi kislotalarda eriydi. Lekin qo'rg'oshin sulfat kislotaning suyultirilgan eritmalarida amalda erimaydi. Bunga sabab shuki, qo'rg'oshin sirtida darhol kam eriydigan qo'rg'oshin sulfat $PbSO_4$ tuzidan iborat himoya qatlami hosil bo'ladi va u eritmani metallga tekkizmay qo'yadi. Qatorda vodoroddan keyin turgan metallar uni kislotalardan siqib chiqara olmaydi.

Keltirilgan misollardan shunday xulosa chiqarish mumkin: standart elektrod potensiallar qatoridan foydalanishda ko'rib chiqilayotgan jarayonlarning o'ziga xos xususiyatlarini e'tiborga olish lozim. Eng asosiysi — shuni nazarda tutish kerakki, standart elektrod potensiallar qatorini suvdagi eritmalargagina tatbiq etish mumkin va ular suvli muhitda boradigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida metallarning kimyoviy aktivligini ko'rsatadi.

Standart elektrod potensiallar qatorida natriy Na kalsiy (Ca) dan keyin joylashgan: uning standart elektrod potensialining algebraik qiymati kattaroq.

Har qanday galvanik elementning EYK ini standart elektrod potensiallar $E^0$ ning ayirmasidan hisoblab topish mumkin. Bunday EYK doimo musbat kattalik ekanligini nazarda tutish kerak. Shuning uchun algebraik qiymati katta bo'lgan elektrod potensialidan algebraik qiymati kichik bo'lgan elektrod potensialini ayirish lozim. Masalan, mis — rux elementining EYKi standart sharoitlarda $0,34 - (-0,76) = 1,1$ V bo'ladi.

## 12.6- §. Metallar olishning asosiy usullari

Metallar tabiatda erkin holatda (yombi metallar) va, asosan, kimyoviy birikmalar holida uchraydi.

Aktivligi eng kam bo'lgan metallar yombi metallar holida uchraydi. Ularning asosiy vakillari oltin bilan platinadir. Kumush, mis, simob, qalay tabiatda yombi holida ham, birikmalar holida ham, qolgan barcha metallar (standart elektrod potensiallar qatorida qalaygacha bo'lgan metallar) faqat boshqa elementlar bilan hosil qilgan birikmalari holida uchraydi.

Tarkibida metallar va ularning birikmalari bor, sanoatda metallar olish uchun yaroqli bo'lgan minerallar va tog' jinslari *rudalar* deyiladi. Metallarning eng muhim rudalari ularning oksidlari va tuzlaridir (sulfidlari, karbonatlari va h.k.). Agar ruda tarkibida ikkita va undan ko'p metallarning birikmalari bo'lsa, bunday rudalar *polimetall rudalar* deyiladi (masalan, mis-ruxli, qo'rg'oshin-kumushli va b.)

Rudalardan metallar olish — metallurgiyaning vazifasidir.

***Metallurgiya* — bu tabiiy xomashyodan sanoatda metallar olish usuli haqidagi fan. Metallurgiya sanoati ham metallurgiya deyiladi.**

Hozirgi metallurgiyada 75 xildan ko‘p metallar va ular asosida turli-tuman qotishmalar olinadi. Metallar olishning usullariga qarab piro-, gidro- va elektrometallurgiya bo‘ladi.

P i r o m e t a l l u r g i y a metallurgiyada yetakchi o‘rinni egallaydi. U rudalardan metallarni yuqori temperaturalarda qaytarish reaksiyalari yordamida olish usullarini o‘z ichiga oladi. Qaytaruvchilar sifatida ko‘mir, aktiv metallar, uglerod (II) oksid, vodorod, metan ishlatiladi. Masalan, ko‘mir bilan uglerod (II) oksid qizil mis rudasi (kuprit) $Cu_2O$ dan misni qaytaradi:

$$Cu_2O+C=2Cu+CO$$
$$Cu_2O+CO=2Cu+CO_2$$

Temir rudalaridan cho‘yan va po‘lat olish ham pirometallurgiyaga misol bo‘ladi (14.9- § ga q.).

Agar ruda metall sulfidi bo‘lsa, u oldin kuydirib oksidlash (havoli joyda kuydirish) yo‘li bilan oksidga aylantiriladi. Masalan:

$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$$

So‘ngra metall oksidi ko‘mir yordamida qaytariladi:

$$2ZnO+C=2Zn+CO_2$$

Ko‘mir (koks) bilan qaytarib olinadigan metallar karbidlar hosil qilmaydigan yoki beqaror karbidlar (uglerodli birikmalar) hosil qiladigan hollardagina qo‘llaniladi; bunday metallarga temir va ko‘pchilik rangdor metallar — mis, rux, kadmiy, germaniy, qalay, qo‘rg‘oshin va b. kiradi.

Metallarni ularning birikmalaridan kimyoviy jihatdan aktivroq bo‘lgan boshqa metallar bilan qaytarish m e t a l l o t e r m i y a deyiladi. Bu jarayonlar ham yuqori temperaturalarda sodir bo‘ladi. Qaytaruvchilar sifatida aluminiy, magniy, kalsiy, natriy, shuningdek, kremniy ishlatiladi. Agar qaytaruvchi aluminiy bo‘lsa, u holda jarayon a l u m i n o t e r m i y a, agar magniy bo‘lsa — m a g n i y t e r m i y a deyiladi. Masalan:

$$Cr_2O_3+2Al=2Cr+Al_2O_3;\quad TiCl_4+2Mg=Ti+2MgCl_2$$

Metallotermiya yo‘li bilan, odatda, qaytarilganda ko‘mir bilan karbidlar hosil qiladigan metallar (va ularning qotishmalari) olinadi. Bular — marganes, xrom, titan, molibden, volfram va b. Ba’zan metallar ularning oksidlaridan vodorod bilan qaytariladi (v o d o r o d o t e r m i y a). Masalan:

$$MoO_3+3H_2=Mo+3H_2O;\qquad WO_3+3H_2=W+3H_2O$$

Bunda juda toza metallar olinadi.

Gidrometallurgiyaga metallarni tuzlarining eritmalaridan olish usullari kiradi. Bunda ruda tarkibiga kiradigan metall dastlab mos reagentlar yordamida eritmaga o'tkaziladi, so'ngra shu eritmadan ajratib olinadi. Masalan, tarkibida mis (II) oksid CuO bor mis rudasiga suyultirilgan sulfat kislota bilan ishlov berilganda mis sulfat holida eritmaga o'tadi:

$$CuO+H_2SO_4=CuSO_4+H_2O$$

So'ngra mis eritmadan elektroliz yo'li bilan yoki temir kukuni yordamida siqib chiqarish orqali ajratib olinadi:

$$CuSO_4+Fe = Cu+FeSO_4$$

Hozirgi vaqtda qazib olinadigan barcha misning 25% *ga yaqini gidrometallurgiya usuli bilan olinadi. Bu usulning kelajagi porloq, chunki rudani yer yuzasiga chiqarmay turib metallar olishga imkon beradi.*

*Oltin, kumush, rux, kadmiy, molibden, uran va boshqa metallar ham shu usul bilan olinadi. Tarkibida yombi oltin bor rudaga maydalangandan keyin kaliy sianid* eritmasi bilan ishlov beriladi. Bunda oltinning hammasi eritmaga o'tadi. U eritmadan elektroliz usulida yoki rux metali bilan siqib chiqarish orqali ajratib olinadi.

Elektrometallurgiyaga metallarni elektroliz yordamida olish usullari kiradi. Bu usul bilan, asosan, yengil metallar — aluminiy (13.11- § ga q.), natriy (13.2- § ga q.) va boshqa suyuqlantirilgan oksidlaridan yoki xloridlaridan olinadi.

Elektrolizdan ba'zi metallarni tozalash uchun ham foydalaniladi. Tozalanadigan metalldan anod tayyorlanadi. Elektroliz vaqtida anod eriydi, metall ionlari eritmaga o'tadi, katodda esa ular cho'kadi. Elektrolitik toza metallar: mis, kumush, temir, nikel, qo'rg'oshin va boshqalar ana shunday olinadi.

Hozirgi yarimo'tkazgichlar texnikasi bilan atom texnikasiga nihoyatda toza (qo'shimchalar miqdori ko'pi bilan 10%) metallar zarur. Metallarni puxta tozalashning eng muhim usullari zonali suyuqlantirish, metallarning uchuvchan birikmalarini qizdirilgan sirtda parchalash, metallarni vakuumda qayta suyuqlantirish va b.

Shunday qilib, metallarni birikmalaridan olishning barcha usullari oksidlanish-qaytarilish jarayonlariga asoslangan.

## 12.7- §. Metallarning korroziyalanishi

Metallar korroziyaga uchraydi. Korroziyalanish deganda metallarning tevarak-atrofdagi muhit ta'sirida yemirilishi tushuniladi. Bu o'z-o'zidan boradigan oksidlanish-qaytarilish jarayonidir. Yemirilishning sodir bo'lish mexanizmiga ko'ra korroziya ikki xil — kimyoviy va elektrokimyoviy bo'ladi.

**Metallning tevarak-atrofdagi muhitda oksidlanib yemirilishida sistemada elektr toki paydo bo'lmasa, bunday yemirilish *kimyoviy korroziyalanish* deyiladi.**

Bu holda metall muhitning tarkibiy qismlari — gazlar va noelektrolitlar bilan reaksiyaga kirishadi.

Kimyoviy korroziyalanishning gazdan korroziyalanish deyiladigan turi, ya'ni metallarning havo kislorodi bilan birikishi katta zarar keltiradi. Harorat ko'tarilganda ko'pchilik metallarning oksidlanish tezligi juda ortib ketadi. Masalan, temirda 250 — 300°C dayoq oksidlarning ko'rinadigan pardasi hosil bo'ladi. 600°C va undan yuqorida metallarning sirti temirning turli xil oksidlari: FeO; $Fe_3O_4$; $Fe_2O_3$ dan iborat kuyindi qatlami bilan qoplanadi. Kuyindi temirni keyingi oksidlanishdan muhofaza qila olmaydi, chunki unda darz ketgan joylar va g'ovaklar bo'lib, ular metallga kislorodning o'tishini osonlashtiradi. Shuning uchun temir 80°C dan yuqorida qizdirilganda uning oksidlanish tezligi juda ortib ketadi.

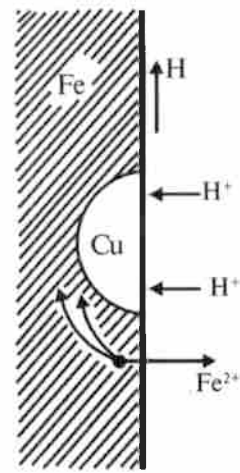
Noelektrolitlardagi kimyoviy korroziyalanishga ichki yonuv dvigatellari silindrlarining yemirilishi misol bo'la oladi. Yoqilg'ida qo'shimchalar — oltingugurt va uning birikmalari bo'ladi, ular yonganida oltingugurt (IV) va (VI) oksidlarga — korrozion-aktiv moddalarga aylanadi. Ular reaktiv dvigatellarning detallarini — soplo va boshqalarni yemiradi.

Elektrokimyoviy korroziya eng katta zarar keltiradi.

**Metallning elektrolit muhitida yemirilishida sistema ichida elektr toki vujudga kelsa, bunday yemirilish *elektrokimyoviy korroziyalanish* deyiladi.**

Bu holda kimyoviy jarayonlar (elektronlar berish) bilan birga elektr jarayonlar (elektronlarning bir qismdan boshqa qismga o'tishi) ham sodir bo'ladi.

Elektrokimyoviy korroziyalanishga misol tariqasida elektrolit xlorid kislota eritmasida (ya'ni vodorod ionlari $N^+$ ning konsentratsiyasi yuqori bo'lganda) misga tegib turgan temirning korroziyalanishini keltirish mumkin. Metallar bir-




**12.5- rasm.** Galvanik juftning ta'sir sxemasi.

biriga bunday tegib turganda galvanik element vujudga keladi (7.1- § va 12.5- rasmga q).*

12.5- rasmda ko'rsatilganidek, aktivroq metall — temir (anod) elektronlarini mis atomlariga berib, oksidlanadi va $Fe^{2+}$ ionlari holida eritmaga o'tib, muhitning xlorid ionlari bilan temir (II) xlorid $FeCl_2$ hosil qiladi. Vodorod ionlari esa misga (katodga) borib, elektronlarni biriktirib oladi va zaryadsizlanadi. Bu reaksiyalarni ionli ko'rinishda ushbu umumiy tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$Fe - 2\bar{e} = Fe^{2+}$$

$$2H^+ + 2\bar{e} = H_2$$

$$Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2$$

yoki

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

Katodlarda vodorod ionlari (yoki suv molekulalari) zaryadsizlanishi o'rniga elektrolitda erigan kislorodning qaytarilish jarayoni sodir bo'lishi ham mumkin:

$$O_2 + 2H_2O + 4\bar{e} = 4OH^-,$$

ya'ni katod sirtida kislorod molekulalari elektronlarni bog'laydi. Bu katodning *kislorodli qutbsizlanishi* deyiladi. Bunda qanday jarayon sodir bo'lishi sharoitga bog'liq: kislotali muhitda vodorod ajralib chiqadi (katodning vodorodli qutbsizlanishi sodir bo'ladi: $2H^+ + 2\bar{e} = H_2$) neytral va ishqoriy muhitlarda (po'latning, temirning korroziyalanishida) katodning kislorodli qutbsizlanishi sodir bo'ladi va vodorod ajralib chiqmaydi. Bu holda hosil bo'lgan gidroksid-ionlar $ON^-$ eritmaga o'tgan $Fe^{2+}$ ionlari bilan birikadi:

$$Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2$$

Temir (II) oksid suv va havo kislorodi ishtirokida temir (III) gidroksidga aylanadi.

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$$

* Elektrodlarning nomini va ularning belgilarini bir-biridan farqlash lozim. Galvanik elementlarda manfiy elektrod anod, musbati — katod deyiladi. Elektrolizda elektrodlarning nomi teskari ataladi, ya'ni manfiy elektrod katod (tok manbayining manfiy qutbi bilan bog'langan), musbat qutbi — anod deyiladi (tok manbayining musbat qutbi bilan bog'langan). Bunday farq bo'lishiga sabab shuki, sistemadan elektronlarni olib ketuvchi elektrodni anod, sistemaga elektronlar kirituvchi elektrodni katod deb atash kelishib olingan.

Temir (III) gidroksidni $2Fe_2O_3 \cdot 6H_2O$ tarzida ifodalash mumkin. Qo'ng'ir zangning tarkibi noaniq: $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$.

Elektrokimyoviy korroziyani, asosan, boshqa metallarning va metallmas moddalarning qo'shimchalari yoki sirtning bir jinsli emasligi keltirib chiqaradi. Elektrokimyoviy korroziya nazariyasiga muvofiq, bunday hollarda metall elektrolitga tekkanida (elektrolit havodan adsorbilangan namlik bo'lishi mumkin) uning sirtida galvanik mikroelementlar vujudga keladi. Bunda potensiali manfiyroq bo'lgan metall yemiriladi — uning ionlari eritmaga, elektronlar esa aktivligi kamroq bo'lgan metallga o'tadi va bu metallda vodorod ionlari qaytariladi(vodorodli qutbsizlanish) yoki suvda erigan kislorod qaytariladi (kislorodli qutbsizlanish).

Shunday qilib, elektrokimyoviy korroziyalanishda (har xil metallar bir-biriga tegib turganida ham, bitta metallning sirtida mikrogalvanik elementlar hosil bo'lganida ham) elektronlar oqimi aktivroq metalldan aktivligi kamroq metallga (o'tkazgichga) yo'nalgan bo'ladi va aktivroq metall korroziyalanadi. Galvanik elementni (galvanik juftni) hosil qilgan metallar standart elektrod potensiallar qatorida bir-biridan qancha uzoq joylashgan bo'lsa, korroziyalanish tezligi shuncha katta bo'ladi.

Korroziyalanish tezligiga elektrolit eritmasining xususiyati (muhiti) ham ta'sir qiladi. Uning kislotaliligi qancha yuqori (ya'ni pHi kichik) va tarkibida oksidlovchilar miqdori qancha ko'p bo'lsa, korroziya shuncha tez ketadi. Korroziyalanish harorat ko'tarilganda ham ancha kuchayadi.

Ba'zi metallarga havo kislorodi tekkanida yoki agressiv muhitda passiv holatga o'tadi, bunda korroziyalanish keskin kamayadi. Masalan, konsentrlangan nitrat kislota temirni osonlik bilan passiv holatga o'tkazadi va u amalda konsentrlangan nitrat kislota bilan reaksiyaga kirishmaydi. Bunday hollarda metall sirtida zich himoya oksid pardasi hosil bo'ladi, u metallni muhitga tekkizmay qo'yadi.

Himoya pardasi aluminiy sirtida doimo bo'ladi (13.11-§ ga q.). Bunday pardalar quruq havoda Be, Cr, Zn, Ta, Ni, Cu va boshqa metallar sirtida ham hosil bo'ladi*. Kislorod eng ko'p tarqalgan passivator hisoblanadi.

Zanglamaydigan po'lat va qotishmalarning korroziyabardoshligi ularning passivlanishi bilan tushuntiriladi.

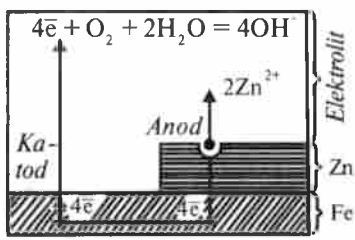
---

* Metallarning passiv holatga o'tishi ko'pincha uning sirtida kislorod atomlarining xemosorbilangan qatlami hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Bunda kislorod atomlari metallning barcha sirtini yoki uning bir qismini qoplashi mumkin. Oson passivlanadigan boshqa metall bilan legirlash, metall sirti yaqinida passivatorning konsentratsiyasini oshirish va boshqa omillar passivlanishga yordam beradi.

## 12.8- §. Korroziyadan muhofaza qilish

Metallarning korroziyalanishi uzluksiz davom etadi va katta zarar yetkazadi. Temirning korroziyalanish tufayli bevosita isroflari yiliga suyuqlantirib olinadigan temirning 10% ga yaqinini tashkil etishi hisoblab chiqilgan. Korroziyalanish natijasida metall buyumlar o'zining qimmatli texnikaviy xossalarini yo'qotadi. Shuning uchun metall va qotishmalarni korroziyalanishdan muhofaza qilish usullari katta ahamiyatga ega. Ular nihoyatda turli-tumandir. Ulardan ba'zilarini aytib o'tamiz.

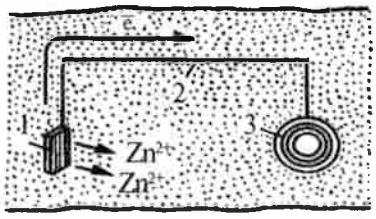
**Metallarning himoya sirt qoplamalari.** Ular metalldan (rux, qalay, xrom va boshqa metallar bilan qoplash) va metallmasdan (lok, bo'yoq, emal va boshqa moddalar bilan qoplash) qilinishi mumkin. Bu qoplamlar metallni tashqi muhitdan ajratib turadi. Masalan, tomga yopiladigan tunuka rux bilan qoplanadi: ruxlangan tunukadan turmushda va sanoatda ishlatiladigan ko'pgina buyumlar tayyorlanadi. Rux qatlami temirni korroziyalashdan saqlaydi, rux temirga qaraganda ancha aktiv metall bo'lsa ham (metallarning standart elektrod potensiallar qatoriga, 12.1- jadvalga q.), u oksid pardasi bilan qoplangandir. Himoya qatlam buzilganda (tirnalganda, tom teshilganda va h.k.) namlik ishtirokida galvanik juft Zn/Fe vujudga keladi. Unda temir katod (musbat qutb), rux — anod (manfiy qutb) bo'ladi (12.6-rasm). Elektronlar ruxdan temirga o'tadi va kislorod molekulalari bilan bog'lanadi (kislorodli qutbsizlanish), rux esa eriydi; lekin rux qatlamining hammasi yemirilib bo'lguncha temir himoyalanganicha qoladi, bu esa ancha uzoq vaqtda sodir bo'ladi. Temir buyumlar sirtini nikel, xrom bilan qoplash korroziyalanishdan muhofaza qilishdan tashqari buyumlarning tashqi ko'rinishini chiroyli qiladi.




**12.6- rasm.** Ruxning galvanik juft Zn/Fe da korroziyadan yemirilishi.

**Antikorrozion xossalarga ega bo'lgan qotishmalar yaratish.** Po'lat tarkibiga 12% ga qadar xrom kiritish yo'li bilan korroziyabardosh zanglamaydigan po'lat olinadi. Nikel, kobalt va mis qo'shish po'latning antikorrozion xossalarini kuchaytiradi, chunki qotishmaning passivlashishga

moyilligi ko'payadi. Antikorrozion xossali qotishmalar yaratish — korroziya tufayli bo'ladigan isroflarga qarshi kurashning muhim yo'nalishlaridan biridir.




**12.7- rasm.** Yerosti metall quvurlarining protektorli muhofaza sxemasi:

*1* — protektor (rux, u korroziyalaydi); *2* — tok o'tkazgich; *3* — quvur (rux elektronlari hisobiga muhofazalangan).

**Protektor himoya va elektr himoya.** Protektor himoya elektrolit muhitida (dengiz suvi, yerosti suvlari, tuproq suvlari va h.k.) bo'ladigan konstruksiya (yerosti quvuri, kema korpusi) muhofaza qilinadigan hollarda qo'llaniladi. Bunday himoyaning mohiyati shundan iboratki, konstruksiya protektor* — muhofaza qilinadigan konstruksiya metaliga qaraganda aktivroq metallga ulanadi. Po'lat buyumlarni muhofaza qilishda protektor sifatida odatda magniy, aluminiy, rux va ularning qotishmalaridan foydalaniladi. Korroziyalanish jarayonida protektor anod bo'lib xizmat qiladi va yemiriladi, bu bilan konstruksiyani yemirilishdan saqlab qoladi (12.7- rasm). Protektorlar yemirilgan sari ularni yangisi bilan almashtirib boriladi.

Elektr himoya ham shu prinsipga asoslangan. Elektrolit muhitida turgan konstruksiya bunda ham boshqa metallga (odatda, temir bo'lagi, rels va sh. o'.), lekin tashqi tok manbayi orqali ulanadi. Bunda himoyalanadigan konstruksiya katodga, metall — tok manbayining anodiga ulanadi. Tok manbayi anoddan elektronlarni oladi, anod (muhofaza qiluvchi metall) yemiriladi, katodda esa oksidlovchining qaytarilishi sodir bo'ladi.

Elektr himoyaning protektor himoyadan afzalligi bor: uning ta'sir radiusi 2000 m ga yaqin, protektor himoyaniki esa — 50 m atrofida bo'ladi.

**Muhit tarkibini o'zgartirish.** Metall buyumlarning korroziyalanishini sekinlashtirish uchun elektrolitga *korroziyani sekinlatuvchi* moddalar yoki *ingibitorlar* deyiladigan moddalar (ko'pincha organik) qo'shiladi. Ular metallni kislota yemirishidan saqlash zarur bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

---

* Lat. protector — himoyachi, homiy.

Keyingi yillarda uchuvchan ingibitorlar (boshqacha aytganda atmosfera ingibitorlari) ishlab chiqildi. Ular qog'ozga shimdiriladi va metall buyumlar shu qog'oz bilan o'raladi. Ingibitorlarning bug'i metall sirtiga adsorbilanadi va unda himoya pardasini hosil qiladi.

Ingibitorlar bug' qozonlarini quyqadan kimyoviy tozalashda, ishlov berilgan buyumlar sirtidan kuyindini yo'qotishda, shuningdek, xlorid kislotani po'lat idishda saqlash va tashishda ko'p ishlatiladi. Anorganik ingibitorlar qatoriga nitritlar, xromatlar, fosfatlar, silikatlar kiradi. Ingibitorlarning ta'sir etish mexanizmi ko'pchilik kimyogarlarning tadqiqot mavzusidir.

## 12-BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**12.1.** Quyidagi *p*- elementlar orasidan metall xususiyatiga ega bo'lganlarni toping:

1) kremniy; 2) bor; 3) fosfor; 4) surma;
5) mishyak; 6) qalay; 7) selen; 8) vismut;
9) tellur; 10) poloniy.

A) 1, 3, 5, 7; B) 2, 4, 5, 6; C) 4, 6, 8, 10;
D) 5, 6, 7, 10.

*Yechish.* Davriy sistemada faqat 22 ta element (ulardan ikkitasi *s*-elementlar — vodorod va geliy; qolgan 20 tasi *p*-elementlar) metallmaslar gruppasini tashkil etadi. Ular qatoriga yana 5 ta nodir gazlar (Ne, Ar, Kr, Xe va Rn), galogenlar (F,Cl, Br, I va At), kislorod va xalkogenlar (O, S, Se, Te), VA gruppachadagi 3 ta element (N, P va As), IVA gruppachada (C va Si) va IIIA gruppachada faqat bitta B elementi metallmaslardir.

Jadvaldagi *p*- elementlardan metallik xususiyatiga ega bo'lganlar soni ko'p emas: ular IIIA gruppachada 4 ta (Al, Ga, In va Tl), IVA gruppachada 3 ta (Ge, Sn va Pb), VA gruppachada faqat 2 ta (Sb va Bi), VIA gruppachada faqat 1 ta element — poloniy metall xossaga ega (jami bo'lib 10 ta element). Qolgan metall xususiyatga ega bo'lganlari orasida 12 ta (ishqoriy metallar va IIA gruppachadagilar) *s*-elementlar, 33 ta *d*- elementlar va 28 ta *f*-elementlar bo'lib, ularning jami 83 ta bo'ladi.

Test savollaridagi 4, 6, 8 va 10 lar *p*- oilasidagi metallar toifasiga taalluqlidir.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**12.2.** Elektron konfiguratsiyasi... $4s^{\circ}3d^{3}$ bo'lgan $E^{3+}$ qaysi elementga taalluqli?

A) xrom; B) temir; C) aluminiy; D) xrom.

*Yechish.* Bu elektron konfiguratsiyaga elementning yo'qotgan 3 ta elektronini joylashtirsak... $4s^1 3d^5$ konfiguratsiyani olamiz. Bu *d*-element xrom bo'ladi.

*Javob:* **A** bo'ladi.

**12.3.** Oksidlanish darajasi +2 bo'lgan element ionining elektron konfiguratsiyasi... $4s^0 3d^5$ bo'lsa, bu qaysi element bo'ladi?

A) temir; B) xrom; C) marganes; D) kobalt; E) nikel.

*Yechish.* Element 2 ta elektron yo'qotib $3d^5$ holatiga o'tgan bo'lsa, bu elektronlar 4s- pog'onachasidagi elektronlar bo'lishi kerak, ya'ni atomning konfiguratsiyasining valent pog'onachalari ... $4s^2 3d^5$ bo'lgan, uning tartib raqami 25 bo'lishi kerak.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**12.4.** Metallarni korroziyadan saqlash tadbirlaridan qaysilari qo'llanadi?

1) metallarni metallmas yuza bilan qoplash;

2) metallni undan passiv bo'lgan metall qatlami (masalan, temir qurilmani mis bilan) qoplash;

3) protektor himoya (masalan, yer ostida joylashtiriladigan gaz quvurlarini, po'lat konstruksiyalarni katod vazifasini bajaradigan passiv metall elektronlari hisobiga korroziyadan saqlash;

4) po'latdan yasalgan konstruksiyalar, temiryo'l, tramvay relslarini tashqi doimiy tok manbayining katodi bilan ulash;

5) korroziya jarayonini sekinlashtirish maqsadida ingibitor rolini bajaradigan organik tabiatli moddalar (masalan, kislota ta'siridan saqlash uchun urotropin va boshqalar), quvurlarni oson bug'lanadigan ingibitor shimdirilgan qog'oz bilan qoplash, anorganik moddalardan ishqoriy metallar nitritlari, silikatlari va boshqa vositalar bilan qoplash;

6) tashqi doimiy tok manbayining anodini korroziyadan himoyalanadigan buyum bilan ulash.

A) 1, 2, 5; B) 1, 3, 4; C)1, 5, 6; D) 2, 3, 3.

*Yechish.* Metallarni korroziyadan saqlash maqsadida korroziyaga bardosh beradigan antikorrozion qotishmalar (masalan, 10 — 12% miqdorda xrom tutgan po'lat — zanglamas po'lat kabi), metallarning sirtini himoya qatlami (moyli bo'yoqlar, yuza qatlamida mustahkam oksid parda hosil qiladigan metallar — rux, qalay, nikel, xrom kabi metallarning yupqa qatlamlari bilan qoplash), korroziyadan himoya qiladigan aktivroq metallar ishtirokida galvanik juftlar tayyorlash va boshqa testda keltirilgan 1,5 va 6 holatlarga asoslangan tadbirlar qo'llanadi.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**12.5.** Metallardan tayyorlanadigan qattiq holdagi eritmalar — qotishmalarning eng foydali xillarini ko'rsating:

1) qattiq eritmalar hosil qilganda kristall panjaralarning tugunlarida turli o'lchamli metallardan hosil bo'lgan eritmalar turi;

2) suyuqlangan holdagi metallar aralashtirilganda bir-biridan chegara bilan ajralib turadigan xillari;

3) suyuq holga keltirilgan metallar bir-biri bilan cheksiz aralashadigan;

4) qotishmaning tarkibiy qismlari orasida kimyoviy bog'lanish vujudga keladigan intermetallidlar hosil bo'lishi;

5) metallmaslar bilan metallar yoki metallmaslar orasidagi kimyoviy sistemalar, masalan, kremniy-uglerod, kremniy-azot, magniy va uglerod, aluminiy va uglerod orasida hosil bo'ladigan karbidlar, nitridlar va boshqalar;

6) radiuslari bir-biriga yaqin bo'lgan metallar suyuqlanmalaridan hosil bo'lgan qotishmalar.

A) 1, 4, 5; B) 4, 5; C) 3, 4; D) 4, 6.

*Yechish.* O'zlarining mexanik, antikorrozion, elektrik va turli xossalari yuqori talablarga (suyuqlanish temperaturasi yuqori, tashqi ta'sirlarga chidamli) javob beradigan qotishmalarda qattiq eritma hosil qiladigan metall qotishmalarida kimyoviy bog'lanish, kristall panjara tugunlarida bir-birini almashtira oladigan metall atomlari ahamiyatlidir.

*Javob*: **D** bo'ladi.

## *13- B O B.* BOSH GRUPPACHALARNING METALLARI

### 13.1- §. Litiy gruppachasining umumiy tavsifi

Litiy gruppachasini litiy, natriy, kaliy, rubidiy, seziy va fransiy elementlari tashkil etadi. Bu elementlarning ayrim xossalari 13.1-jadvalda keltirilgan.

Bular *s*-elementlardir (13.1- jadval, 2-p. ga q). Atomlarining tashqi energetik pog'onasida bittadan elektron bo'ladi. Ular kimyoviy reaksiyaga kirishganida valent elektronlarini berib, +1 ga teng doimiy oksidlanish darajasini namoyon qiladi.

13.1-jadval. **Litiy gruppachasi elementlarining xossalari**

| Xossalari | Li | Na | K | Rb | Cs | Fr |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.Tartib nomeri | 3 | 11 | 19 | 37 | 55 | 87 |
| 2.Valent elektronlari | $2s^1$ | $3s^1$ | $4s^1$ | $5s^1$ | $6s^1$ | $7s^1$ |
| 3.Atomning ionlanish energiyasi, eV | 5,39 | 5,14 | 4,34 | 4,18 | 3,89 | 3,83 |
| 4.Nisbiy elektr manfiyligi | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 |
| 5.Birikmalarida oksidlanish darajasi | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
| 6. Atom radiusi, nm | 0,155 | 0,189 | 0,236 | 0,248 | 0,268 | 0,280 |

Bu elementlarni oddiy moddalari *ishqoriy metallar* deyiladi. Ishqoriy metallarning hammasi — kuchli qaytaruvchilar. Ular eng aktiv metallar bo'lib, deyarli barcha metallmaslar bilan bevosita birikadi. Birikmalarida ko'pincha ionli bog'lanish bo'ladi.

Tartib raqami ortishi (13.1-jadval, 2-p. ga q.) va ionlanish energiyasi kamayishi (13.1-jadval, 3-p.) bilan elementlarning metallik xossalari kuchayib boradi. Bular metall elementlarning eng xos vakillaridir. Davriy sistemaning har qaysi davri (birinchidan boshqasi) shu elementlar bilan boshlanadi.

Litiy gruppachasining elementlari kislorod bilan $R_2O$ oksidlar hosil qiladi. Bu oksidlar suv bilan birikib, asos ROH hosil qiladi:

$$R_2O+H_2O=2ROH$$

Asoslarning kuchi litiydan seziyga o'tgan sari kuchayib boradi, chunki shu yo'nalishda atomning radiusi ortib boradi (13.1-jadval, 6-p.)

Ishqoriy metallarning vodorodli birikmalari RH formulaga muvofiq keladi. Bular metallarning gidridlari — oq kristall moddalar. Gidridlarda vodorodning oksidlanish darajasi — 1 bo'ladi.

## 13.2-§. Natriy va kaliy

**Tabiatda uchrashi.** Tabiatda ishqoriy metallar erkin holda uchramaydi. Natriy va kaliy turli xil birikmalar tarkibiga kiradi. Ulardan eng muhimi natriyning xlor bilan birikmasi NaCl bo'lib, u tosh tuz qatlamlarini (Donbass, Solikamsk, Sol-Ilesk va b.) hosil qiladi. Natriy xlorid dengiz suvida va sho'r suv manbalarida

bo'ladi. Odatda, tosh tuz qatlamlarining yuqori qavatlarida kaliyli tuzlar bo'ladi. Ular dengiz suvida ham bor, lekin natriy tuzlariga nisbatan ancha kam miqdorlarda bo'ladi. Kaliyli tuzlarning dunyodagi eng katta zaxiralari Uralda — Solikamsk rayonida joylashgan (silvinit $NaCl \cdot KCl$ va karnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ minerallari), Belarussiyada (Soligorsk sh.) kaliyli tuzlarning yirik qatlamlari topilgan va ulardan foydalanilmoqda.

Natriy va kaliy ko'p tarqalgan elementlar qatoriga kiradi. Yer po'stlog'ida natriyning miqdori 2,64%, kaliyniki — 2,6%.

**Natriy va kaliyning olinishi.** Natriy suyuqlantirilgan natriy xloridni yoki natriy gidroksidni elektroliz qilish yo'li bilan olinadi. NaCl suyuqlanmasi elektroliz qilinganda katodda natriy ajralib chiqadi:

$$Na^+ + \bar{e} = Na$$

anodda esa — xlor:

$$2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

NaOH suyuqlanmasi elektroliz qilinganda katodda natriy (reaksiya tenglamasi yuqorida keltirilgan), anodda esa — suv bilan kislorod ajralib chiqadi:

$$4OH^- - 2\bar{e} = 2H_2O + O_2$$

Natriy gidroksid qimmat bo'lganligi sababli, natriy olishning hozirgi asosiy usuli NaCl suyuqlanmasini elektroliz qilish hisoblanadi.

Kaliy ham suyuqlantirilgan KCl va KOH ni elektroliz qilib olinishi mumkin. Lekin kaliy olishning bu usuli texnikaviy qiyinchiliklar (tok bo'yicha unumi kamligi, xavfsizlik texnikasini ta'minlash qiyinligi) tufayli keng tarqalmagan. Hozirgi vaqtda sanoatda kaliy olish quyidagi reaksiyalarga asoslangan.

$$KCl + Na \rightleftarrows NaCl + K \qquad (a)$$

$$KOH + Na \rightleftarrows NaOH + K \qquad (b)$$

(a) usulda suyuqlantirilgan kaliy xlorid orqali 800°C da natriy bug'lari o'tkaziladi, ajralib chiqadigan kaliy bug'lari esa kondensatsiyalanadi. (b) usulda suyuqlantirilgan kaliy gidroksid bilan suyuq natriy orasidagi reaksiya qarshi oqim bilan 40°C da, nikeldan yasalgan reaksion kolonnada o'tkaziladi*.

---

* Bu yerda reaksiyalarning muvozanati mahsulotlar hosil bo'lish tomoniga siljigan bo'ladi.

Kaliy bilan natriyning qotishmasi ham xuddi shu usullar bilan olinadi, u atom reaktorlarida issiqlik tashuvchi suyuq metall sifatida ishlatiladi. Kaliyning natriy bilan qotishmasidan titan ishlab chiqarishda qaytaruvchi sifatida ham foydalaniladi.

**Fizikaviy xossalari.** Ishqoriy metallarning atomlarida 4 va undan ko'p erkin orbitallarga bitta tashqi elektron to'g'ri kelganligi va atomning ionlanish energiyasi kamligi sababli metallarning atomlari orasida metall bog'lanish (3.5- §) vujudga keladi. Metall bog'lanishli moddalar uchun metall yaltiroqligi, plastiklik, yumshoqlik, elektr o'tkazuvchanlik va issiqlik o'tkazuvchanligining yaxshiligi xos xususiyat hisoblanadi. Natriy va kaliyning ham ana shunday xossalari bor.

Natriy va kaliy — kumushsimon-oq metallar, natriyning zichligi 0,97 g/sm$^3$, kaliyniki — 0,86 g/sm$^3$, juda yumshoq, pichoq bilan oson kesiladi.

Tabiiy natriy bitta $^{23}_{11}Na$ izotopdan, kaliy esa — ikkita barqaror izotop $^{39}_{19}K$ (93,08%) va $^{41}_{19}K$ (6,91 %) hamda bitta radioaktiv $^{40}_{19}K$ (0,01%) izotopdan tarkib topgan. Ilmiy tekshirishlarda sun'iy yo'l bilan olinadigan radioaktiv izotoplar: $^{22}_{11}Na$ $^{24}_{11}Na$ va $^{42}_{19}K$ ishlatiladi.

**Kimyoviy xossalari.** Natriy va kaliy atomlari kimyoviy reaksiyalarda valent elektronlarini oson berib, musbat zaryadlangan ionlarga $Na^+$ va $K^+$ ga aylanadi. Bu metallarning ikkalasi — kuchli qaytaruvchilar.

Havoda natriy bilan kaliy tez oksidlanadi, shu sababli ular kerosin ostida saqlanadi. Ular ko'pchilik metallmaslar — galogenlar, oltingugurt, fosfor va boshqalar bilan oson reaksiyaga kirishadi. Suv bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi. Qizdirilganda vodorod bilan gidridlar NaH, KH hosil qiladi. Metallarning gidridlari suv ta'sirida oson parchalanib, tegishli ishqor bilan vodorodni hosil qiladi:

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2 \uparrow$$

Natriy mo'l kislorodda yondirilganda natriy peroksid $Na_2O_2$ hosil bo'ladi, u havodagi nam karbonat angidrid bilan reaksiyaga kirishib, kislorod ajratib chiqaradi:

$$2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2 \uparrow$$

Natriy peroksidning suv osti kemalarida kislorod olish uchun va yopiq binolarda havoni regeneratsiya qilish uchun ishlatilishi ana shu reaksiyaga asoslangan.

## 13.3- §. O'yuvchi ishqorlar

Suvda yaxshi eriydigan gidroksidlar o'yuvchi ishqorlar deyiladi. Ulardan eng muhimlari NaOH va KOH.

Natriy gidroksid va kaliy gidroksid — oq, xira, qattiq, kristall moddalar. Suvda yaxshi eriydi, suvda ko'p miqdorda issiqlik chiqadi. Suvdagi eritmalarda deyarli to'liq dissotsilanadi va kuchli ishqorlar hisoblanadi. Asoslarning barcha xossalarini namoyon qiladi.

Qattiq natriy va kaliy gidroksidlar hamda ularning suvdagi eritmalari uglerod (IV) oksidni yutadi:

$$NaOH+CO_2=NaHCO_3$$
$$2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$$

yoki ionli ko'rinishda:

$$OH^-+CO_2=HCO_3^-$$
$$2OH^- + CO_2 = CO_3^{2-} + H_2O$$

Qattiq holatda havoda NaOH va KOH namni yutadi, shu tufayli gazlardan qurituvchilar sifatida foydalaniladi.

Sanoatda natriy gidroksid va kaliy gidroksid tegishlicha NaCl va KCl ning konsentrlangan eritmalarini elektroliz qilish yo'li bilan olinadi. Bunda bir vaqtning o'zida xlor bilan vodorod ham olinadi. Katod sifatida temir to'r, anod sifatida — grafit ishlatiladi.

Elektroliz sxemasini (KCl misolida) shunday tasvirlash mumkin. KCl $K^+$ va $Cl^-$ ionlariga to'liq dissotsilanadi. Elektr toki o'tganida katodga $K^+$ ionlar, anodga — xlorid-ion $Cl^-$ lar keladi. Standart elektrod potensiallar qatorida kaliy aluminiydan oldinda joylashgan va uning ionlari suv molekulalariga qaraganda ancha qiyin qaytariladi (elektronlarni biriktirib oladi) (7.7- § ga q.). Vodorod ionlari $H^+$ esa eritmada juda kam. Shu sababli katodda faqat suv molekulalari zaryadsizlanadi va molekular vodorod ajralib chiqadi:

$$2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$$

Xlorid-ionlar konsentrlangan eritmada suv molekulalariga qaraganda elektronlarini oson beradi, shu sababli anodda xlorid-ionlar zaryadsizlanadi:

$$2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

Eritma elektrolizining ionli ko'rinishidagi umumiy tenglamasi:

$$\begin{array}{l|l} 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2 & 1 \\ 2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^- & 1 \end{array}$$

$$2Cl^- + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} H_2 + 2OH^- + Cl_2$$

yoki

$$2KCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} H_2 + 2KOH + Cl_2$$

NaCl eritmasining elektrolizi ham xuddi shunga o'xshash boradi (7.7- § ga q). Tarkibida NaOH va NaCl bor eritma bug'latiladi, natijada natriy xlorid cho'kmaga tushadi (uning eruvchanligi ancha kam va temperatura ta'sirida kam o'zgaradi), cho'kma ajratib olinadi va keyin elektroliz uchun foydalaniladi.

Natriy gidroksid juda ko'p miqdorlarda olinadi. U asosiy kimyo sanoatining muhim mahsulotlaridan biridir. Bu modda neft mahsulotlarini — benzin va kerosinni tozalash uchun, sovun, sun'iy ipak, qog'oz ishlab chiqarish uchun, to'qimachilik, konchilik va kimyo sanoatlarida, shuningdek, turmushda (kaustik soda) ishlatiladi.

Ancha qimmatroq mahsulot — kaliy gidroksid NaOH ga qaraganda kamroq ishlatiladi.

## 13.4- §. Natriy va kaliy tuzlari

Natriy barcha kislotalar bilan tuzlar hosil qiladi. Uning deyarli barcha tuzlari suvda eriydi. Ulardan eng muhimlari — natriy xlorid (osh tuzi), soda va natriy sulfat.

Natriy xlorid NaCl — ovqatga solinadigan zarur modda, oziq-ovqat mahsulotlarini konservalashda, shuningdek, natriy gidroksid, xlor, xlorid kislota, soda va boshqalar olish uchun xomashyo sifatida foydalaniladi.

Sodaning ishlatilishi haqida 11.4-§ ga q.

Natriy sulfat $Na_2SO_4$ soda va shisha ishlab chiqarishda ishlatiladi. Suvdaga eritmalardan glauber tuzi deyiladigan o'n molekula suvda gidrat $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ holida kristallanadi. Glauber tuzi tibbiyotda ichni yumshatuvchi sifatida ishlatiladi.

Natriy tuzlari (natriy ionlari) gorelka alangasini sariq rangga kiritadi. Bu birikmalardagi natriyni aniqlashning eng seziluvchan usulidir.

Kaliyli tuzlardan, asosan, kaliyli o'g'itlar sifatida (10.12-§ ga q.) foydalaniladi. Kaliy tuzlari (kaliy ionlari) gorelka alangasini gunafsha

rangga kiritadi. Lekin hatto juda oz miqdorda natriy birikmalari aralashgan bo'lsa, sariq rang gunafsha rangni ko'rsatmay qo'yadi. Bu holda uni sariq nurlarni yutuvchi ko'k shisha orqali ko'rish mumkin.

## 13.5- §. Berilliy gruppachasining umumiy tavsifi

Bu gruppachani berilliy, magniy va ishqoriy-yer elementlari (kalsiy, stronsiy, bariy, radiy) tashkil etadi. Bu elementlarning ba'zi xossalari 13.2- jadvalda keltirilgan.

Bular *s*- elementlar (13.2-jadval, 2-p.). Oddiy moddalar holida metallar hisoblanadi (13.2-jadval, 3-p). Berilliy gruppachasidagi elementlarning atomlari tashqi pog'onasida ikkitadan elektron bo'ladi. Ular bu elektronlarini berib, birikmalarida +2 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Gruppachadagi barcha metallar — kuchli qaytaruvchilar, lekin ular ishqoriy metallarga nisbatan kuchsizroqdir.

13.2- j a d v a l. **Berilliy gruppachasidagi elementlarning xossalari**

| Xossalari | Be | Mg | Ca | Sr | Ba | Ra |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tartib nomeri | 4 | 12 | 20 | 38 | 56 | 88 |
| 2.Valent elektronlari | $2s^2$ | $3s^3$ | $4s^2$ | $5s^2$ | $6s^2$ | $7s^2$ |
| 3. Atomning ionlanish energiyasi, eV | 27,57 | 26,68 | 17,98 | 16,72 | 15,21 | 15,43 |
| 4.Nisbiy elektromanfiyligi | 1,5 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 |
| 5. Birikmalarida oksidlanish darajasi | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 | +2 |
| 6. Atom radiusi, nm | 0,113 | 0,160 | 0,197 | 0,215 | 0,221 | 0,235 |

Elementning tartib raqami ortishi bilan elektronlar berishi osonlashadi (13.2-jadvalning 3-va 6-p. ga q.), shu sababli elementlarning metallik xossalari kuchayib boradi. Ular ishqoriy-yer metallarda, ayniqsa yaqqol namoyon bo'ladi.

Berilliy gruppachasidagi metallar kimyoviy jihatdan ancha aktiv. Havoda oksidlanadi, bunda RO turidagi asosli oksidlar olinadi, ularga $R(OH)_2$ turidagi asoslar muvofiq keladi. Asoslarning

eruvchanligi va asos xususiyati Be dan Ra ga tomon ortib boradi. $Be(OH)_2$ — amfoter birikma.

Xossalari jihatidan berilliy bilan magniy boshqa metallardan birmuncha farq qiladi. Masalan, Be suv bilan reaksiyaga kirishmaydi, Mg faqat qizdirilganda, qolgan metallar esa — odatdagi sharoitda reaksiyaga kirishadi.

$$R + 2H_2O = R(OH)_2 + H_2 \uparrow$$

Berilliy, magniy va ishqoriy-yer metallar vodorod bilan umumiy formulasi $RH_2$ bo'lgan gidridlar hosil qiladi.

Berilliy gruppachasidagi metallardan eng katta ahamiyatga ega bo'lgani — kalsiy.

## 13.6- §. Kalsiy

**Tabiatda uchrashi.** Kalsiy ko'p tarqalgan elementlar qatoriga kiradi. Uning yer po'stlog'idagi umumiy miqdori 3,6% ni tashkil etadi. Tabiatda kalsiyning quyidagi birikmalari eng ko'p tarqalgan: kalsit minerali $CaCO_3$ (ohaktosh, marmar va bo'r qatlamlari ana shu mineraldan hosil bo'lgan), gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, angidrit $CaSO_4$. Kalsiy fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ holida apatitlar, fosforitlar va hayvon suyaklari tarkibiga kiradi. U tabiiy suvlarda va tuproqda ham bo'ladi.

**Olinishi.** Sanoatda kalsiy suyuqlantirilgan tuzlar: 6 qism kalsiy xlorid $CaCl_2$ va 1 qism kalsiy ftorid $CaF_2$ aralashmasini elektroliz qilish yo'li bilan olinadi. Kalsiy ftorid kalsiy xloridning suyuqlanish temperaturasini pasaytirish uchun qo'shiladi, elektroliz ana shu temperaturada olib boriladi.

**Fizik xossalari.** Kalsiy — kumushsimon-oq va qattiq metall, yengil (zichligi 1,55 $g/sm^3$). Suyuqlanish va qaynash temperaturalari ishqoriy metallarnikidan yuqori. Tabiiy kalsiy massa sonlari 40 (asosiy izotop) 42, 43, 44, 46 va 48 bo'lgan oltita izotopi aralashmasidan tarkib topgan. Ilmiy tadqiqotlarda sun'iy izotop $^{45}_{20}Ca$ ishlatiladi.

**Kimyoviy xossalari.** Kalsiyning tashqi energetik pog'onasida 2 ta elektron bo'lganligi sababli barcha birikmalarida uning oksidlanish darajasi +2 ga teng. Havoda kalsiy oksidlanadi, shu sababli berk idishlarda, odatda kerosinda saqlanadi. Odatdagi sharoitda kalsiy galogenlar bilan birikadi, oltingugurt, azot va ko'mir bilan esa qizdirilganda reaksiyaga kirishadi:

$$Ca + Cl_2 = CaCl_2 \qquad 3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$

$$Ca + S = CaS \qquad Ca + 2C = CaC_2$$

Ca aktiv metall sifatida suvdan vodorodni siqib chiqaradi:

$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2 \uparrow$$

Havoda qizdirilganda yonib, kalsiy oksid hosil qiladi:

$$2Ca+O_2=2CaO$$

Kalsiy uglerod bilan kalsiy karbid $CaC_2$ hosil qiladi.

## 13.7- §. Kalsiy oksid va gidroksid

Kalsiy oksid (texnikadagi nomlari: *so'ndirilmagan ohak, kuydirilgan ohak momig'i* )— oq rangli kukun. Sanoatda ohaktosh, bo'r yoki boshqa karbonatli jinslar kuydirilganda hosil bo'ladi:

$$CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2 \qquad \Delta H = 178 \text{ kJ / mol}$$

Bu reaksiya endotermik: issiqlik yutilishi bilan boradi. 0,1 MPa bosim va 900°C temperaturada termik dissotsilanib, kalsiy oksid bilan uglerod (IV) oksidga ajraladi. Reaksiya qaytar (geterogen muvozanat) va temperaturada pasayganda yoki uglerod (IV) oksidning parsial bosimi oshganida teskari yo'nalishda ketishi mumkin. Buning oldini olish uchun ohaktoshni kuydirish 1000 — 1200°C temperaturada olib boriladi va uglerod (IV) oksid reaksiya doirasidan chiqarib turiladi.

Kalsiy oksid suv bilan shiddatli reaksiyaga kirishib, kalsiy gidroksid hosil qiladi:

$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2; \qquad \Delta H= -65 \text{ kJ/mol}$$

Bu reaksiyada ko'p miqdorda issiqlik chiqadi. Kalsiy gidroksidning texnikadagi nomi — so'ndirilgan ohak. Agar so'ndirilgan ohak kukun holida tayyorlangan bo'lsa, u *ohak kukuni* deyiladi.

So'ndirilgan ohak, qum va suv aralashmasi *binokorlik qotishmasi* yoki *ohakli qorishma* deyiladi. U suvoq sifatida, shuningdek, devorga g'isht terishda g'ishtlarni bir-biriga tishlatish uchun ishlatiladi; devorga g'isht terishda odatda sementli qorishmadan foydalaniladi.

Ohakli qorishmaning qotishida bir vaqtning o'zida ikki xil jarayon sodir bo'ladi: 1) o'ta to'yingan eritmadan kalsiy gidroksid kristallarining cho'kishi, bu kristallar qum zarrachalarini bir-biriga puxta bog'laydi; 2) ushbu reaksiya natijasida kalsiy karbonat hosil bo'ladi:

$$Ca(OH)_2+CO_{2\ (havodan)}=CaCO_3+H_2O$$

So‘ndirilgan ohak — oq rangli qattiq modda, suvda eriydi, lekin uning eruvchanligi katta emas (20°C da 1 l suvda 1,5 g.). So‘ndirilgan ohakning suvdagi eritmasi *ohakli suv* deyiladi. U ishqoriy xossaga ega bo‘ladi. Ohakli suv orqali uglerod (IV) oksid o‘tkazilganda eritma loyqalanadi (a), yana o‘tkazilganda esa loyqa yo‘qoladi (b):

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O \quad (a)$$

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2 \quad (b)$$

yoki ionli ko‘rinishda:

$$Ca^{2+} + 2OH^- + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

## 13.8- §. Kalsiy tuzlari

Kalsiy karbonat tabiatda tog‘ jinsi — ohaktosh holida keng tarqalgan. Ko‘pchilik tog‘ tizmalari ohaktosh bilan bo‘rdan tarkib topgan. Marmar ham ko‘p uchraydi, qadimgi geologik davrlarda katta bosim va yuqori harorat ta’sirida ohaktosh bilan bo‘rdan hosil bo‘lgan. Ohaktosh bo‘r va marmar tarkibida asosan kalsiy karbonat $CaCO_3$ bo‘ladi.

Ohaktosh eng ko‘p uchraydigan foydali qazilmalar qatoriga kiradi. Binokorlik toshi sifatida, shuningdek, ohak, uglerod (IV) oksid va sement ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ko‘p tarqalgan. Gipsni 150 — 180°C da kuydirish orqali oq kukun — kuydirilgan gips, boshqacha aytganda alebastr $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$ olinadi. Agar alebastr suvga qorilsa, u tez orada qotib, yana qaytadan gipsga aylanadi:

$$CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

Gips ana shu xossasi tufayli binokorlikda to‘siq plita va panellar tayyorlash, turli xil buyumlardan quyma shakl va nusxalar olishda, tibbiyotda gipsli bog‘lam, suvoqchilikda ohak-gipsli qorishmalar tayyorlashda ishlatiladi. Bu binokorlik materialining kamchiligi suvda oz bo‘lsa-da, erishidir.

Kalsiy va magniyning eruvchan tuzlari suvning qattiqligiga sabab bo‘ladi.

## 13.9- §. Suvning qattiqligi va uni yo‘qotish usullari

Tabiatda toza suv uchramaydi: uning tarkibida doimo biror moddalar aralashgan bo‘ladi. Jumladan, suv Yer qobig‘idagi tuzlar bilan o‘zaro ta’sirlashib, muayyan qattiqlikka ega bo‘lib qoladi.

***Suvning qattiqligi* — suvda kalsiy kationlari $Ca^{2+}$ va magniy kationlari $Mg^{2+}$ borligidan kelib chiqadigan xossalari to‘plami.**

Agar suvda bu kationlarning konsentratsiyasi yuqori bo‘lsa, u holda suv qattiq, agar kam bo‘lsa — yumshoq deyiladi. Xuddi ana shu kationlar tabiiy suvlarga o‘ziga xos xususiyatlar baxsh etadi. Kir yuvilganda qattiq suv gazlamalarning sifatini yomonlashtiradi va ko‘p sovun ishlatishga to‘g‘ri keladi, sovun $Ca^{2+}$ va $Mg^{2+}$ kationlarini bog‘lashga sarflanadi.

$$2C_{17}H_{35}COO^- + Ca^{2+} = (C_{17}H_{35}COO)_2Ca \downarrow$$

$$2C_{17}H_{35}COO^- + Mg^{2+} = (C_{17}H_{35}COO)_2Mg \downarrow$$

va ko‘pik shu kationlar to‘liq cho‘kkandan keyingina hosil bo‘ladi. Ba’zi sintetik yuvish vositalari qattiq suvda yaxshi yuvadi, chunki ularda kalsiy va magniy tuzlari oson eriydi. Qattiq suvda ovqat mahsulotlarining pishishi qiyin bo‘ladi, unda qaynatilgan sabzavotlarning esa ta’mi bo‘lmaydi. Choy yaxshi chiqmaydi va ta’mi yo‘qoladi. Shu bilan birga, bu kationlar sanitariya-gigiyena jihatdan xavfli emas, magniy kationlari $Mg^{2+}$ ning miqdori ko‘p bo‘lganda dengiz yoki okeandagi singari suv taxirroq bo‘ladi va odam ichagiga surgi sifatida ta’sir etadi.

Qattiq suv bug‘ qozonlarida foydalanish uchun yaroqsizdir: qaynatilganda unda erigan tuzlar qozonlarning devorlarida quyqa qatlamini hosil qiladi va bu qatlam issiqlikni yaxshi o‘tkazmaydi. Bu yoqilg‘ining ko‘p sarflanishiga, qozonlarning muddatidan ilgari ishdan chiqishiga, ba’zan esa qozonlarning o‘ta qizib ketishi natijasida avariyaga sabab bo‘ladi. Suvning qattiqligi metall konstruksiyalar, truboprovodlar, sovitiladigan mashinalarning g‘iloflari uchun zararlidir.

Kalsiy kationlari $Ca^{2+}$ *kalsiyli qattiqlikni,* magniy kationlari $Mg^{2+}$ esa — suvning *magniyli qattiqligini* keltirib chiqaradi. *Umumiy qattiqlik* kalsiy va magniyli qattiqliklardan, ya’ni suvdagi $Ca^+$ va $Mg^{2+}$ kationlarining konsentratsiyalari yig‘indisidan hosil bo‘ladi.

Suvni yumshatish jarayonlariga nisbatan olganda karbonatli va karbonatsiz qattiqlik bo‘ladi. $Ca^{2+}$ va $Mg^{2+}$ kationlarining suvdagi

gidrokarbonat ionlari $HCO_3^-$ ga ekvivalent bo'lgan qismi keltirib chiqargan qattiqlik *karbonatli* qattiqlik deyiladi. Boshqacha aytganda, karbonatli qattiqlik kalsiy va magniy gidrokarbonatlarning borligidan bo'ladi. Suv qaynatilganda gidrokarbonatlar parchalanadi, hosil bo'lgan kam eriydigan karbonatlar esa cho'kmaga tushadi va suvning umumiy qattiqligi karbonatli qattiqlik qiymati qadar kamayadi. Shuning uchun karbonatli qattiqlik *muvaqqat qattiqlik* ham deyiladi. Qaynatilganda kalsiy kationlari $Ca^{2+}$ karbonat holida cho'kmaga tushadi:

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- = CaCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2$$

magniy kationlari $Mg^{2+}$ esa — gidroksikarbonat yoki magniy gidroksid (pH>10,3 bo'lganda) holida cho'kmaga tushadi:

$$2Mg^{+2} + 2HCO_3^- + 2OH^- = (MgOH)_2CO_3 \downarrow + H_2O + CO_2$$

gidroksid-ionlar $OH^-$ suv bilan $HCO_3^-$ ionlarning o'zaro ta'siri hisobiga hosil bo'ladi:

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + OH^-$$

Qattiqlikning suv qaynatilgandan keyin ham qoladigan qismi *karbonatsiz qattiqlik* deyiladi. U suvda kuchli kislotalarning, asosan, sulfatlar va xloridlarning kalsiyli va magniyli tuzlarining miqdori bilan aniqlanadi. Suv qaynatilganda bu tuzlar yo'qolmaydi, shu sababli karbonatsiz qattiqlik *doimiy qattiqlik* ham deyiladi.

Suvning qattiqligining miqdoriy xarakteristikasini ko'rib chiqamiz. Suvning qattiqlik darajasi turlicha ifodalanadi. Bizda u 1 l suvdagi $Ca^{2+}$ va $Mg^{2+}$ kationlarining milli ekvivalentlar (mekv) soni bilan ifodalanadi. 2 mekv qattiqlik $Ca^{2+}$ kationlarining 20,04 mg/l yoki $Mg^{2+}$ kationlarining 12,16 mg/l miqdoriga to'g'ri kelganligi uchun ta'rifga binoan suvning umumiy qattiqligi $K$ ni (mekv/l hisobida) ushbu formuladan hisoblab topish mumkin:

$$K = \frac{[Ca^{2+}]}{20,04} + \frac{[Mg^{2+}]}{12,16}$$

bunda $[Ca^{2+}]$ va $[Mg^{2+}]$ — $Ca^{2+}$ va $Mg^{2+}$ ionlarning konsentratsiyasi, mg/l.

Qattiqlik qiymatiga qarab tabiiy suv juda yumshoq — qattiqligi 1,5 gacha, yumshoq — 1,5 dan 4 gacha, o'rtacha qattiqlikdagi — 4 dan 8 gacha, qattiq — 8 dan 12 gacha va juda qattiq — 12 mekv/l dan katta bo'ladi.

Uy-xo'jaliklardagi vodoprovod suvining qattiqligi 7 mekv/l dan katta bo'lmasligi kerak.

Ko'pincha qattiq suv ishlatishdan oldin yumshatiladi. Odatda, buning uchun suvga turli xil kimyoviy moddalar bilan ishlov beriladi. Masalan, karbonatli qattiqlikni so'ndirilgan ohak qo'shish yo'li bilan yo'qotish mumkin:

$$2HCO_3^- + Ca^{2+} + 2OH^- = 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

$$Mg^{2+} + 2HCO_3^- + 2Ca^{2+} + 4OH^- = Mg(OH)_2 \downarrow + 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

Ohak bilan soda bir vaqtning o'zida qo'shilganda karbonatli va karbonatsiz qattiqlikdan xalos bo'lish mumkin (ohak-sodali usul). Bunda karbonatli qattiqlikni ohak (yuqoriroqqa q.), karbonatsizni — soda yo'qotadi.

Suvning qattiqligini yo'qotishning boshqa usullari ham qo'llaniladi, ulardan hozirgi vaqtda eng ko'p foydalaniladigani kationitlar ishlatishga asoslangan (kationitli usul). Tarkibida tashqi muhit ionlariga almashina oladigan harakatchan ionlar bor qattiq moddalar ionitlar deyiladi. Sintetik polimerlar asosida olinadigan ion almashinuvchi smolalar ayniqsa ko'p qo'llanadi.

Ionitlar (ion almashinuvchi smolalar) ikki guruhga bo'linadi. Ulardan biri o'z kationlarini muhit kationlariga almashtiradi va *kationitlar* deyiladi, boshqalari o'zining anionlarini almashtiradi va *anionitlar* deyiladi. Ionitlar tuz, kislota va ishqorlarning eritmalarida erimaydi.

Kationitlar diametri 0,5 dan 2 mm gacha bo'lgan qora yoki to'q qo'ng'ir donlar ko'rinishida bo'ladi (KU—1, KU—2, SBS va b.), anionitlar — oq, pushti yoki jigarrang tusli donador moddalar (AV—16, AV—17, AN—2F va b.).

Suvning qattiqligini yo'qotish uchun kationitlar — sintetik ion almashinuvchi smolalar va alumosilikatlar, masalan, $Na_2[Al_2Si_2O_8 \cdot nH_2O]$ ishlatiladi. Ularning tarkibini shartli ravishda $Na_2R$ formula bilan ifodalash mumkin, bunda $Na^+$ — ancha harakatchan kation va $R^{2-}$ — manfiy zaryadli kationit zarrachasi. Keltirilgan misolimizda $R^{2-} = {}_2[Al_2Si_2O_8 \cdot nH_2O]^{-2}$

Agar suv kationit qatlami orqali o'tkazilsa, u holda natriy ionlari kalsiy va magniy ionlariga almashinadi. Bu jarayonlarni sxema tarzida ushbu tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

$$Ca^{2+} + Na_2R = 2Na^+ + CaR; \quad Mg^{2+} + Na_2R = 2Na^+ + MgR$$

Shunday qilib, kalsiy va magniy ionlari eritmadan kationitga, natriy ionlari esa — kationitdan eritmaga o'tadi; bunda qattiqlik yo'qoladi.

Natriy ionlarining ko'pchilik qismidan foydalanilgandan keyin kationitlar odatda regeneratsiyalanadi — natriy xlorid eritmasida ushlab turiladi, uning ishtirokida teskari jarayon sodir bo'ladi: natriy ionlari kationitdagi kalsiy va magniy ionlariga almashinadi va bu ionlar eritmaga o'tadi:

$$CaR+2Na^{+}=Na_2R+Ca^{2+} \qquad MgR+2Na^{+}=Na_2R+Mg^{2+}$$

Regeneratsiyalangan kationitdan qattiq suvni yumshatishda yana foydalanish mumkin.

## 13.10- §. Bor gruppachasining umumiy tavsifi

III gruppaning bosh gruppachasini (bor gruppachasini) bor, aluminiy, galliy, indiy va talliy elementlari tashkil etadi. Bu elementlarning ayrim xossalari 13.3-jadvalda keltirilgan.

Gruppachadagi barcha elementlar *p*- elementlarga kiradi (13.3-jadvalning 2-p. ga q). Ular atomlarining tashqi energetik pog'onasida uchtadan elektron bor ($s^2p^1$), ko'pchilik xossalarining o'xshashligiga sabab ana shudir. Bu elementlar kimyoviy birikmalarida +3 ga teng (bor —3 ham) oksidlanish darajasini namoyon qiladi, talliy uchun +1 oksidlanish darajasi eng barqaroridir.

*13.3-jadval.* **Bor gruppachasidagi elementlarning xossalari**

| Xossalari | B | Al | Ga | In | Tl |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tartib raqami | 5 | 13 | 31 | 49 | 81 |
| 2. Valent elektronlari | $2s^12p^1$ | $3s^23p^1$ | $4s^24p^1$ | $5s^25p^1$ | $6s^26p^1$ |
| 3. Atomning ionlanish energiyasi, eV | 71,35 | 53,20 | 57,20 | 52,69 | 56,31 |
| 4. Nisbiy elektrmanfiyligi | 2,0 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,6 |
| 5. Birikmalarida oksidlanish darajasi | +3, -3 | +3 | +3 | +3 | +1, +3 |
| 6. Atom radiusi, nm | 0,091 | 0,143 | 0,139 | 0,116 | 0,171 |

Bor gruppachasidagi elementlarda metallik xossalar berilliy gruppachasining elementlariga qaraganda ancha kuchsiz ifoda-

langan. Masalan, davrda berilliy bilan uglerod orasida joylashgan bor elementi metallmas elementlar qatoriga kiradi. Uning atomining ionlanish energiyasi eng katta (13.3- jadvalning 3-p. ga q.). Gruppacha ichida yadro zaryadi kattalashishi bilan atomlarning ionlanish energiyasi kamayadi va elementlarning metallik xossalari kuchayadi. Aluminiy — metall, lekin uni haqiqiy metall deb bo'lmaydi. Uning gidroksidi amfoter xossalarga ega. Talliyda metallik xossalar ancha kuchli ifodalangan, +1 oksidlanish darajasida esa u litiy gruppachasidagi metall elementlarga yaqin bo'ladi.

Bor gruppachasidagi elementlarning hammasi $R_2O_2$ turidagi oksidlarni hosil qiladi. Ularga $R(OH)_3$ tarkibli gidroksidlar muvofiq keladi. Ularning bordan boshqa hammasi suvdagi eritmalarda gidratlangan ionlar $R^{3+}$ holida bo'lishi mumkin. Bor — kislota hosil qiluvchi element.

III gruppaning bosh gruppachasidagi metallardan eng katta ahamiyatga ega bo'lgani aluminiydir.

## 13.11- §. Aluminiy

**Aluminiyning tabiiy birikmalari.** Aluminiy eng ko'p tarqalgan elementlar qatoriga kiradi. Metallar orasida tabiatda tarqalganligi jihatidan birinchi o'rinda turadi. Aluminiyning yer po'stlog'idagi umumiy miqdori 8,8% ni tashkil etadi. Aluminiyning eng muhim tabiiy birikmalari — alumosilikatlar, boksit, korund va kriolit.

Alumosilikatlar yer po'stlog'ining asosiy massasini tashkil etadi. Ularni aluminiy, kremniy, ishqoriy metallar va ishqoriy-yer metallarning oksidlaridan hosil bo'lgan tuzlar sifatida qarash mumkin. Ko'pchilik alumosilikatlar nurab yemirilganida gil hosil bo'ladi (11.8-§). Gilning asosiy tarkibi $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ formulaga muvofiq keladi. $(Na, K)_2 [Al_2Si_2O_8]$ tarkibli alumosilikat, nefelin minerali — muhim aluminiyli rudalar qatoriga kiradi. Nefelinning yirik qatlamlari Kola yarimorolida va Krasnoyarsk o'lkasida bor.

Boksitlar — asosan, gidratlangan aluminiy oksid bilan temir oksidlaridan tarkib topgan tog' jinsi, bu oksidlar unga qizil rang beradi. Tarkibida 30 dan 60% gacha $Al_2O_3$ bo'ladi. Boksitlardan aluminiy olinadi. Boksitning konlari Boshqirdistonda, Qozog'istonda, Sibirda va boshqa joylarda bor.

Korund — $Al_2O_3$ tarkibli mineral, juda qattiq, abraziv material sifatida ishlatiladi.

Kriolit — $AlF_3 \cdot 3NaF$ yoki $Na_3AlF_6$ tarkibli mineral. Hozirgi vaqtda sun'iy yo'l bilan tayyorlanadi, aluminiy metallurgiyasida ishlatiladi.

**Aluminiyning olinishi.** Sanoatda aluminiy oksidning suyuqlantirilgan kriolit $Na_3AlF_6$ dagi eritmasiga kalsiy ftorid $CaF_2$ qo'shib elektroliz qilish orqali olinadi. Bunda toza xomashyo ishlatiladi, chunki qo'shimchalar elektroliz vaqtida qaytariladi va aluminiyni ifloslantiradi.

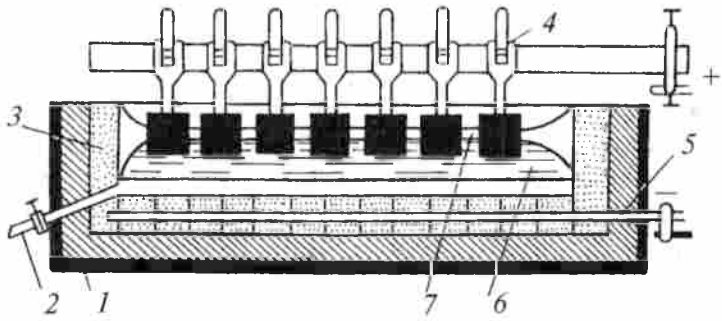
Suv, temir oksidlari, shuningdek, kremniy (IV) oksid aralashmagan toza aluminiy boksitdan va keyingi yillarda nefelindan olinmoqda. U suyuqlantirilgan kriolitda yaxshi eriydi. Kalsiy ftorid qo'shish temperaturani 1000°C dan pastda tutib turishga yordam beradi, elektrolitning elektr o'tkazuvchanligini yaxshilaydi, uning zichligini kamaytiradi, bu esa aluminiyning vanna tubida ajralib chiqishiga imkon beradi. Shunday suyuqlanma elektroliz qilinganda aluminiy katodda ajralib chiqadi:

$$2Al^{3+} + 6e = 2Al$$

Ko'mir anodda $Al_2O_3$ tarkibiga kiradigan oksid-ionlar $O_2^-$ zaryadsizlanadi:

$$3O^{2-} - 6e = 3/_2\, O_2$$

Elektrolizor to'g'ri to'rtburchak shaklidagi po'lat vannadan iborat (13.1-rasm), uning ichki tomoniga o'tga chidamli g'isht va




**13.1-rasm.** Elektroliz usulida aluminiy olish sxemasi:

*1* — po'lat vanna; *2* — suyuqlangan aluminiy oqib tushadigan nov; *3* — o'tga chidamli g'ishtdan termik izolatsiya; *4* — ko'mir g'o'lachalardan iborat anod; *5* — ko'mir g'o'lachalar va suyuqlangan aluminiydan iborat katod; *6* — suyuqlangan kriolitdagi aluminiy oksid; *7* — qobiq.

ko‘mir massa bloklari terilgan bo‘ladi. Vanna tubida bloklar ustiga po‘lat sterjenlar qo‘yilgan, ularning uchlari tashqariga chiqarilgan.

Bu bloklar suyuqlangan aluminiy bilan birga katod bo‘lib xizmat qiladi. Anod 12 — 14 ta ko‘mir g‘o‘lachalardan iborat va yuqoridan vannaga botirilgan. Ajralib chiqadigan kislorod ko‘mir anodni CO va $CO_2$ ga qadar oksidlaydi. Bunda anod materiali sarflanadi, shu sababli oksidlanish davom etgan sari anod asta-sekin pastga tushadi.

Yuqoridan hamda vannaning yon devorlari tomonidan elektrolit atrofidagi havo ta’sirida soviydi va yaxlit qobiq holida qotadi. Unda anodning oksidlanishi natijasida hosil bo‘lgan gazlarning chiqishi uchun anod yaqinida teshik teshiladi. Vannaga moddalar solishda avval kriolit bilan kalsiy ftorid solinadi. Ular suyuqlangandan keyin (elektr toki o‘tkazish yo‘li bilan) toza aluminiy oksid yoki tozalangan boksit qo‘shiladi.

Aluminiy ishlab chiqarish elektr energiyasi va materiallarni ko‘plab sarflashni talab etadi: 1 t aluminiy olish uchun 20 ming kvt soatga yaqin elektr energiyasi, 2 t atrofida aluminiy oksid, 40 — 60 kg kriolit, 20 — 30 kg boshqa ftoridlar aralashmasi va 20 — 30 kg anod ko‘miri sarflanadi. Shuning uchun aluminiy ishlab chiqaradigan zavodlar arzon elektr energiyasi beradigan katta gidroelektr stansiyalar (Volxov, Bratsk, Krasnoyarsk va b.) yonida joylashadi.

**Fizik xossalari.** Aluminiy — kumushsimon-oq metall, yengil, lekin mexanik jihatdan mustahkam. Uning zichligi 2,7 g/sm$^3$ ga teng, suyuql. t. 660°C. Elektr o‘tkazuvchanligi va issiqlik o‘tkazuvchanligi yaxshi, lekin bu jihatdan misdan keyin turadi. Unga ishlov berish: zarqog‘oz holida yoyish, ingichka sim qilib tortish, quyish oson. Osonlik bilan qotishmalar hosil qiladi. Aluminiy 600°C da mo‘rt bo‘lib qoladi va uni donalar holida yoki kukun qilib tuyish mumkin. Tabiiy aluminiy bitta izotop $^{27}_{13}Al$ (100%) dan tarkib topgan.

**Kimyoviy xossalari.** Aluminiy atomining tashqi energetik pog‘onasida uchta elektron bor, u kimyoviy reaksiyalarda shu elektronlarini beradi. O‘zining hamma barqaror birikmalarida aluminiyning oksidlanish darajasi +3 bo‘ladi. U kuchli qaytaruvchi hisoblanadi.

Aluminiy odatdagi temperaturadayoq kislorod bilan oson birikadi. Bunda uning sirti oksid parda $Al_2O_3$ bilan qoplanadi, bu parda metallni keyingi oksidlanishdan saqlaydi. Oksid pardaning

qalinligi 0,00001 mm bo'ladi. U puxta, qattiq va elastik, cho'zilganda, siqilganda, buralganda ham uzilmaydi, elektr tokini o'tkazadi, 2050°C da suyuqlanadi, aluminiy esa 660°C da suyuqlanadi. Oksid parda tufayli aluminiy sirti xira bo'ladi. Shu parda borligi uchun aluminiy namlik va havo ta'sirida yemirilmaydi (korroziyalanmaydi).

Agar oksid parda buzilsa (masalan, aluminiy sirtini jilvir kukun bilan ishqalab yoki uni ozroq vaqt ishqorning qaynoq eritmasiga botirib qo'yib), u holda aluminiy suv bilan reaksiyaga kirishadi:

$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2 \uparrow$$

Odatdagi temperaturada aluminiy konsentrlangan va juda suyultirilgan nitrat kislota bilan reaksiyaga kirishmaydi (himoya oksid pardasi hosil bo'lishi natijasida), shu sababli $HNO_3$ aluminiy idishda saqlanadi va tashiladi. Lekin u xlorid va sulfat kislotalarda eriydi:

$$2Al + 6H^+ = 2Al^{3+} + 3H_2 \uparrow$$

Ko'pchilik metallardan farq qilib, aluminiyga ishqorlarning eritmalari juda kuchli ta'sir etadi. Masalan:

$$2Al+2NaOH+10H_2O=2Na[Al(OH)_4H_2O)_2]+3H_2$$

yoki ionli ko'rinishda:

$$2Al + 2OH^- + 10H_2O = 2[Al(OH)_4(H_2O)_2]^- + 3H_2 \uparrow$$

Shuning uchun aluminiy idishda ishqoriy eritmalarni saqlab bo'lmaydi.

Kimyogar A. I. Gorbovning taklifiga ko'ra, rus-yapon urushida aluminiyni ishqor bilan reaksiyaga kiritib, aerostatlar uchun vodorod olingan va bu boshlang'ich moddalarni tashishning osonligi bilan bog'liq edi.

Qizdirilganda aluminiy galogenlar bilan, yuqori temperaturada esa — oltingugurt, azot va ko'mir bilan reaksiyaga kirishadi:

$$2Al+3Cl_2=2AlCl_3 \qquad 2Al+N_2=2AlN$$
$$2Al+3S=Al_2S_3 \qquad 4Al+3C=Al_4C_3$$

## 13.12- §. Aluminiy oksid va gidroksid

Aluminiy oksid (giltuproq) $Al_2O_3$ — oq rangli, ancha qiyin suyuqlanuvchan, juda qattiq modda. U aluminiy olish uchun

boshlang'ich mahsulot hisoblanadi. Tabiatda korund va uning turlari ko'rinishida uchraydi. Agar korundning rangsiz kristallari aralashmalar tufayli ko'k rangli bo'lsa, u holda ular sapfir, gunafsha ranglisi — ametist, qizil ranglisi — yoqut deyiladi. Yoqutning xrom (III) oksid aralashgan kristallari lazerlarda aktiv muhit sifatida ishlatiladi.

Laboratoriyada aluminiy oksid aluminiyni kislorodda yondirish yoki aluminiy gidroksidni qizdirish yo'li bilan olinadi:

$$4Al+3O_2=2Al_2O_3$$

$$2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$$

Aluminiy oksid suvda erimaydi va u bilan reaksiyaga kirishmaydi. U amfoter — kislotalar (ancha qiyinlik bilan) va ishqorlar bilan reaksiyaga kirishadi:

a) xlorid kislota bilan

$$Al_2O_3+6HCl=2AlCl_3+3H_2O$$

b) suyuqlantirganda qattiq natriy gidroksid bilan

$$Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$$

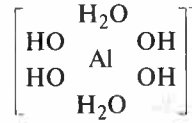
d) natriy gidroksid eritmasi bilan

$$Al_2O_3+2NaOH+7H_2O=2Na[Al(OH)_4(H_2O)_2]$$

yoki

$$Al_2O_3 + 2OH^- + 7H_2O \rightleftarrows 2[Al(OH)_4(H_2O)_2]^-$$

Amfoter gidroksidlarning ishqoriy eritmalarda erishi gidroksotuzlar (gidroksokomplekslar) hosil bo'lish jarayoni sifatida qaraladi. Gidroksokomplekslar $[Al(OH)_4(H_2O)_2]^-$, $[Al(OH)_6]^{3-}$, $[Al(OH)_5(H_2O)]^{2-}$ ning mavjudligi tajribada isbotlangan; ulardan birinchisi — eng barqaror. Bu kompleksda aluminiyning koordinatsion soni 6 ga teng, ya'ni aluminiy olti koordinatsiyalangan hisoblanadi:



Amfoter aluminiy gidroksidning suvdagi eritmada dissotsilanishini ushbu tenglama bilan aniqroq ifodalash mumkin:

$$Al^{3+} + 3OH^- \rightleftarrows Al(OH)_3 \equiv Al(OH)_3 + 3H_2O \rightleftarrows$$
$$\rightleftarrows [Al(OH)_4(H_2O)_2]^- + H^+$$

Aluminiy gidroksid $Al(OH)_3$ — oq qattiq modda, suvda amalda erimaydi. Bilvosita yo'l bilan — aluminiy tuzlariga ishqorlarning eritmalarini ta'sir ettirib olinadi:

$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NaCl$$

yoki

$$Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3 \downarrow$$

$Al(OH)_3$— haqiqiy amfoter gidroksid. Kislotalar bilan o'zaro ta'sirlashganda tarkibida aluminiy kationlari bor tuzlar hosil qiladi; ishqorlarning eritmalari (mo'l miqdordagi) bilan o'zaro ta'sir ettirilganda aluminatlar, ya'ni aluminiy anion tarkibiga kiradigan tuzlar hosil qiladi. Masalan:

$$Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$$
$$Al(OH)_3 + OH^- + 2H_2O = [Al(OH)_4(H_2O)_2]^-$$

$Al(OH)_3$ ning dissotsilanish tenglamasidan ko'rinib turibdiki, $H^+$ ionlari mo'l bo'lganda (ya'ni kislotali muhitda) suvdagi eritmada $Al^{3+}$ ionlari ko'p bo'ladi, ishqoriy muhitda esa, asosan, bir zaryadli anion $(Al(OH)_4(H_2O)_2]^-$ hosil bo'ladi, u eng barqarordir.

## 13.13- §. Aluminiy va uning qotishmalarining ishlatilishi

Aluminiyning fizik va kimyoviy xossalari uning texnikada keng ko'lamda ishlatilishiga sabab bo'ldi.

Aluminiyning yirik iste'molchisi aviatsiya sanoati hisoblanadi: samolyotning 2/3 qismi aluminiy va uning qotishmalaridan, motorining 1/4 qismi esa aluminiy qotishmalaridan yasaladi. Shuning uchun aluminiy qanotli metall deyiladi. Aluminiydan kabellar va simlar tayyorlanadi: elektr o'tkazuvchanligi bir xil bo'lgani holda ularning massasi misdan yasalgan xuddi shunday buyumlarning massasidan 2 marta yengil bo'ladi.

Aluminiyning korroziyabardoshligini e'tiborga olib undan apparatlarning detallari va nitrat kislota solinadigan idish tayyorlanadi. Avtobuslar, trolleybuslar, yaxlit metall vagonlarning korpuslari

aluminiydan va uning qotishmalaridan yasaladi. Aluminiydan oziq-ovqat mahsulotlari uchun o'rov qog'ozlar va idish-tovoq tayyorlanadi. Sayohatchi uchun eng yaxshi choynak — aluminiy choynak, chunki unda suv tez qaynaydi.

Aluminiy kukuni temir buyumlarni korroziyalanishdan saqlash uchun ularga qoplanadigan kumushsimon bo'yoq tayyorlashda asos hisoblanadi.

Metallar ishlab chiqarishda aluminiy temirdan keyin ikkinchi o'rinda turadi. Metallurgiyada aluminiy ishlatiladigan eng muhim tarmoqlardan biri — uning yordamida metallarni oksidlaridan olishdir. Aluminotermiyani rus kimyogari N. N. Beketov kashf qilgan. Aluminotermiyada reaksiya juda tez ketadi, ko'p miqdorda issiqlik chiqadi, aralashmaning temperaturasi esa 3500°C ga yetadi. Bunday sharoitlarda qaytarilgan metall suyuq holatda olinadi, uning yuziga esa aluminiy oksid shlak holida qalqib chiqadi.

Aluminiy kukuni bilan temir (II, III) oksidning (temir kuyundisining) ekvivalent miqdorlari aralashmasi *termit* deyiladi. Termitniig yonish reaksiyasi ushbu tenglama bo'yicha boradi:

$$3Fe_3O_4 + 8Al = 4Al_2O_3 + 9Fe; \qquad \Delta H° = -3300 \text{ kJ}$$

Ajralib chiqadigan issiqlik olinadigan temirning to'liq suyuqlanishi uchun batamom yetarlidir. Termitdan po'lat buyumlarni payvandlashda foydalaniladi.

Aluminotermiya xrom, marganes, vanadiy, titan, sirkoniy va boshqa metallarni ularning oksidlaridan olishda, shuningdek, maxsus po'latlar olishda qo'llaniladi.

## 13- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**13.1.** Tarkibida massasi 23 g kaliy va 39 g natriy tutgan qotishmaning 200 g suv bilan reaksiyasi natijasida hosil bo'ladigan gazning hajmini (l. n. sh.) va ishqorlar aralashmasining molyar konsentratsiyalarini ($\rho$=1,2 g/ml) va ishqorlarning har birining massa ulushlarini hisoblang.

A) $V(H_2)$=25,2 l.
$C_m$ (NaOH)=6,7 mol/l
$C_m$ (KOH)=3,4 mol/l
$C_m$ (ishqor)=10,1 mol/l
$\omega$ (NaOH)=0,262
$\omega$ (KOH)=0,127

B) $V(H_2)$=25,6 l
$C_m$ (NaOH)=7,7 mol/l
$C_m$ (KOH) =2,7 mol/l
$C_m$ (ishqor)=10,4 mol/l
$\omega$ (NaOH)=0,262
$\omega$(KOH)=0,127

C) $V(H_2)$=25,0 l.
$C_m$ (NaOH)=7,8 mol/l
$C_m$ (KOH)=2,6 mol/l
$C_m$ (ishqor)=10,4 mol/l
ω (NaOH)=0,258
ω (KOH)=0,118

D) $V(H_2)$=24,8 l.
$C_m$ (NaOH)=7,5 mol/l
$C_m$(KOH)=3,3 mol/l
$C_m$ (ishqor)=10,8 mol/l
ω (NaOH)=0,26
ω(KOH)=0,13

E) $V(H_2)$=25,0 l
$C_m$ (NaOH)=7,5 mol/l
$C_m$(KOH)=2,7 mol/l
$C_m$ (ishqor)=10,3 mol/l
ω(NaOH)=0,25
ω(KOH)=0,13

*Yechish.* Har qaysi moddaning miqdorini hisoblaymiz. *n*(K)=23:39=0,59 mol, *n*(Na)=39:23=1,7 mol. Ularning suv bilan reaksiya tenglamalari:

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2 \uparrow \quad va \quad 2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2 \uparrow$$

Hosil bo'lgan vodorod va ishqorlar miqdori:
*n*(KOH)= 0,59 mol, *n*(NaOH)=1,7 mol, $n(H_2)$=0,5; *n*(K)=0,5, *n*(Na)= 0,5·0,59+0,5·1,7= 0,295+0,85=1,145 mol. Gazning hajmi $V(H_2)$=1,145·22,4=25,6 l.

Ishqor eritmalaridagi moddalar miqdori:

$$n(MeOH)=0,59+1,7=2,29 \text{ mol.}$$

Eritma massasi olingan suv massasidan reaksiyada qatnashgan Na va K massalari yig'indisidan va hosil bo'lgan vodorod massalari ayirmasidan topiladi: *m* (eritma)=200+23+39—(25,6 : 22,4)·2= =259,75 g. V (eritma)=259,7 : 1,2=216,4 ml = 0,22 l bo'ladi. Bu qiymatlardan foydalanib quyidagilarni topamiz:

$$\omega(NaOH) = \frac{n(NaOH)\cdot M(NaOH)}{259,7} = \frac{1,7\cdot 40}{259,7} = 0,262 \quad \text{(yoki 26,2\%)}$$

$$\omega(KOH)=0,59\cdot 56 : 259,7= 0,127 \quad \text{(yoki 12,7\%)}$$

$$C_M\,(NaOH) = \frac{n(NaOH)\ mol}{V(e),l} = \frac{1,7}{0,22} = 7,7\ mol/l$$

$C_M(KOH) = \frac{0,59}{0,22} = 2,7$ mol/l, umumiy molyar konsentratsiya esa $C_M(ishqor) = \frac{0,59+1,7}{0,22} = 10,4$ mol/l yoki soddaroq tarzda $C_{M(ishqor)} = 7,7+2,7 = 10,4$ mol/l bo'ladi.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**13.2.** Suvning doimiy qattiqligini keltirib chiqaradigan birikmalarni tanlang.

1) magniy karbonat; 2) magniy gidrokarbonat;
3) magniy sulfat; 4) kalsiy gidroksid;
5) kalsiy karbonat; 6) kalsiy sulfat;
7) kalsiy gidrokarbonat; 8) magniy xlorid;
9) kalsiy xlorid.

A) 1, 3, 5, 7; B) 2, 4, 5, 8; C) 3, 6, 8, 9; D) 2, 5, 8, 9.

*Yechish.* Suvning doimiy qattiqligi kalsiy va magniyning xlorid va sulfat tuzlarining miqdori bilan bog'langan. Test savolidagi 3, 6, 8 va 9 tuzlar javobni qanoatlantiradi.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**13.3.** Xrom (III) sulfat eritmasiga quyidagi metallarning qaysilaridan yasalgan plastinka tushirib turilganda plastinkaning massasi kamayishi kerak?

1) temir; 2) magniy; 3) kadmiy; 4) qalay;
5) qo'rg'oshin; 6) rux; 7) marganes; 8) mis.

A) 1; B) 2, 3; C) 4, 5; D) 6, 7.

*Yechish.* Keltirilgan metallardan yasalgan plastinka bilan xrom ioni orasidagi reaksiyada rux, marganes va magniy qatnashadi, chunki ularning standart elektrod potensiallari (tegishli tartibda $-0,76$; $-1,18$ va $-2,37$ V ga teng; 12.1-jadvalga qarang) xrom ioni bilan o'rin olish reaksiyasida qatnashishi mumkin. Bu qatordagi metallardan faqat rux va marganesning atom massalari xromnikidan katta; reaksiya tenglamasiga

$$2Cr^{3+} + 3Zn \rightarrow 2Cr^{\circ} + 3Zn^{2+}$$
$$2 \cdot 52 = 104 \qquad 3 \cdot 65 = 195$$
$$Cr^{3+} + 3Mn \rightarrow 2Cr^{+} + 3Mn^{2+}$$
$$3 \cdot 55 = 165 \qquad 2 \cdot 52 = 104$$

qaraganda plastinka massalari kamayadi, magniy qatnashganda esa

$$2Cr^{3+} + 2Mg \rightarrow 2Cr^{+} + 3Mg^{2+}$$

teskari natijaga olib keladi.

*Javob:* **D** bo'ladi:

**13.4.** Nima sababga ko'ra I A gruppachadagi element atomlarining nisbiy elektrmanfiyligi vodoroddan litiyga o'tganda 2,1—1,0=1,1 qiymatga kamayadi, lekin litiydan natriyga o'tganda 0,1 birlikka (10 martadan kam farq bilan) o'zgaradi?

A) vodorodning nisbiy elektrmanfiyligi galogen atomlarining yaqin bo'lishi kerakligi sababli;

B) vodorod atomining radiusi [r(H)= 0,053 nm] litiy atominiki [r(Li)=0,155 nm] ga qaraganda 3 marta kichik bo'lishi sababli;

C) vodorodning valent elektroni $1s^1$- ni yadroga tortilishini to'sadigan ichki elektron qobiq yo'q, litiy atomining $2s^1$- valent elektronini yadroga tortilishini $1s^2$- elektron pog'ona (qobiq) to'sib turadi. Qolgan ishqoriy metallarda ham shunday to'sish kuzatiladi;

D) vodorod atomi yadrosi o'ziga boshqa elektrmanfiyligi kichik bo'lgan elementlarning elektronlarini tortib olishga va oksidlanish darajasi —1 ga teng bo'lgan ion tabiatli gidridlarni hosil qila oladi;

E) vodorod atomining radiusi ftor atominikiga qaraganda (r(H) : r(F)=0,053 : 0,034=1,6 marta) katta bo'lgani uchun $\chi$(F) : $\chi$(H)=4,1 : 2,1=1,95 marta ortiq.

*Yechish.* Nisbiy elektrmanfiylik element atomining yadrosiga bog' hosil qilishda qatnashgan elektronni tortib turishiga proporsional bo'ladi. Xlor atomining radiusi ftor atominikiga qaraganda (r(Cl) : r(F)=0,099 : 0,034=2,9) uch martacha katta, brom atominiki ftor va xlor atomlarnikiga qaraganda esa (r(Br) : r(Cl) : r(F)=0,114 : 0,099 : 0,034=3,35 : 2,9 : 1) ularning nisbiy elektrmanfiyliklari nisbati bilan taqqoslasak $\chi$(F) : $\chi$(Cl) : $\chi$(Br)=4,1 : 3,0 : 2,8=1,5 : 1,1 : 1,0 bo'lishi asosiy sabab ko'rib o'tilgan xususiyatlargina yetarli emasligini ko'rsatadi (8.1- jadvalga qarang). 2-davr elementlarining valent pog'onalaridagi elektronlari va elektrmanfiyligi katta bo'lgan elementlarning elektron qabul qilib olishga moyilligi; yadro zaryadining tashqi pog'onada joylashgan elektronlarni tortib turishi keyingi davr elementlarinikiga qaraganda boshqacha orbital bo'lishi yoki bo'lmasligi bilan bog'liq.

Vodorod atomida $1s^1$-elektron bilan yadro orasida to'siq vazifasini bajaradigan simmetriyasi *s*- turdagi orbital yo'q. 2-davrdagi

$2s^1$- va $2s^2$- orbitallarni yadroga tortilishini elektronlar bilan to'lgan $1s^2$- orbitallar to'sadi. 2*s*-elektron orbitalidagi 1 dan 6 ta elektronlarining yadroga tortilishini to'suvchi ichki *p*-orbital yo'qligi sababli bunday elementlarning yadro zaryadi ortib borishi natijasida atom radiuslari ortib boradi. Bu elementlarning elektronlari joylashgan energetik pog'onacha yadroga tortilishi kuchayib borishi sababli orbital radiuslar ham kichiklashib boradi.

*Javob*: **C** bo'ladi.

**13.5.** Qattiq suvni yumshatish usullarini ko'rsating: 1) qaynatish; 2) suvni kuchli sovitish orqali unda erigan tuzlardan ajratish; 3) mayda qum qatlamidan o'tkazish; 4) soda eritmasi bilan ishlov berish; 5) so'ndirilgan ohak eritmasidan qo'shish; 6) anionlar qo'shish; 7) ion-almashinuvchi kationitlar va anionitlar.

A) 1, 2, 4; B) 1, 4, 5, 6; C) 1, 3, 4, 5; D) 1, 4, 5, 7.

*Yechish.* Karbonatli qattiqlikning o'zini bartaraf etish uchun 1- tadbirni amalga oshirish kifoya qiladi. Lekin, bu tadbir doimiy qattiqlikni yuzaga keltirib chiqaradigan kalsiy va magniy ionlardan suvni ozod qilishga yordam bermaydi, bunday ionlarni bog'lash uchun 4- va 5- tadbirlarni bir vaqtning o'zida yoki 7-tadbir yaxshi natija beradi.

*Javob*: **D** bo'ladi.

## *14- B O B.* YONAKI GRUPPACHALARNING METALLARI

### 14.1-§. Xrom gruppachasining umumiy tavsifi

D. I. Mendeleyev davriy sistemasining yonaki gruppachalari metallariga barcha *d*-elementlar kiradi. Bunday elementlar 10 ta: skandiy, titan, vanadiy, xrom, margenes, temir, kobalt, nikel, mis va rux gruppachalari. Bu yerda xrom gruppachasining va temir oilasining umumiy tavsifi ko'rib chiqiladi.

VI gruppaning yonaki gruppachasini xrom Cr, molibden Mo va volfram W elementlari tashkil etadi. Xrom bilan molibden atomlarining tashqi energetik pog'onasida bittadan, volframnikida — ikkita elektroni bor; shu sababli bu elementlar bosh gruppacha elementlaridan farq qilib, metall xususiyatiga ega bo'ladi. Ular valent elektronlari soniga muvofiq +6 ga teng maksimal oksidlanish darajasini namoyon qiladi va $RO_3$ turidagi oksidlar hosil qiladi; bu oksidlarga umumiy formulasi $H_2RO_4$ bo'lgan kislotalar muvofiq keladi. Kislotalarning kuchi xromdan volframga o'tgan sari qonuniyat

bilan kamayib boradi. Bu kislotalarning ko'pchilik tuzlari suvda kam eriydi, faqat ishqoriy metallarning va ammoniyning tuzlarigina yaxshi eriydi.

Xrom gruppachasidagi elementlar +5, +4, +3, +2 oksidlanish darajalarini ham namoyon qiladi. Lekin bu elementlarga yuqori oksidlanish darajasidagi birikmalari eng xos, ular ko'p jihatdan oltingugurtning tegishli birikmalariga juda o'xshaydi. Xrom gruppachasidagi elementlar vodorod bilan birikmalar hosil qilmaydi.

Gruppachada tartib raqami ortib borishi bilan metallarning suyuqlanish temperaturasi kattalashadi. Volfram 3390°C da suyuqlanadi. Bu eng qiyin suyuqlanadigan metall. Shuning uchun undan elektr lampochkalarida cho'g'lanish tolalari tayyorlash uchun foydalaniladi.

Xrom gruppachasidagi metallar odatdagi sharoitda havo va suv ta'siriga juda barqarordir. Qizdirilganda kislorod, galogenlar, azot, fosfor, ko'mir, kremniy va b. bilan reaksiyaga kirishadi. Ularning boshqa metallar bilan hosil qilgan juda ko'p qotishmalari ma'lum. Qotishmalari va metallarning o'zi — hozirgi texnika uchun ancha qimmatli materiallardir.

Fizik va kimyoviy xossalari jihatidan molibden bilan volfram bir-biriga o'xshaydi va xromdan qisman farq qiladi. Metallarning kimyoviy aktivligi xrom — molibden — volfram qatorida sezilarli darajada pasayib boradi.

## 14.2- §. Xrom

**Tabiatda uchrashi.** Xrom turli xil minerallarda birikmalar holida uchraydi. Eng ko'p tarqalgan minerali xromit (xromli temirtosh $FeCr_2O_4$), uning boy konlari Uralda va Qozog'istonda bor. Xromning yer po'stlog'idagi umumiy miqdori 0,03% ni tashkil etadi. Xrom Quyoshda, yulduzlarda va meteoritlarda borligi aniqlangan.

**Olinishi.** Xrom metali xrom (III) oksidni qizdirib turib aluminiy bilan qaytarish orqali olinadi:

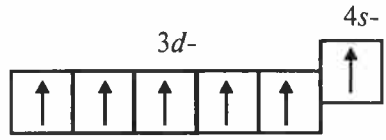
$$Cr_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Cr$$

Xrom metali xrom birikmalarining suvdagi eritmalarini elektroliz qilish yo'li bilan ham olinadi.

**Fizik xossalari.** Xrom — kulrang-oq yaltiroq metall. Metallar orasida u eng qattig'i, uning zichligi 7,2 g/sm$^3$, suyuql. t. 1855°C. Tabiiy xrom massa sonlari 50, 52, 53, 54 va 56 bo'lgan beshta

izotopning aralashmasidan tarkib topgan. Radioaktiv izotoplari sun'iy yo'l bilan olingan.

**Kimyoviy xossalari.** Xrom atomining 3*d*- va 4*s*- orbitallarida elektronlarning joylashuvini ushbu sxema bilan ko'rsatish mumkin:




Bundan ko'rinib turibdiki, xrom birikmalarida +1 dan +6 gacha turli xil oksidlanish darajalarini namoyon qilishi mumkin; ulardan eng barqarori xromning oksidlanish darajasi +2, +3, +6 bo'lgan birikmalaridir. Shunday qilib, kimyoviy bog'lanishlar hosil bo'lishida faqat tashqi pog'onaning elektronlari emas, balki tashqaridan ikkinchi pog'onaning *d*- pog'onachasidagi beshta elektron ham ishtirok etadi.

Aluminiyda bo'lgani kabi xromning sirtida ham oksid parda $Cr_2O_3$ hosil bo'ladi. Shuning uchun xrom suyultirilgan sulfat va xlorid kislotalarda birdaniga emas, balki oksid parda erigandan keyingina eriy boshlaydi:

$$Cr + 2H^+ = Cr^{2+} + H_2 \uparrow$$

Nitrat va konsentrlangan sulfat kislotalarda xrom erimaydi, chunki uning oksid pardasi puxtalashadi, ya'ni xrom passiv holatga o'tadi. Tarkibida erigan kislorod bor suyultirilgan sulfat va xlorid kislotalar xuddi shu sababli xrom bilan reaksiyaga kirishmaydi. Xromning passivligini yo'qotish uchun metallning sirtini tozalash kerak.

Yuqori temperaturada xrom kislorodda yonib, oksid $Cr_2O_3$ hosil qiladi. Cho'g' holigacha qizdirilgan xrom suv bug'lari bilan reaksiyaga kirishadi:

$$2Cr + 3H_2O \rightarrow Cr_2O_3 + 3H_2 \uparrow$$

Xrom metali qizdirilganda galogenlar, vodorod galogenidlar, oltingugurt, azot, fosfor, ko'mir, kremniy va bor bilan ham reaksiyaga kirishadi. Masalan:

$$Cr + 2HF = CrF_2 + H_2 \uparrow \qquad 2Cr + N_2 = 2CrN$$
$$2Cr + 3S = Cr_2S_3 \qquad Cr + Si = CrSi$$

## 14.3- §. Xrom oksidlari va gidroksidlari

Xrom uchta oksid hosil qiladi: CrO, $Cr_2O_3$ va $CrO_3$.

Xrom (II) oksid CrO — pirofor qora kukun (piroforlik — mayda tuyilgan holatida havoda o'z-o'zidan alangalanib ketishi). Xrom amalgamasini havo kislorodi bilan oksidlash orqali olinadi. Suyultirilgan xlorid kislotada eriydi:

$$CrO+2H^+= Cr^{2+}+H_2O$$

Havoda 100°C dan yuqorida qizdirilganda xrom (II) oksid xrom (III) oksidga aylanadi.

Xrom (II) xlorid $CrCl_2$ ga ishqor eritmasi ta'sir ettirilganda xrom (II) gidroksid $Cr(OH)_2$ sariq cho'kma holida hosil bo'ladi:

$$Cr^{2+}+2OH^- = Cr(OH)_2$$

$Cr(OH)_2$ asos xossalariga ega. Qaytaruvchi hisoblanadi. Qizdirilganda $Cr_2O_3$ ga aylanadi.

Xrom (II) ning barcha birikmalari ancha beqaror va havo kislorodi ta'sirida oson oksidlanib, xrom (III) birikmalariga aylanadi. Masalan:

$$2Cr(OH)_2 + {}^1/_2\,O_2 + H_2O \rightleftarrows 2Cr(OH)_3$$

Xrom (III) oksid $Cr_2O_3$ — yashil rangli, qiyin suyuqlanadigan kukun. Qattiqligi jihatidan korundga yaqin turadi. Shu sababli u jilvirlash vositalari tarkibiga qo'shiladi. Yuqori temperaturada elementlarni biriktirish yo'li bilan olinadi. Laboratoriyada xrom (III) oksidni ammoniy dixromatni qizdirish yo'li bilan olish mumkin:

$$\overset{-3}{(N}H_4)_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 = \overset{+3}{Cr_2}O_3 + \overset{0}{N_2}\uparrow + 4H_2O$$

$Al_2O_3$ kabi xrom (III) oksid ham amfoter xossaga ega, ishqorlar bilan birga suyuqlantirilganda xrom (III) birikmalari — xromitlar hosil bo'ladi:

$$Cr_2O_3+2NaOH=2NaCrO_2+H_2O$$

natriy xromit

Xrom (III) oksid suv bilan reaksiyaga kirishmaydi, lekin unga xrom (III) gidroksid $Cr(OH)_3$ muvofiq keladi; bu gidroksid xrom

(III) tuzlarining eritmalariga ishqorlarning eritmalari ta'sir ettirilganda kulrang-yashil iviqsimon cho'kma tarzida olinadi:

$$Cr^{3+} + 3OH^- = Cr(OH)_3 \downarrow$$

Xrom (III) gidroksid amfoter xossalarga kislotalar va ishqorlar bilan reaksiyaga kirishadi. Kislotalarda eriganda xrom (III) tuzlari hosil bo'ladi, masalan:

$$Cr(OH)_3+3H^+=Cr_3+3H_2O$$

Xrom (III) tuzlari aluminiy tuzlarga o'xshaydi.Ular oson gidrolizlanadi. Suvdagi eritmalarda kation $Cr^{3+}$ faqat gidratlangan ion $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ holida uchraydi, u eritmaga gunafsharang beradi (soddalashtirib $Cr^{3+}$ holida yoziladi).

$Cr(OH)_3$ ishqorlarda eriganida gidroksoxromitlar [$Al(OH)_3$ ga o'xshash] hosil bo'ladi:

$$Cr(OH)_3+NaOH+2H_2O=Na[Cr(OH)_4(H_2O)_2]$$

yoki

$$Cr(OH)_3+OH^-+2H_2O=[Cr(OH)_4(H_2O)_2]^-$$

$Cr(OH)_3$ ishqorlar bilan qo'shib suyuqlantirilganda metaxromitlar va ortoxromitlar olinadi:

$$Cr(OH)_3+NaOH=NaCrO_2+2H_2O$$

$$Cr(OH)_3+3NaOH=Na_3Cr_3O_3+3H_2O$$

Xrom (III) gidroksid qizdirilganda xrom (III) oksid hosil bo'ladi.

$$2Cr(OH)_3=Cr_2O_3+3H_2O$$

Xrom (VI) oksid $CrO_3$ — to'q qizil kristall modda. Kuchli oksidlovchi: yod, oltingugurt, fosfor, ko'mirni oksidlaydi, bunda o'zi $Cr_2O_3$ ga aylanadi. Masalan:

$$3S+4CrO_3=3SO_2+2Cr_2O_3$$

250°C ga qadar qizdirilganda parchalanadi:

$$4CrO_3=2Cr_2O_3+3O_2$$

Konsentrlangan sulfat kislota bilan natriy yoki kaliy dixromatning to'yingan eritmasi o'zaro ta'sir ettirilganda olinadi:

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 = 2CrO_3 \downarrow + K_2SO_4 + H_2O$$

$CrO_3$ kislota xususiyatiga ega: suvda oson erib, xromat kislotalarni hosil qiladi. Suv mo'l bo'lganda xromat kislota olinadi:

$$CrO_3+H_2O=H_2CrO_4$$

$CrO_3$ ning konsentratsiyasi katta bo'lganda dixromat kislota $H_2Cr_2O_7$ hosil bo'ladi:

$$2CrO_3+H_2O=H_2Cr_2O_7$$

bu kislota suyultirilganda xromat kislotaga aylanadi:

$$H_2Cr_2O_7+H_2O=H_2CrO_4$$

Xromat kislotalar faqat suvdagi eritmalardagina mavjud bo'ladi. Lekin ularning tuzlari ancha barqarordir.

Agar har xil oksidlanish darajasida bo'lgan xromning gidroksidlari $\overset{+2}{Cr}(OH)_2$, $\overset{+2}{Cr}(OH)_3$ va $H_2\overset{+6}{Cr}O_4$ o'zaro taqqoslansa, quyidagicha xulosa kelib chiqadi:

**Oksidlanish darajasi ortishi bilan gidroksidlarning *asos xossalari susayadi* va *kislota xossalari kuchayadi.***

$Cr(OH)_2$ asos xossalarini namoyon qiladi, $Cr(OH)_3$—amfoter, $H_2CrO_4$ esa — kislota xossali.

## 14.4- §. Xromatlar va dixromatlar

Xromat kislotalar ikki qator tuzlar hosil qiladi: xromatlar (xromat kislotaning tuzlari shunday deb ataladi) va dixromatlar (dixromat kislotaning tuzlari shunday deb ataladi). Xromatlar sariq rangli (xromat-ion $CrO_4^{2-}$ ning rangi), dixromatlar —zarg'aldoq rangli (dixromat-ion $Cr_2O_7^{2-}$ ning rangi) bo'ladi.

$CrO_4^{2-}$ va $Cr_2O_7^{2-}$ ionlar vodorod ionlarining konsentratsiyasi o'zgarganda quyidagi tenglamalar bo'yicha bir-biriga aylanadi:

$$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftarrows Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

va

$$Cr_2O_7^{2-} + 2OH^- \rightleftarrows 2CrO_4^{2-} + H_2O$$

Bundan ko'rinib turibdiki, agar eritmaga ozgina kislota qo'shilsa, u holda muvozanat dixromat-ionlar $Cr_2O_7^{2-}$ hosil bo'lish tomoniga siljiydi va aksincha, agar ishqor qo'shilsa, u holda muvozanat xromat-ionlar $CrO_4^{2-}$ hosil bo'lish tomonga siljiydi. Shu

yo'l bilan xromatlarni dixromatlarga va dixromatlarni xromatlarga aylantirish mumkin.

Dixromatlar $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ va $K_2Cr_2O_7$ *xrompiklar* deyiladi. Ular oksidlovchilar sifatida ko'nchilik (terini oshlash), lok-bo'yoq, gugurt va to'qimachilik sanoatlarida ishlatiladi. Xromli aralashma (kaliy dixromatning konsentrlangan sulfat kislotadagi 3% li eritmasi ana shunday ataladi) kimyo laboratoriyalarida shisha idishlarni yuvish uchun ishlatiladi.

Xromat kislotalarning tuzlari kislotali muhitda — kuchli oksidlovchilar. Masalan:

$$3\overset{+4}{S}O_2 + K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 + H_2SO_4 = K_2\overset{+6}{S}O_4 + \overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} \overset{+4}{S} - 2\bar{e} = \overset{+6}{S} & 3 \\ \overset{+6}{Cr} + 3\bar{e} = \overset{+3}{Cr} & 2 \end{array}$$

Xrom (III) birikmalari ishqoriy muhitda qaytaruvchilar vazifasini bajaradi. Turli xil oksidlovchi —$Cl_2$, $Br_2$, $H_2O_2$, $KMnO_4$ va b. ta'sirida ular xrom (VI) birikmalariga — xromatlarga aylanadi:

$$2Na[\overset{+3}{Cr}(OH)_4(H_2O)_2] + 3\overset{0}{Br_2} + 8NaOH = 2Na_2\overset{+6}{Cr}O_4 +$$
$$+ 6Na\overset{-1}{Br} + 12H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} \overset{+3}{Cr} - 3\bar{e} = \overset{+6}{Cr} & 2 \\ \overset{0}{Br_2} + 2\bar{e} = 2\overset{-1}{Br} & 3 \end{array}$$

Bu yerda xrom (III) birikmasi $Na[Cr(OH)_4(H_2O)_2]$ tarzida ifodalangan, chunki u $Na^+$ va $[Cr(OH)_4(H_2O)_2]^-$ ionlari holida mo'l ishqor eritmasida mavjud bo'ladi.

$KMnO_4$, $(NH_4)_2S_2O_8$ singari kuchli oksidlovchilar kislotali muhitda xrom (III) birikmalarini dixromatlarga aylantiradi:

$$\overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_2 + 2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 7H_2O = K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7 + 2\overset{+4}{Mn}(OH)_4 + 3H_2SO$$

$$\begin{array}{l|l} 2\overset{+3}{Cr} - 6\bar{e} = 2\overset{+6}{Cr} & 1 \\ \overset{+7}{Mn} + 3\bar{e} = \overset{+4}{Mn} & 2 \end{array}$$

Shunday qilib, $\overset{+2}{Cr} \rightarrow \overset{+3}{Cr} \rightarrow \overset{+6}{Cr}$ qatorda oksidlanish darajalari o'zgarishi bilan oksidlash xossalari ketma-ket kuchayib boradi. Xrom

(VI) burikmalari kuchli oksidlovchidir, ular oson qaytariladi va xrom (III) birikmalariga aylanadi. Oraliq oksidlanish darajasiga ega bo'lgan, ya'ni xrom (III) birikmalari kuchli qaytaruvchilar bilan reaksiyaga kirishganida oksidlash xossalarini namoyon qilib, xrom (II) birikmalariga aylanishi, kuchli oksidlovchilar (masalan, brom, $KMnO_4$) bilan reaksiyaga kirishganida esa qaytaruvchilik xossalarini namoyon qilib, xrom (VI) birikmalariga aylanishi mumkin.

Xrom (III) tuzlarining rangi juda turli-tuman—gunafsha, ko'k yashil, jigarrang, zarg'aldoq, qizil va qora bo'ladi. Barcha xromit kislotalar va ularning tuzlari, shuningdek, xrom (VI) oksid zaharlidir: teriga, nafas yo'llariga zarar yetkazadi, ko'zni yallig'lantiradi, shu sababli ular bilan ishlashda barcha xavfsizlik choralariga rioya qilish zarur.

## 14.5- §. Temir oilasining umumiy tavsifi

D.I. Mendeleyev elementlar davriy sistemasining VIII guruppasining yonaki gruppachasida 9 element bor: temir, kobalt, nikel, ruteniy, rodiy, palladiy, osmiy, iridiy, platina. Bu gruppaning bir-biriga o'xshash elementlari *triadalar* deyiladigan gorizontal gruppachalar hosil qiladi. Temir, kobalt va nikel elementlari temir triadasini, boshqacha aytganda, temir oilasini hosil qiladi. VIII gruppadagi qolgan elementlar platina metallar oilasini tashkil etadi, bu oilaga palladiy va platina triadalari kiradi. Bu oilalar xossalari jihatidan bir-biridan muhim farq qiladi.

Temir triadasi elementlarining atomlari tashqi energetik pog'onasida 2 tadan elektron bo'ladi, ular kimyoviy reaksiyalarda shu elektronlarini beradi. Lekin kimyoviy bog'lanishlar hosil bo'lishida tashqaridan ikkinchi pog'onaning $3d$-orbitalidagi elektronlar ham ishtirok etadi. Bu elementlar o'zlarining barqaror birikmalarida +2, +3 oksidlanish darajalarini namoyon qiladi. RO va $R_2O_3$ tarkibli oksidlar hosil qiladi. Ularga $R(OH)_2$ va $R(OH)_3$ tarkibli gidroksidlar muvofiq keladi.

Neytral molekulalarni, masalan, uglerod (II) oksidni biriktirib olish temir triadasi (oilasi) elementlariga xos xususiyatdir. Karbonillari $Ni(CO)_4$, $Co(CO)_4$ va $Fe(CO)_5$ dan o'ta toza metallar olish uchun foydalaniladi.

Kobalt bilan nikelning reaksiyaga kirishish xususiyati temirnikiga qaraganda sust. Ular odatdagi temperaturada havoda, suvda va turli xil eritmalarda deyarli korroziyalanmaydi. Suyultirilgan xlorid

va sulfat kislotalar temir bilan kobaltni oson eritadi, nikelni esa faqat qizdirilganda eritadi. Konsentrlangan nitrat kislota uchala metallni ham passivlashtiradi.

Temir oilasidagi metallar qizdirilganda kislorod, suv bug'lari, galogenlar, oltingugurt, fosfor, kremniy, ko'mir va brom bilan reaksiyaga kirishadi. Eng barqarorlari temir (III), kobalt (II) va nikel (II) birikmalaridir.

Temir, kobalt va nikel standart elektrod potensiallar qatorida vodoroddan oldin, platina metallari esa keyin joylashgan. Shu sababli temir oilasidagi metallar tabiatda birikmalar (oksidlar, sulfidlar, sulfatlar, karbonatlar) holida tarqalgan, erkin holda juda kamdan kam — temir meteoritlari holida uchraydi. Tabiatda tarqalganligi jihatidan temirdan keyin nikel, so'ngra kobalt turadi.

Temir oilasidagi elementlarning +2 oksidlanish darajasida hosil qilgan birikmalari bir-biriga o'xshaydi. Ular yuqori oksidlanish darajalarida oksidlash xossalarini namoyon qiladi. Temir, kobalt, nikel va ularning qotishmalari hozirgi texnikaning ancha muhim materiallaridir. Lekin bular orasida temir eng katta ahamiyatga ega.

## 14.6- §. Temir

**Temirning eng muhim rudalari.** Temir aluminiydan keyin — tabiatda eng ko'p tarqalgan metall. Uning po'stlog'idagi umumiy miqdori 5,1% ni tashkil etadi. Temir ko'pchilik minerallar tarkibiga kiradi. Temirning eng muhim rudalari quyidagilardir: 1) magnitli temirtosh $Fe_3O_4$; yuqori sifatli bu rudaning yirik konlari Uralda joylashgan; 2) qizil temirtosh $Fe_2O_3$; uning eng yirik koni — Krivoy- Rog konidir; 3) qo'ng'ir temirtosh $Fe_2O_3 \cdot H_2O$; yirik koni — Kerch konidir.

Yuqorida aytilgan konlardan tashqari ularning katta qatlamlari Kursk magnit anomaliyasida, Kola yarimorolida, Sibirda va Uzoq Sharqda topilgan.

Tabiatda ko'pincha katta miqdorlarda oltingugurt kolchedani (pirit) $FeS_2$ uchraydi. U sulfat kislota olish uchun boshlang'ich xomashyo sifatida ishlatiladi.

**Fizik xossalari.** Temir — yaltiroq kumushrang-oq metall, uning zichligi 7,87 $g \cdot sm^3$, suyuql. t. 1539°C. Yaxshi plastiklik xususiyati bor. Temir oson magnitlanadi va magnitsizlanadi, shu sababli dinamomashina va elektr, motorlarning o'zaklari sifatida ishlatiladi.

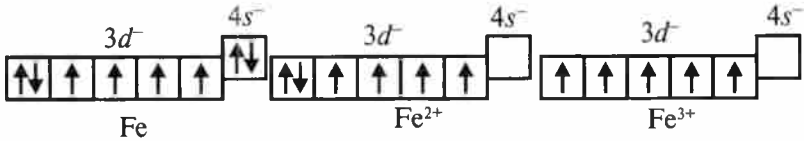
Temir massa sonlari 54, 56 (asosiysi), 57 va 58 bo'lgan to'rtta barqaror izotopdan tarkib topgan. Radioaktiv izotoplari $^{55}_{26}Fe$ va $^{59}_{26}Fe$ ham ishlatiladi.

**Kimyoviy xossalari.** Temir atomlarida elektronlarning energetik pog'onalar bo'yicha joylashuvini shunday ko'rsatish mumkin: $2.8 \cdot (8+6) \cdot 2$. Oxirgi pog'onada — 2 elektron, oxirgidan oldingida — 14 ta, shu jumladan, 6 ta oktetdan ortiqcha elektron bor.

Temir ikkita tashqi elektronini berib, +2 oksidlanish darajasini namoyon qiladi: uchta elektronini (ikkita tashqi va bitta tashqaridan oldingi pog'ononing oktetdan ortiqcha elektronini) berganida +3 oksidlanish darajasini namoyon qiladi:

$$Fe - 2\bar{e} = Fe^{2+}; \quad Fe - 3\bar{e} = Fe^{3+}$$

Temir atomining va $Fe^{2+}$ hamda $Fe^{3+}$ ionlarining $3d$-va $3s$-orbitallarining elektron strukturalarini shunday tasvirlash mumkin:




Temir uchun boshqa oksidlanish darajalari xos emas.

Temir suyultirilgan xlorid va sulfat kislotalarda eriydi, ya'ni vodorod ionlari ta'sirida oksidlanadi:

$$Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2 \uparrow$$

Temir suyultirilgan nitrat kislotada ham eriydi, bunda temir (III) tuzi, suv va nitrat kislotaning qaytarilish mahsuloti — $NH_3$ yoki $N_2O$ bilan $N_2$ hosil bo'ladi (10.8-§ ga q.).

Yuqori temperaturada (700 — 900°C) temir bug'lari bilan reaksiyaga kirishadi:

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2 \uparrow$$

Qattiq qizdirilgan temir sim kislorodda ravshan alanga berib yonadi va kuyindi — temir (II, III) oksid hosil qiladi:

$$3Fe+2O_2=Fe_3O_4$$

Temir isitilganda xlor va oltingugurt bilan yuqori temperaturada — ko'mir, kremniy va fosfor bilan reaksiyaga kirishadi. Temir karbid $Fe_3C$ *sementit* deyiladi. Bu kulrang qattiq modda, juda mo'rt va qiyin suyuqlanadi.

Temir metallar va metallmaslar bilan qotishmalar hosil qiladi (12.4-§ ga q.), bu qotishmalar xalq xo'jaligida nihoyatda katta ahamiyatga ega.

## 14.7-§. Temir birikmalari

Temirning ikki xil: temir (II) va temir (III) birikmalari eng ko'p uchraydi. Ozroq miqdorda temir (VI) birikmalari — ferratlar ham ma'lum, masalan, kaliy ferrat $K_2FeO_4$ va bariy ferrat $BaFeO_4$.

Temir (II) oksid FeO — oson oksidlanadigan qora kukun. Temir (III) oksidni 500°C da uglerod (II) oksid bilan qaytarish orqali olinadi:

$$Fe_2O_3+CO=2FeO+CO_2$$

FeO asosli oksid xossalarini namoyon qiladi: kislotalardan oson erib, temir (II) tuzlarini hosil qiladi.

Temir (III) oksid $Fe_2O_3$ — temirning eng barqaror tabiiy kislorodli birikmasi. Kislotalarda erib temir (III) tuzlarini hosil qiladi.

Temir (I, III) oksid $Fe_2O_3$ — tabiatda magnetit minerali holida uchraydi. U tokni yaxshi o'tkazadi, shu sababli elektrodlar tayyorlash uchun foydalaniladi.

Oksidlarga temir gidroksidlari muvofiq keladi.

Temir (II) gidroksid $Fe(OH)_2$ havosiz joyda temir (II) tuzlariga ishqorlar ta'sir ettirilganda hosil bo'ladi:

$$Fe^{2+}+2OH^-=Fe(OH)_2$$

Oq rangli cho'kma tushadi. Havo ishtirokida uning rangi yashilroq, so'ngra qo'ng'ir tusga kiradi. Temir (II) kationlari $Fe^{2+}$ havo kislorodi yoki boshqa oksidlovchilar ta'sirida oson oksidlanib, temir (III) $Fe^{3+}$ ga aylanadi. Shuning uchun temir (II) birikmalarining eritmalarida doimo temir (III) kationlari bo'ladi. Xuddi shu sababli oq tusli temir (II) gidroksid $Fe(OH)_2$ havoda dastlab yashilroq, so'ngra qo'ng'ir tusga kirib, temir (III) gidroksid $Fe(OH)_3$ ga aylanadi:

$$4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O=4Fe(OH)_3$$

$Fe(OH)_2$ asos xossalarini namoyon qiladi, mineral kislotalarda yaxshi erib, tuzlar hosil qiladi.

Temir (III) gidroksid $Fe(OH)_3$ temir (III) tuzlariga ishqorlar ta'sir ettirilganda qizil-qo'ng'ir cho'kma holida hosil bo'ladi:

$$Fe^{3+}+3OH^-=Fe(OH)_3$$

$Fe(OH)_3$ — temir (II) gidroksidga qaraganda kuchsizroq asos. Bunga sabab shuki, $Fe^{2+}$ da ionning zaryadi $Fe^{3+}$ dagiga qaraganda kichik, radiusi esa katta, demak, $Fe^{2+}$ gidroksid-ionlarni bo'shroq tutib turadi, ya'ni $Fe(OH)_2$ ancha oson dissotsilanadi. Shuning uchun temir (II) tuzlari juda oz darajada; temir (III) tuzlari esa juda kuchli gidrolizlanadi:

$$Fe^{2+} + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)^+ + H^+$$
$$Fe^{3+} + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)^{2+} + H^+$$

Temir (III) gidroksidda salgina amfoterlik xossasi bor-u , suyultirilgan kislotalarda va ishqorlarning konsentrlangan eritmalarida eriydi:

$$Fe(OH)_3+3H^+=Fe^{3+}+3H_2O$$
$$Fe(OH)_3+3OH^-=[Fe(OH)_6]^{3-}$$

Temir tuzlaridan quyidagilar eng ko'p ishlatiladi: 1) temir (II) sulfatning geptagidrati (temir kuporosi) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ o'simliklarning zararkunandalariga qarshi kurashda, moy-bo'yoqlar tayyorlashda va b. maqsadlarda ishlatiladi; 2) temir (III) xlorid $FeCl_3$ suvni tozalashda koagulant sifatida, shuningdek, gazlamalarni bo'yashda bo'yoqni o'chmaydigan qilish uchun ishlatiladi; 3) temir (III) sulfatning nonagidrati $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ koagulant sifatida, shuningdek, metallarni dorilashda ishlatiladi; 4) temir (III) nitratning nonagidrati $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ip-gazlamalarni bo'yashda bo'yoqni o'chmaydigan qilish uchun va ipakni og'irlashtiruvchi sifatida ishlatiladi.

**Temir (II) kationi va temir (III) kationiga sifat reaksiyalar.** Temir (III) kationi ammoniy tiosianat $NH_4NCS$ yoki kaliy tiosianat KNCS ning eritmasi, aniqrog'i tiosianat-ion $NCS^-$ yordamida oson bilib olinadi. Temir (III) tuzining eritmasiga $NCS^-$ ta'sir ettirilganda qizil-qon rangli birikma — temir (III) tiosianat $Fe(NCS)_3$ hosil bo'ladi:

$$Fe^{3+} + 3NCS^- \rightleftarrows Fe(NCS)_3$$

Tiosianat-ion $NCS^-$ temir (III) kationi $Fe^{3+}$ ga reagent bo'lib xizmat qiladi.

Temir (III) kationi $Fe^{3+}$ ni aniqlash uchun temirning sariq qon tuzi deyiladigan murakkab (kompleks) birikmasi — kaliy geksasianoferrat (II) $K_4[Fe(CN)_6]$ ni ishlatish qulay. Bu tuz eritmada ionlarga dissotsilanadi:

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightleftarrows 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-}$$

Geksasianoferrat-ionlar $[Fe(CN)_6]^{4-}$ temir (III) kationlari $Fe^{3+}$ bilan o'zaro ta'sirlashganda to'q ko'k cho'kma — temir (III) geksasianoferrat (II) (berlin zangorisi) hosil bo'ladi:

$$3[Fe(CN)_6]^{4-} + 4Fe^{3+} = Fe_4[Fe(CN)_6]_3 \downarrow$$

Temirning boshqa murakkab birikmasi — kaliy (III) geksasianoferrat (qizil qon tuzi) eritmada dissotsilanadi:

$$K_3[Fe(CN)_6] \rightleftarrows 3K^+ + [Fe(CN)_6]^{3-}$$

geksasianoferrat (III) ionlar $[Fe(CN)_6]^{3-}$ temir (II) kationlari $Fe^{2+}$ bilan o'zaro ta'sir ettirilganda ham to'q ko'k cho'kma — temir (II) geksasianoferrat (II) (turnbul ko'ki) hosil bo'ladi:

$$2[Fe(CN)_6]^{3-} + 3Fe^{2+} = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 \downarrow$$

Shunday qilib, $K_4[Fe(CN)_6]$ va $K_3[Fe(CN)_6]$ birikmalar tegishlicha temir (III) kationi $Fe^{2+}$ ga muhim reagentlar hisoblanadi.

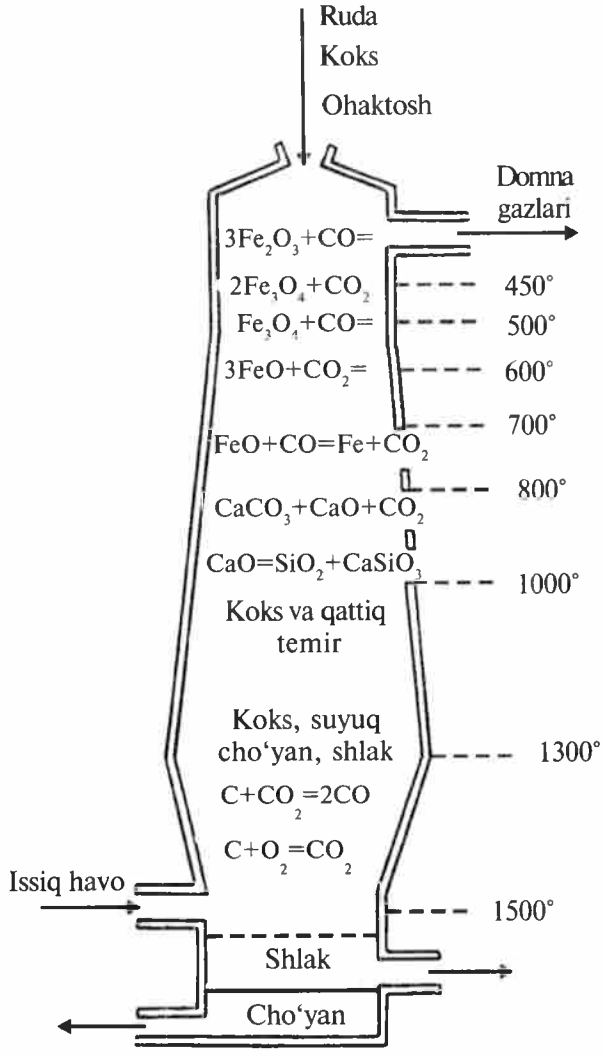
## 14.8-§. Domna jarayoni

Rudalardan temir olish uning oksidlarini uglerod (II) oksid va ko'mir (koks) bilan qaytarishga asoslangan. Bunda toza temir emas, uning ko'mir va boshqa qo'shimchalar (kremniy, marganes, oltingugurt, fosfor) bilan qotishmasi olinadi. Bu qotishma *cho'yan* deyiladi (14.9.-§ ga q).

Cho'yan *domna pechlarida* suyuqlantirib olinadi. Bu hajmi 5000 $m^3$ va balandligi 80 m gacha bo'lgan, ichki tomoniga o'tga chidamli g'isht qoplangan va tashqi po'lat g'ilofi (mustahkam bo'lishi uchun) bor murakkab inshootdir. Domnaning yuqorigi yarmi *shaxta*, yuqorigi teshigi — *koloshnik*, eng keng qismi — *raspar,* pastki qismi — *gorn* deyiladi.

Domna jarayonining sxemasi va uning ximizmi 14.1-rasmda ko'rsatilgan.

Boshlang'ich materiallar: shixta — tarkibida temir oksidi, shuningdek, koks, fluslar (suyuqlantirgichlar) bor ruda. Koks




**14.1- rasm.** Domna jarayonining ximizmi.

issiqlik manbayi bo'lib xizmat qiladi, shuningdek, undan qaytaruvchi — uglerod (II) oksid olish uchun foydalaniladi. Fluslar bekorchi jinsni oson suyuqlanadigan birikmalarga — shlaklarga aylantiradi.

Domnaga koloshnik orqali boshlang'ich materiallar (navbatlashib keladigan qatlamlar holida) solinadi. Ko'mirning yonishi va zaruriy temperaturani saqlab turish uchun gorndagi maxsus teshik orqali kislorodga boyitilgan havo puflanadi.

Gornning yuqorigi, temperatura 1850°C ga yetadigan qismida koks 600— 800°C gacha qizdirilgan, puflanadigan havo oqimida shiddat bilan yonadi:

$$C+O_2=CO_2$$

Uglerod (IV) oksid koks cho'g'i orqali o'tib, uglerod (II) oksidga aylanadi:

$$CO_2+C=2CO$$

Uglerod (II) oksid asta-sekin rudani qaytaradi. 450—500°C temperaturada temir (III) oksid $Fe_2O_3$ dan temir (II, III) oksid $Fe_2O_4$ hosil bo'ladi:

$$3Fe_2O_3+CO=2Fe_2O_4+CO_2$$

600°C da $Fe_2O_4$ temir (II) oksidga qadar qaytariladi:

$$Fe_3O_4+CO=3FeO+CO_2$$

taxminan 700°C temperaturada esa temir (II) oksid erkin metallga qadar qaytariladi:

$$FeO+CO=Fe+CO_2$$

Yuqori temperaturalarda temir oksidlarining qaytarilishida uglerod (II) oksid bilan birga ko'mir (koks) dan ham foydalaniladi:

Rudadan temir qaytarilishi taxminan 1100°C da tugaydi. Bu temperaturada rudada qo'shimchalar holida bo'lgan kremniy, marganes va fosfor o'zlarining birikmalaridan qisman qaytariladi. Bu jarayonlarni ushbu tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

$$SiO_2+2C=Si+2CO \qquad MnO+C=Mn+CO$$

$$Ca_3(PO_4)_2+5C=2P+3CaO+5CO$$

Boshlang'ich materiallarda birikmalar ($CaSO_4$, $FeS_2$ va b.) holida bo'lgan oltingugurt qisman temir sulfid FeS ga aylanadi, u cho'yanda yaxshi eriydi.

Qaytarilgan temir asta-sekin pastga tushadi va koks cho'g'i hamda uglerod (II) oksid bilan to'qnashib, temir karbid *(sementit)* hosil qiladi:

$$3Fe+C=Fe_3C$$

$$3Fe+2CO=Fe_2C+CO_2$$

Bunda uglerodlangan temirning suyuqlanish temperaturasi 1200°C ga qadar pasayadi. Suyuqlangan temir o'zida uglerod,

sement, kremniy, marganes, fosfor, oltingugurtni eritadi va suyuq cho'yan hosil qiladi.

Ruda tarkibidagi bekorchi jins, asosan, qumtuproq va boshqa oksidlardan tarkib topgan bo'ladi. Uni yo'qotish uchun boshlang'ich materiallarga fluslar — ko'pincha ohaktosh $CaCO_3$ qo'shiladi. Yuqori temperaturada ohaktosh parchalanadi:

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

Kalsiy oksid bekorchi jinsdagi moddalar bilan reaksiyaga kirishib, shlak — asosan kalsiy silikatlari va alumosilikatlarini hosil qiladi.

Suyuq cho'yan bilan shlak gornga oqib tushadi, bunda shlak yengil bo'lganligi sababli cho'yanning ustida to'planadi va uni kislorodning ta'siridan saqlaydi. Cho'yan bilan shlak turli balandlikda joylashgan teshiklar (14.1- rasmga q.) orqali chiqarib olinadi.

Domnadan chiqayotgan gaz koloshnik gazi yoki domna gazi deyiladi. Uning tarkibida 30% gacha uglerod (II) oksid, azot, uglerod (IV) oksid bo'ladi va maxsus inshootlarni — domnaning havo qizdirgichlarini (kauperlarni) qizdirish uchun foydalaniladi; domnaga beriladigan havo kauperlarda 600—800°C gacha qiziydi.

## 14.9- §. Cho'yan va po'latlar

Domnada suyuqlantirilgan cho'yan tarkibida 93% atrofida temir, 4,5% gacha uglerod, 0,5—2% kremniy, 1—3% marganes, 0,02—2,5% fosfor va 0,005—0,08% oltingugurt bo'ladi. Cho'yan mo'rt, bolg'alanmaydi va prokatka qilinmaydi (chig'irlanmaydi). Cho'yan ikki xil: kulrang va oq bo'ladi.

Kulrang cho'yan tarkibidagi uglerod grafit holida bo'ladi va sindirilganda kulrang tusli bo'ladi. Texnikada u quyish (mashinalarning og'ir qismlarini, maxoviklar va h.k. quyish) uchun ishlatiladi.

Oq cho'yan tarkibida uglerod, asosan, sementit $Fe_3C$ holida bo'ladi, u kulrangdan oqroq. Oq cho'yanning hammasi po'latga aylantirish uchun ketadi.

Qattiq po'latda uglerodning miqdori 0,3 dan 1,7% gacha bo'ladi. Yumshoq po'latda (ilgari u bolg'alanuvchan temir deyilar edi) 0,3% gacha uglerod bo'ladi. Po'lat cho'yandan farq qilib, oson bolg'alanadi va prokatka qilinadi. Tez sovitilganda u qattiq, sekin sovitilganda — yumshoq bo'ladi. Yumshoq po'latga ishlov berish oson. Undan mix, boltlar, sim, tomga yopiladigan tunuka, mashinalarning detallari tayyorlanadi. Qattiq po'latdan asboblar yasaladi.

Hozirgi texnikada legirlangan po'latlar katta ahamiyatga ega. Ularning tarkibida legirlovchi elementlar bo'ladi, bu elementlarga xrom, nikel, molibden, vanadiy, volfram, marganes, mis, kremniy va b. kiradi. Legirlovchi elementlar po'latga muayyan xossalar baxsh etish uchun qo'shiladi. Masalan, tarkibida albatta bo'ladigan qo'shimchalar bilan birga xrom va nikel ham bo'ladigan xrom-nikelli po'latlarning mexanik xossalari yaxshi, korroziyabardosh, shuningdek, issiqbardosh bo'ladi. Ulardan mashinalarning ko'pchilik qismlari va uy-ro'zg'or buyumlari (zanglamaydigan qoshiq, vilka va b.) tayyorlanadi. Xrom-molibdenli va xrom-vanadiyli po'latlar qattiq va yuqori temperatura hamda bosimlarda puxta bo'ladi. Ular truboprovodlar, aviamotorlar va kompressorlarning detallarini tayyorlashda ishlatiladi. Xrom-volframli po'latlardan qirquvchi asboblar yasaladi. Marganesli po'latlar ishqalanish va zarba ta'siriga ancha chidamli bo'ladi.

Cho'yanni qayta ishlab po'latga aylantirish uning tarkibidagi ortiqcha uglerodni va boshqa qo'shimchalarni chiqarib yuborishdan iborat. Bu ularni oksidlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Yuqori temperaturada kislorod uglerod va boshqa qo'shimchalar bilan oson birikib, oksidlar hosil qiladi. Uglerod (II) oksid gaz holida chiqib ketadi, qolgan oksidlar fluslar bilan reaksiyaga kirishib, shlak hosil qiladi, u po'latning yuzasiga qalqib chiqadi.

Po'latlarda fosfor va oltingugurt ko'p miqdorda bo'lishi ayniqsa nomaqbuldir: fosfor po'latni sinuvchan qilib qo'yadi, oltingugurt esa qizigan po'latga mexanik ishlov berishda darzlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Bu qo'shimchalarni yo'qotish uchun suyuqlangan cho'yanga ohak qo'shiladi. Fosfor (V) oksid $P_2O_5$ ohak bilan $Ca_3(PO_4)_2 \cdot 2CaO$ tarkibli tomas shlak hosil qiladi:

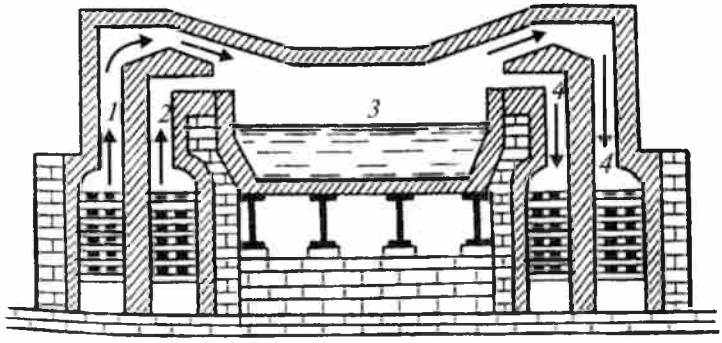
$$P_2O_5+4CaO=Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaO$$

Oltingugurtni yo'qotish jarayonini ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$FeS+CaO=CaS+FeO$$

Tomas shlakdan fosforli o'g'it sifatida foydalaniladi.

Cho'yanni qayta ishlab po'latga aylantirishning asosiy usullari marten usuli bilan elektrotermik usuldir. Marten usulida jarayon *alangali regenerativ marten pechlari* (14.2- rasm) deyiladigan maxsus pechlarda olib boriladi. Pechning suyuqlantirish vannasiga cho'yan, shuningdek, temir-tersak, toza ruda (ularning tarkibida




**14.2- rasm.** Cho'yan po'latga aylantiriladigan marten pechi:
*1* — gaz; *2* — havo; *3* — cho'yan; *4* — yonish mahsullari.

kislorod bo'ladi) va ohak (flus) solinadi. Pech gaz bilan isitiladi, u yuklangan vanna tepasida yonadi. Pechdagi temperatura 1800°C ga yetadi.

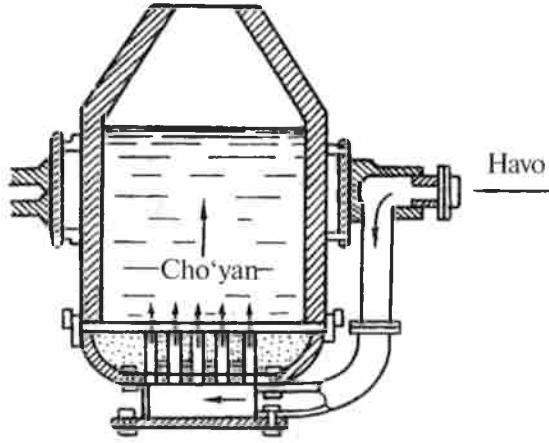
Shixta suyuqlanadi va cho'yandagi uglerod hamda qo'shimchalar pechga yonuvchi gazlar bilan kirayotgan havodagi kislorod, shuningdek, temir-tersak va rudadagi kislorod hisobiga oksidlanadi. Po'lat olishning marten usulida kislorod puflash jarayonni juda jadallashtiradi: pechlarning unumdorligi ortadi, yoqilg'i sarfi kamayadi, chiqadigan po'lat miqdori ko'payadi va uning sifati yaxshilanadi.

Marten pechida legirlangan po'latlar olish oson. Buning uchun suyuqlanish tugashidan oldin zaruriy metall va qotishmalar qo'shish kerak.

Lekin legirlangan po'latlar odatda maxsus elektr pechlarda 3000°C dan yuqori temperaturada suyuqlantirib olinadi. Bu elektrotermik usul bo'lib, tarkibida qiyin suyuqlanadigan metallar — molibden, volfram va b. bor po'latlar olish uchun qo'llaniladi.

Marten usuli bilan 85% gacha po'latlar ishlab chiqariladi. Bu usul bilan bir qatorda bessemer va tomas usullari ham qo'llaniladi.

Bessemer usulida suyuqlangan cho'yan maxsus *konverterga* (14.3- rasm) — ichki tomoniga o'tga chidamli material qoplangan (futerovka qilingan) noksimon po'lat idishga quyiladi. Idish aylana oladi. Konverter orqali havo puflanadi. Bunda qo'shimchalar yonadi (oksidlanadi). Hosil bo'ladigan marganes va temir oksidlari konverter ichki qoplamasi bilan reaksiyaga kirishadi.




**14.3- rasm.** Cho'yandan po'lat quyib olinadigan konverter.

Lekin bu usulda cho'yanni qayta ishlashda undagi oltingugurt va fosforning miqdori kamaymaydi, bu usulning kamchiligi ana shudir.

Tomas usuli fosforga boy temir rudalaridan cho'yan suyuqlantirib olishda qo'llaniladi. Bu usulning bessemer usulidan asosiy farqi shundaki, konverterning ichki qoplamasi dolomit massadan tayyorlanadi, konverterga esa fosforning yonishi natijasida hosil bo'ladigan fosfor (V) oksidni bog'lash uchun ohak qo'shiladi. Bunda olinadigan shlak tomas shlak deyiladi va tarkibida 20% ga yaqin $P_2O_5$ bo'ladi. Po'lat olish barcha usullarining ximizmi bir xil.

Oddiy modda sifatidagi toza temirni temir oksidini qizdirib turib vodorod bilan qaytarish, shuningdek, temir tuzlari eritmalarini elektroliz qilish yo'li bilan olish mumkin.

Cho'yan, po'lat va temir — qora metallar — xalq xo'jaligida juda katta ahamiyatga ega. U industrlashtirishning asosi, qishloq xo'jaligini rivojlantirish va mamlakatning mudofaa quvvatini oshirishning asosidir.

## 14.10-§. Namunaviy masalalar yechish

### Metall va qotishmalar

**1-masala.** Temirning massa ulushi 96% li 200 kg qotishma olish uchun tarkibida temir (III) oksid (massa ulushi 78%, qolganlari — begona aralashmalar) bor qizil temirtoshdan qancha kerak bo'ladi?

*Yechish.* 200 kg temir qotishmasini olish uchun quyidagi sof temir kerak:

$$\frac{200 \cdot 96}{100}\ \text{kg} = 192\ \text{kg}$$

Temir (III) oksidning formulasi $Fe_2O_3$ dan ko'rinib turibdiki, 1 kmol oksiddan 2 kmol temir atomlari olish mumkin. Shuning uchun shunday yozish mumkin: $2 \cdot 56$ kg=112 kg Fe olish uchun $1 \cdot 160$ kg =160 kg $Fe_2O_3$ kerak:

$$112\ \text{kg Fe} - 160\ \text{kg } Fe_2O_3$$
$$192\ \text{kg Fe} - x\ \text{kg } Fe_2O_3$$

Proporsiya tuzamiz: $112 : 160 = 192 : x$, bundan

$$x = \frac{192 \cdot 160}{112}\ \text{kg} = 274,3\ \text{kg } Fe_2O_3 \text{ oksid.}$$

Qizil temirtoshda oksidning massa ulushi 78% ekanligini e'tiborga olib, rudaning zaruriy massasini topamiz:

$$\frac{274 \cdot 100}{78}\ \text{kg} = 351,6\ \text{kg}$$

**2- masala.** Aluminiy bilan temirning 11,0 g aralashmasi xlorid kislotada eritildi. Yig'ilgan vodorodning hajmi normal sharoitda 8,96 l ga teng bo'ldi. Metallar aralashmasining massa ulushlardagi tarkibini aniqlang.

*Yechish.* Reaksiyalarning tenglamalarini tuzamiz:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \qquad (a)$$
$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \qquad (b)$$

Aralashmadagi aluminiyning massasi $x$ g bo'lsin, u holda temirning massasi $(11 - x)$ g. Reaksiya $(a)$da ajralib chiqqan vodorodning hajmi $y$ bo'lsin, u holda $(b)$ reaksiyada ajralib chiqqan vodorodning hajmi $(8,96 - y)$ l bo'ladi.

Atomlar temirning (56 g/mol) va aluminiyning molyar massasini (27 g/mol) hamda gazlarning normal sharoitdagi molyar hajmini (22,4 l/mol) bilgan holda $(a)$ va $(b)$ reaksiyalarning tenglamalari asosida proporsiyalar tuzamiz:

$$\frac{2 \cdot 27}{x} = \frac{3 \cdot 22,4}{y} \quad (d) \qquad \frac{56}{11 - x} = \frac{22,4}{8,96 - y} \quad (e)$$

$(d)$ va $(e)$ tenglamalar sistemasini yechamiz va $x = 5,4$ ekanligini topamiz. Demak, aralashmada 5,4 g aluminiy bor, bu esa quyidagicha bo'ladi.

$$\frac{5,4 \cdot 100}{11,0} = 49,1\%$$

Aralashmada 11,0—5,4=5,6 g temir bor, bu quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{5,6 \cdot 100}{11,0} = 50,9\%$$

**3- masala.** Oksidlanish darajasi +2 bo'lgan metallning 40 g oksidi vodorod bilan qaytarildi. Olingan metallni to'liq eritish uchun 210 g 60% li nitrat kislota kerak bo'ldi, bu kislota azot (IV) oksidga qadar qaytarildi. Metallning nisbiy atom massasini aniqlang va uning nomini ayting.

*Yechish.* Noma'lum metallni Me simvoli bilan, uning molyar massasini — M g/mol bilan, oksid qaytarilishi natijasida hosil bo'lgan metallning massasini esa $x$ g bilan belgilaymiz. Metall oksidining formulasi MeO bo'ladi. Sodir bo'ladigan reaksiyalarning tenglamalarini yozamiz:

$$MeO+H_2=Me+H_2O \quad (a)$$

$$Me+4HNO_3=Me(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O \quad (b)$$

Reaksiyaga sarf bo'lgan nitrat kislotaning (100% li) massasini aniqlaymiz:

$$\frac{210 \cdot 60}{100} = 126\,g \cdot HNO_3$$

$HNO_3$ ning molyar massasi 63 g/mol ga teng, demak, (b) tenglama asosida shunday yozish mumkin: $1 \cdot M$ g Me ni eritish uchun $4 \cdot 63$ g=252 g $HNO_3$ kerak:

M g Me — 252 g $HNO_3$
$x$ g Me — 126 g $HNO_3$

Proporsiya tuzamiz: M : 252=$x$ : 42, ya'ni

$252x=126\,M$
$2x=M$

MeO oksidning molyar massasi ($M$+16) g/mol ga teng. (a) tenglama asosida shunday yozamiz: $1 \cdot M$ g =$M$ g Me olish uchun 1 ($M$+16) g MeO kerak:

$M$ g Me — 1 ($M$+16) g MeO
$x$ g Me — 40 g MeO

Proporsiya tuzamiz: M : (M+16)=$x$ : 40, bundan

$$(M+16)x = 40\ M$$

(*d*) va (*e*) tenglamalar sistemasini yechib, M=64 g/mol ekanligini topamiz, demak, elementning nisbiy atom massasi 64 ga teng. Bu element — **mis**.

### Standart elektrod potensiallar qatori

**1- masala.** Quyidagi tuzlar aralashmasining suvdagi eritmasi elektroliz qilinganda katodda qanday moddalar va qaysi tartibda ajralib chiqadi: $KNO_3$, $Zn(NO_3)_2$ va $AgNO_3$?

*Yechish.* Elektrod potensiali eng musbat bo'lgan metall ionlari katodda eng oson qaytariladi. 12.1-jadvaldan quyidagilarni aniqlaymiz: $E^0_{k^+/k} = -2{,}92$ V; $E^0_{Zn2+/Zn} = -0{,}76$ V; $E^0_{Ag^+/Ag} = +0{,}80$ V. Demak, katodda, birinchi navbatda, kumush ionlari qaytariladi va kumush metali ajralib chiqadi:

$$Ag^+ + \bar{e} = Ag$$

undan keyin rux ionlari qaytariladi va rux metalini hosil qiladi:

$$Zn^{2+} + 2\bar{e} = Zn$$

Kaliy ionlari suvdagi eritmada qaytarib bo'lmaydigan kationlar qatoriga kiradi. Shu sababli katodda kumush va rux ionlari qaytarilgandan keyin suv molekulalari qaytariladi va gidroksid ionlari hamda molekular vodorod hosil bo'ladi:

$$2H_2O + 2\bar{e} = 2OH^- + H_2$$

**2- masala.** Temir quyidagilarning suvdagi eritmalari bilan reaksiyaga kirishadimi: 1 M qo'rg'oshin (II) nitrat, 1 M sulfat kislota, 1 M kaliy xlorid (5.1-§ ga q.)?

*Yechish.* Temir elektrodning standart elektrod potensiali $E^0_{Fe^{2+}/Fe} = -0{,}44$V (12.1-jadvalga q.), bu esa kaliy elektrodning standart elektrod potensialidan ($E^0_{k^+/k} = -2{,}92$ V) katta va qo'rg'oshin ($E^0_{Pb^{2+}/Pb} = -0{,}13$ V) hamda vodorod ($E^0_{2H^+/H_2} = 0$ V) elektrodlarning elektrod potensiallaridan kichik. Demak, temir kaliy xlorid eritmasi bilan reaksiyaga kirishmaydi, lekin qo'rg'oshin (II) nitrat va sulfat kislotalarning eritmalari bilan reaksiyaga kirishadi:

$$Fe + Pb(NO_3)_2 = Fe(NO_3)_2 + Rb$$
$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

**3- masala.** Massasi 20 g bo'lgan rux plastinka kumush nitratning 340 g 2% li eritmasiga botirildi. Reaksiya tugagandan keyin plastinkaning massasi qancha bo'ladi?

*Yechish.* 12.1-jadvalga asosan rux kumush tuzi eritmasida kumushning o'rnini olishi mumkin ($E^0_{Zn^{2+}/Zn}=-0,76$ V, $E^0_{Ag+Ag}=+0,80$ V):

$$Zn+2AgNO_3=2Ag+Zn(NO_3)_2$$

340 g 2% li eritmada quyidagicha tuz bo'ladi:

$$\frac{340\cdot 2}{100}\,g = 6,8\,g\ AgNO_3$$

Kumush nitrat bilan rux atomlarining molyar massalari tegishlicha 170 va 65 g/mol ga teng. $2\cdot 170$ g=340 g $AgNO_3$ bilan reaksiyaga kiritish uchun $1\cdot 65$ g=65 g Zn kerak bo'ladi:

$$340\ g\ AgNO_3 - 65\ g\ Zn$$
$$6,8\ g\ AgNO_3 - x\ g\ \ Zn$$

Proporsiya tuzamiz: $340 : 65=6,8 : x$, bundan

$$x = \frac{6,8\cdot 65}{340}\,g = 1,3\,g,$$

ya'ni rux ortiqcha miqdorda olingan va uning 1,3 grami ionlar holida eritmaga o'tadi.

Endi reaksiyada necha gramm kumush ajralib chiqishini va rux plastinkaga o'tirishini aniqlaymiz. Kumush atomlarining molyar massasi 108 g/mol ga teng. $2\cdot 170$ g=340 g $AgNO_3$ dan $2\cdot 108$ g kumush olish mumkin:

$$340\ g\ AgNO_3 - 216\ g\ Ag$$
$$6,8\ g\ AgNO_3 - y\ g\ Ag$$

Proporsiya tuzamiz: $340 : 216=6,8 : y$ va quyidagini topamiz:

$$y = \frac{6,8\cdot 216}{340}\,g = 4,0\,g\ \text{kumush}$$

Shunday qilib, reaksiya tugagandan (ya'ni barcha kumushning o'rnini rux olganidan) keyin plastinkaning massasi quyidagicha bo'ladi:

$$(20-1,3+4,0)\ g=22,7\ g.$$

## 14- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**14.1.** Xrom (III) sulfat eritmasidagi modda konsentratsiyasi 0,1 mol/l bo'lsa, eritmadagi barcha ionlar soni qancha bo'ladi?

A) $2{,}4 \cdot 10^{23}$; B) $1{,}8 \cdot 10^{23}$; C) $6 \cdot 10^{22}$; D) $3 \cdot 10^{23}$.

*Yechish.* Gidroliz jarayonini hisobga olmagan holda moddaning dissotsilanish tenglamasi

$$Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-}$$

bo'lib, tuz konsentratsiyasi 0,1 mol/l edi. Hosil bo'lgan ionlar miqdori 5 ta bo'lib, umumiy konsentratsiyasi esa $5 \cdot 0{,}1 = 0{,}5$ mol/l, zarrachalar soni esa $N_{ion} = 0{,}5 \cdot 6 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{23}$ ta bo'ladi.

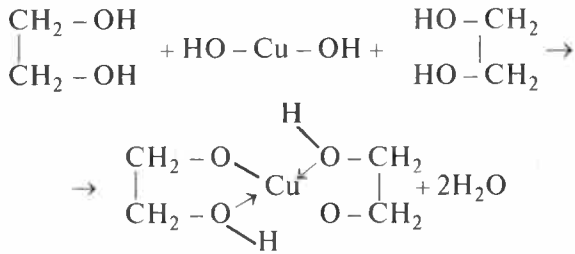
*Javob:* **D** bo'ladi.

**14.2.** Mis (II) gidroksidni quyidagi moddalarning qaysi biri bilan reaksiyasi natijasida suvda eriydigan mahsulot hosil bo'ladi va reaksiyada hosil bo'lgan mahsulot massasi boshlang'ich spirtning massasidan 1,5 marta og'ir bo'ladi?

A) etanol; B) propilglikol-1,3; C) glitserin;

D) etilenglikol.

*Yechish.* Suvda yomon eriydigan mis (II) gidroksid ikki yoki uch atomli spirtlar bilan reaksiyasi natijasida suvda yaxshi eriydigan xlor tuzilishiga ega bo'lgan ravshan ko'k rangli mis (II) diglikolatni hosil qiladi:



Mis (II) diglikolat

Testdagi massa o'zgarishini quyidagi oddiy hisobdan topishimiz mumkin: $m\,(Cu(OH)_2 = 64+34 = 98$ g, 2 mol glikol massasi glikol-ning nisbiy molyar massasi $M[C_2H_4(OH)_2] = 28+34 = 62$ dan $m$ (glikol) $= 2 \cdot 62 = 124$ g hosil bo'lgan suv massasi $m$ (suv) $= 2 \cdot 18 = 36$ g. Mis (II) glikolatning molyar massasi (mah-

suli)= 98+124−36=186 g. Mahsulot va glikol massalar nisbati esa *m* (glikolat): *m* (glikol)= 186 : 124=1,5 bo'ladi.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**14.3.** Massasi 15,8 g bo'lgan kaliy permanganatning termik parchalanishi natijasida qoldiq massasi 15,0 g bo'lgan. Reaksiya natijasida qancha miqdorda gaz mahsulot olinganini, qoldiq tarkibida qancha boshlang'ich modda qolganini toping. Gaz miqdori:

1) 0,05; 2) 0,075; 3) 0,1; 4) 0,00253.

Boshlang'ich modda miqdori:

5) 0,25; 6) 0,05; 7) 0,095.

A) 3 va 7; B) 2 va 5; C) 4 va 7; D) 2 va 6.

*Yechish.* Termik parchalanish tenglamasi:

$$2KMnO_4=K_2MnO_4+MnO_2+O_2$$

Berilgan kaliy permanganatning 0,8 g massa miqdori parchalangan. Bu massadagi $MnO_4$ ning miqdori $n(KMnO_4)=\frac{m}{M}=\frac{0,8}{158}=5,06\cdot10^{-3}$ mol ekan. Yuqorida keltirilgan tenglamaga binoan hosil bo'ladigan kislorod miqdori tenglama bo'yicha shu miqdorning yarmiga teng bo'ladi $K(O_2)=5,06\cdot10^{-3}:2=2,53\cdot10^{-3}$ mol. Reaksiya uchun olingan tuzning miqdori $n_1(KMnO_4)=\frac{15,8}{158}=0,1$ mol bo'lib, reaksiyadan keyingi miqdori esa $n_2(KMnO_4)=\frac{15}{158}=0,095$ mol bo'ladi.

*Javob:* **C** bo'ladi.

**14.4.** Tarkibi $Cu_2FeSnS_3$ bo'lgan mineralning konsentrlangan nitrat kislotasi ta'sirida oksidlanish reaksiya tenglamasidagi koeffitsiyentlar yig'indisini toping.

A) 55; B) 49; C) 53; D) 54.

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$Cu_2FeSnS_3+HNO_3=Cu(NO_3)_2+Fe(NO_3)_3+SnO_2+SO_2+H_2O+NO_2$$

Boshlang'ich modda tarkibidagi elementlarning oksidlanish darajasini aniqlab o'tirmasdan quyidagicha molekulyar ionli siljish sxemasini tuzamiz:

Tegishli koeffitsiyentlarni qo'yib chiqamiz:

$$\begin{array}{l|l} 1 & Cu_2FeSnS_3 + 4H_2O - 15\bar{e} \rightarrow 2Cu^{2+} + Fe^{3+} + SnO_2 + SO_2 + 8H^+ \\ 15 & N^{+5} \quad\quad + 1\bar{e} \rightarrow N^{+4} \end{array}$$

Tegishli koeffitsiyentlarni qo'yib chiqamiz:

$Cu_2FeSnS_3+22HNO_3=2Cu(NO_3)_2+Fe(NO_3)_3+SnO_2+SO_2+$
$+11H_2O+15NO_2$. Koeffitsiyentlar yig'indisi 54 ga teng.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**14.5.** Kaliy bixromatning sulfat kislotali muhitda vodorod peroksid bilan reaksiyasida oksidlovchining har bir ekvivalenti hisobiga necha litr gaz mahsulot hosil bo'ladi? Oksidlovchining ekvivalentini hisoblang.

A) 44,8 va 98; B) 67,2 va 49; C) 56 va 72;
D) 33,6 va 48.

*Yechish.* Kislotali sharoitda qaytarilish reaksiya tenglamasi

$$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+H_2O_2\rightarrow Cr_2(SO_4)_3+O_2+K_2SO_4+H_2O$$

elektron siljish sxemasi

$$\begin{array}{l|l} 2Cr^{+6}-6\bar{e}\rightarrow 2Cr^{+3} & 1 \\ 2O^{-}-2\bar{e}\rightarrow O_2^0 & 2 \end{array}$$

Koeffitsiyentlarni qo'yib tenglashtiramiz:

$$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3H_2O_2=Cr_2(SO_4)_3+3O_2+K_2SO_4+4H_2O$$

Oksidlovchining har bir moli hisobiga $3\cdot 22,4=67,2$ l kislorod hosil bo'ladi.

Oksidlovchining ekvivalenti uning molekular massasining bergan elektronlari soniga nisbatiga teng bo'ladi:

$E(K_2Cr_2O_7)=294:6=49$ mol ekvivalent bo'ladi.

*Javob:* **B** bo'ladi.

# *III QISM.* ORGANIK KIMYO

## *15- BOB.* ORGANIK KIMYONING ASOSIY QOIDALARI

### 15.1- §. Organik kimyo fani

Tarkibiga uglerod elementi kiradigan birikmalar organik birikmalar deyiladi. Uglerodning nihoyatda ko'p birikmalari — tabiiy va sintetik birikmalari organik birikmalar qatoriga kiritiladi va ularni organik kimyo o'rganadi. Uglerodning eng oddiy birikmalarini — uning oksidlari, karbonat kislota va uning tuzlari hamda ba'zi boshqa birikmalarini anorganik birikmalar qatoriga kiritish qabul qilingan. Ularni anorganik kimyo o'rganadi (II bobning II qismiga q.).

Organik birikmalar tarkibida ugleroddan tashqari ko'pincha vodorod, kislorod, azot, ba'zan oltingugurt, fosfor, galogenlar va ayrim metallar (alohida-alohida yoki turli xil kombinatsiyalarda) bo'ladi.

Organik kimyo — kimyoning katta va mustaqil bo'limi bo'lib, uning mavzu bahsi uglerod birikmalarining kimyosidir: bu fan ularning tuzilishi, xossalari, olinish usullari, amalda foydalanish imkoniyatlarini o'rganadi. Anorganik va organik kimyo orasiga amalda qat'iy chegara qo'yib bo'lmaydi.

Organik kimyo mustaqil fan sifatida XIX asrning boshlarida ajralib chiqdi. Bunda juda ko'p sonli organik moddalarning, asosan, o'simliklardan va hayvon organizmlaridan ajratib olinadigan moddalarning kashf etilishi va tekshirilishi sabab bo'ldi. XIX asrning birinchi yarmida organik moddalar birinchi marta sintetik yo'l bilan olindi.

Organik kimyo odam hayotida va amaliy faoliyatida katta rol o'ynaydi. Shu yerda organik moddalar ishlab chiqaradigan yoki organik xomashyoni qayta ishlaydigan sanoatning eng muhim tarmoqlarini ta'kidlab o'tamiz: kauchuk, smola, rezina, plastmassa, tola ishlab chiqarish, neft-kimyo sanoati, oziq-ovqat, farmatsevtika, lok-bo'yoq sanoatlari va b. Sintetik yuqori molekular moddalar — polimerlar ishlab chiqarish bizning asrimizda nihoyatda katta ahamiyat kasb etdi.

### 15.2- §. Organik birikmalarning o'ziga xos xususiyatlari

Organik birikmalardan farq qilib, organik moddalarning bir qator o'ziga xos xususiyatlari bor. Avvalo, uglerod atomlarining bir-biri bilan birikib, zanjir va halqalar hosil qilish xususiyatlarini

aytib o'tish lozim, bu xususiyat anorganik birikmalarga unchalik xos emas. Bu organik birikmalarning turli-tumanlilik sabablaridan biridir.

Organik molekulalarda atomlar orasida bog'lanish kovalent bo'ladi. Shu sababli organik moddalar, odatda, noelektrolitlar hisoblanadi.

Agar ionli (anorganik) birikmalar suvda ionlarga oson dissotsilanadigan va ular orasidagi reaksiyalar ancha tez boradigan bo'lsa, molekulasida oddiy (birlamchi) C — C va C — H bog'lanishlar bor organik moddalar bir-biri bilan juda qiyin reaksiyaga kirishadi yoki umuman reaksiyaga kirishmaydi.

Organik birikmalar 400—600°C chegarasida qizdirilganda to'liq parchalanadi yoki ko'mirga aylanadi, kislorod ishtirokida esa yonadi. Bunga sabab uglerod atomlari orasidagi bog'lanishning puxtaligi unchalik katta emasligidir (355,6 kJ/mol).

Organik birikmalarning o'ziga xos muhim xususiyati ular orasida izomeriya hodisasining (15.3- §. ga q.) keng tarqalganligidir.

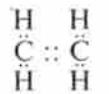
Uglerod atomining o'ziga xos xususiyatlari uning tuzilishi bilan tushuntiriladi: uning to'rtta valent elektroni bor. Uglerod atomlari boshqa atomlar bilan, shuningdek, bir-biri bilan umumiy elektron juftlar hosil qiladi. Bunda har qaysi uglerod atomining tashqi pog'onasida sakkizta elektron (oktet) bo'ladi, ulardan to'rttasi bir vaqtning o'zida boshqa atomlarga ham taalluqli bo'ladi.

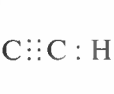
Organik kimyoda odatda struktura formulalaridan foydalaniladi, chunki atomlar molekulada fazoviy joylashgan bo'ladi. Struktura formulalari — bu organik kimyoning tilidir.

Struktura formulalarida kovalent bog'lanish chiziqcha bilan belgilanadi (3.10-§. ga q.). Anorganik moddalarning struktura formulalaridagi kabi har qaysi chiziqcha molekulada atomlarni bir-biri bilan bog'laydigan umumiy elektron juftni bildiradi. Empirik va elektron formulalardan ham foydalaniladi. Bunday formulalar 3.8-§ da suv, ammiak va metan molekulalari uchun tasvirlangan. Etilen bilan asetilenning ana shunday formulalarini yozamiz:

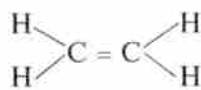
Empirik formulalar: $C_2H_4$ $C_2H_2$

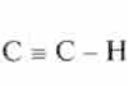
Elektron formulalar:





Struktura formulalar:





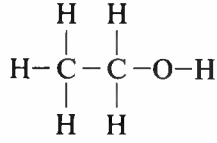
3.10-§ da ta'kidlab o'tilganidek, organik kimyoda oksidlanish darajasi tushunchasi o'rniga valentlik tushunchasi qo'llaniladi. Uglerod atomining qo'zg'algan holatdagi valentligi doimo to'rtga teng; u to'rtta kovalent bog'lanish hosil qiladi.

## 15.3- §. Izomeriya

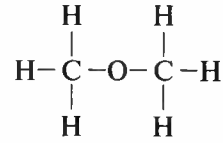
Organik moddalarning xossalari faqat ularning tarkibigagina emas, balki molekulada atomlarning o'zaro birikish tartibiga ham bog'liq. Masalan, etil spirt (vino spirti) bilan dimetil efirning tarkibi bitta empirik formula $C_2H_6O$ bilan ifodalanadi, lekin ularning xossalari turlicha: etil spirt — qaynash temperaturasi 78,3 °C bo'lgan suyuqlik, dimetil efir esa — 23,6 °C da suyuqlikka aylanadigan gaz.

**Tarkibi va molekular massasi bir xil, lekin molekulalarining tuzilishi har xil, shu sababli xossalari ham turlicha bo'lgan moddalar *izomerlar* deyiladi.**

Keltirilgan misolda etil spirt bilan dimetil efir — izomerlar. Ularning struktura formulalari quyidagicha bo'ladi:



etil spirt



dimetil efir

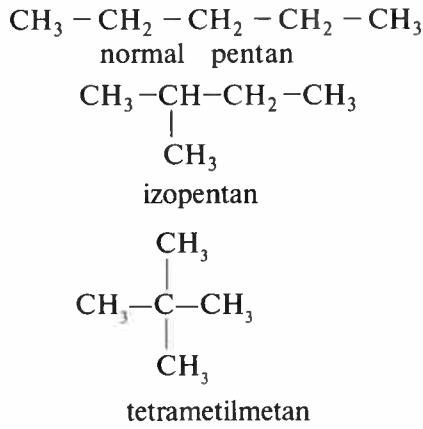
Etil spirt molekulasida vodorodning bitta atomi uglerod bilan kislorod orqali bog'langan (qutbli kovalent bog'lanish), shu sababli vodorodning bu atomi uglerod bilan bog'langan boshqa vodorod atomlariga nisbatan harakatchan bo'ladi. Dimetil efir molekulasida vodorodning hamma atomlari uglerod atomlari bilan bir xilda bog'langan (kovalent bog'lanish). Bu moddalarning natriy metaliga turlicha ta'siri ham molekulalarning har xil tuzilganligi bilan izohlanadi. Etil spirt natriy bilan quyidagi tenglamaga ko'ra reaksiyaga kirishadi:

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

Dimetil efir natriy bilan reaksiyaga kirishmaydi.

Pentan $C_5H_{12}$ uglevodorodining uchta izomeri bo'lishi mumkin: 1) birinchisida uglerodning barcha atomlari zanjir holida bog'langan va zanjir o'rtasidagi har qaysi uglerod atomi faqat ikkita qo'shni C atomlari bilan birikkan; 2) ikkinchisida o'rtadagi

uglerod atomi bir vaqtning o'zida uchta C atomlari bilan bog'-langan, natijada zanjir tarmoqlangan; 3) uchinchisida o'rtadagi uglerod atomi birdaniga to'rtta C atomlari bilan birikkan. Izomer-larning struktura formulalari:



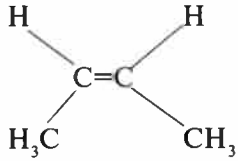
normal pentan

izopentan

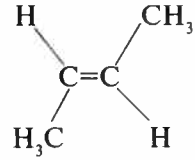
tetrametilmetan

Molekulada uglerod atomlarining soni ortishi bilan izomerlar soni keskin ko'payadi. Masalan, butan $C_4H_{10}$ ning 2 ta izomeri bor, $C_5H_{12}$ da — 3 ta, $C_6H_{14}$ da — 5 ta, $C_7H_{16}$ — 9 ta, $C_{10}H_{22}$ da — 75 ta, $C_{13}H_{28}$ da — 802 ta, $C_{20}H_{42}$ da 366 319 ta izomer bo'lishi mumkin va h.k. Bu izomerning bir qismigina olingan. Lekin olinadigan izomerlarning tuzilishini oldindan aytish mumkin.

Izomeriyaning yuqorida ko'rsatilgan barcha hollari *struktura izomeriyasi* qatoriga kiradi. Undan tashqari, *fazoviy izomeriya* ham bo'lishi mumkin, u molekula alohida qismlarining fazoda turlicha joylashuvi natijasida vujudga keladi. Masalan, qo'shbog'li birikmalar molekulalarida shu bog'lanish orqali bog'langan uglerod atomlari bor joy yassi tuzilgan bo'ladi. Shu uglerod atomi bilan bog'langan metil gruppalar shu tekislikning bir tomonida yoki ikkala tomonida bo'lishi mumkin:



*sis*-buten-2
(o'rinbosar yassi molekulaning bir tomonida)



*trans*-buten-2
(o'rinbosar yassi molekulaning ikkala tomonida)

Fazoviy izomeriya ham izomerlar xossalarining turlicha bo'lishiga olib keladi.

## 15.4- §. A. M. Butlerovning organik birikmalarning kimyoviy tuzilish nazariyasi

O'tgan asrning 60- yillarida rus olimi A. M. Butlerov tomonidan organik birikmalarning kimyoviy tuzilish nazariyasining yaratilishi organik kimyoning rivojlanishida yirik voqea bo'ldi. Bu nazariya organik kimyoga ilmiy asos soldi va uning eng muhim qonuniyatlarini tushuntirib berdi. A. M. Butlerov o'zi yaratgan nazariyaning asosiy prinsiplarini 1861-yil 19-sentabrda Shpeyerda bo'lib o't-gan tabiatshunoslar va shifokorlarning Xalqaro syezdida „Kimyoviy tuzilish nazariyasi haqida" degan ma'ruzasida bayon qildi. Bu nazariyani keyinchalik olimning o'zi va uning shogirdlari muvaffaqiyatli rivojlantirdilar.

Tuzilish nazariyasining asosiy qoidalari quyidagilardan iborat.

**1. Molekulada atomlar bir-biri bilan valentliklariga muvofiq holda muayyan ketma-ketlikda birikkan. Atomlarning bog'lanish tartibi kimyoviy tuzilish deyiladi.**

**2. Moddalarning xossalari uning molekulasining tarkibiga qanday atomlar va qancha miqdorda kirishigagina emas, balki ular bir-biri bilan qaysi tartibda birikkanligiga, ya'ni molekulaning kimyoviy tuzilishiga ham bog'liq.**

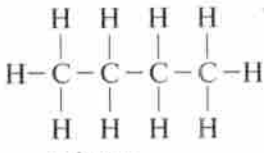
**3. Molekulani hosil qilgan atomlar yoki atom gruppalari bir-biriga ta'sir etadi, molekulaning reaksiyaga kirishish xususiyati ana shu ta'sirga ham bog'liq bo'ladi.**

Bu qoidalarni tushuntirib chiqamiz. A. M. Butlerovga qadar molekulalarning tuzilishini, ya'ni atomlar orasidagi kimyoviy bog'-lanish tartibini tushunib bo'lmaydi, deb hisoblanar edi. Ko'pchilik olimlar hatto molekulada atomlar real mavjudligini ham inkor qilar edilar. A. M. Butlerov bu fikrning noto'g'riligini isbot qildi. U atom va molekulalarning real mavjudligi, molekuladagi atomlarning kimyoviy tuzilishini bilish mumkinligi haqidagi to'g'ri materialistik va falsafiy tasavvurlarga asoslandi. U moddalarning kimyoviy o'zgarishlarini o'rganish orqali molekulaning tuzilishini tajriba yo'li bilan aniqlash mumkinligini ko'rsatib berdi. Aksincha, molekulaning tuzilishini bilgan holda birikmaning kimyoviy xossalarini aytib berish mumkin.

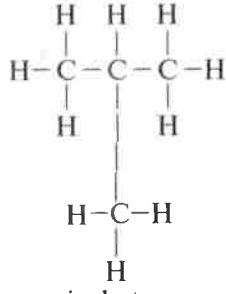
Kimyoviy tuzilish nazariyasi uglerod elementining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga oladi (15.2-§ ga q.). Organik birikmalarning

tuzilishini o'rganish bizning davrimizda ham organik kimyoning asosiy vazifasi bo'lib qoladi. Buning uchun kimyoviy usullar bilan bir qatorda tekshirishning spektroskopiya, yadro magnit rezonansi, mass-spektrometriya, dipollarning elektr momentlarini aniqlash, rentgeno- va elektronografiya kabi fizik usullari ham keng qo'llaniladi.

Izomerlarning mavjudligi (15.3-§ ga q.) organik birikmalar tuzilish nazariyasining asosiy qoidalaridan kelib chiqadi. Tuzilish nazariyasi asosida butanning ikkita izomeri borligini oldindan aytganligi (butandan boshlab qolgan uglevodorodlarda molekulalarda atomlarning birikish tartibi turlicha bo'lishi mumkin) A. M. Butlerovning katta yutug'i bo'ldi. 1867-yilda A. M. Butlerov o'zi oldindan aytgan izomerni sintez qildi, bu esa tuzilish nazariyasining to'g'riligining ajoyib isboti bo'ldi. Bu izomer izobutan edi, u normal butandan molekulasining tuzilishi bilan farq qiladi, lekin ikkalasining empirik formulasi bir xil $C_4H_{10}^*$.



*n*-butan



izobutan

yoki qisqaroq holda:

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ $\qquad$ $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

Shunday qilib, kimyoviy tuzilish nazariyasi organik birikmalarning turli-tumanlik sabablarini tushuntirib beradi. Bu to'rt valentli uglerod atomining zanjir va halqalar hosil qila olish, boshqa elementlarning atomlari bilan birikish xususiyati borligi, shuningdek, izomeriya mavjudligi tufaylidir.

---

* To'g'ri uglerod zanjirli birikmalarni normal, tarmoqlangan zanjirlarini — izobirikmalar deyish qabul qilingan. Misolimizda: birinchi butan — normal tuzilishli (*n*-butan), ikkinchi butan — izotuzilishli (izobutan).

Kimyoviy tuzilish nazariyasida molekuladagi atomlarning va atom gruppalarining bir-biriga ta'siriga katta e'tibor beriladi. Bu hol istalgan moddaning (organik yoki anorganik) molekulasida bor. Buni quyidagi birikmalar misolida tushuntiramiz: NaOH, $Al(OH)_3$, $C_2H_5OH$, $NO_2$ —OH (nitrat kislota), $SO_2(OH)_2$ (sulfat kislota). Ularning hammasining molekulasida gidroksil gruppa (gidrokso yoki oksigruppa) OH bor. Shunga qaramay, suvdagi eritmada moddalarning xossalari birin-ketin o'zgarib boradi: NaOH — kuchli asos $Al(OH)_3$ — amfoter gidroksid, $C_2H_5OH$ — amalda neytral modda, nitrat va sulfat kislotalar $H^+$ ionlarini hosil qiladi. OH gruppa kimyoviy xususiyatining turlicha ekanligining sababi u bilan bog'langan atomlar hamda gruppalarning ta'siri tufaylidir. Markaziy atomning metallmaslik xususiyati ortishi bilan asos turidagi dissotsilanish susayadi va kislota turidagi dissotsilanish kuchayadi (Na, Al, $C_2H_5$, $NO_2$, $SO_2$ qatorda) (17. 4-§ ga q.).

Bir-biri bilan bevosita bog'lanmagan atomlar ham bir-biriga ta'sir etishi mumkin. Masalan, xlorning xloretanda $CH_3 - CH_2Cl$ va xloretilenda $CH_2=CH—Cl$ reaksiyaga kirishish xususiyatining turlichaligi xlor atomiga etil ($CH_3—CH_2—$) va vinil ($CH_2=CH—$) gruppalarining turlicha ta'sir etishi sabablidir. Xloretan molekulasida xlor reaksiyaga juda kirishuvchan, xloretilen molekulasida esa inert. Molekulada atomlarning bir-biriga ta'sir etish qonuniyatlarini aniqlashda A. M. Butlerovning shogirdi V. V. Markovnikovning xizmatlari kattadir.

Hozirgi nuqtayi nazardan tuzilish nazariyasining asosiy qoidalariga qisman tuzatish kiritish — fazoviy va elektron tuzilish haqidagi fikrlarni qo'shish kerak. U holda tuzilish nazariyasining asosiy qoidalarining 2-punktida organik birikmalarning xossalari ular molekulalarining tarkibi, shuningdek, ularning kimyoviy, fazoviy va elektron tuzilishi bilan aniqlanadi, deb ta'kidlash lozim.

A. M. Butlerovning kimyoviy tuzilish nazariyasi organik kimyo nazariy asosining eng muhim qismi hisoblanadi. Ahamiyati jihatdan uni D. I. Mendeleyevning elementlar davriy sistemasi bilan bir qatorda qo'yish mumkin. Davriy sistema singari bu nazariya ham juda ko'p amaliy materialni tartibga solishga, yangi moddalar mavjudligini oldindan aytishga, shuningdek, ularning olinish yo'llarini ko'rsatishga imkon berdi. Bu esa organik sintezning misli ko'rilmagan darajada muvaffaqiyatini ta'minladi. Hozirgi vaqtda ham kimyoviy tuzilish nazariyasi organik kimyoga doir barcha tadqiqotlarda yo'l ko'rsatuvchi asos bo'lib xizmat qilmoqda.

## 15.5- §. Organik birikmalarning gomologik qatorlari

Turli-tuman organik birikmalar orasidan moddalarning kimyoviy xossalari jihatidan o'xshash va bir-biridan $CH_2$ gruppaga farq qiladigan gruppalarini ajratish mumkin.

**Kimyoviy xossalari jihatidan o'xshash, tarkibi bir-biridan $CH_2$ gruppaga farq qiladigan birikmalar *gomologlar* deyiladi. Nisbiy molekular massasi ortib borishi tartibida joylashtirilgan gomologlar *gomologik qatorni* hosil qiladi. $CH_2$ gruppa *gomologik farq* deyiladi.**

Gomologik qatorga to'yingan uglevodorodlar (alkanlar) qatori misol bo'la oladi. Uning eng oddiy vakili — metan $CH_4$. Metanning gomologlari quyidagilar: etan $C_2H_6$, propan $C_3H_8$, butan $C_4H_{10}$, pentan $C_5H_{12}$, geksan $C_6H_{14}$,geptan $C_2H_{16}$ va h.k. Keyingi har qaysi gomologlarning formulasini oldingi uglevodorodning formulasiga gomologik farqni qo'shish yo'li bilan hosil qilish mumkin.

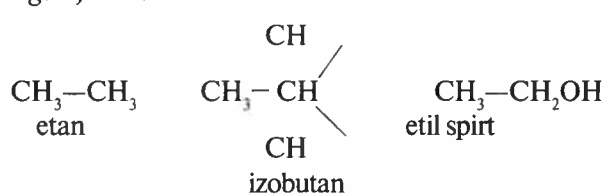
Gomologik qator barcha a'zolari molekulalarining tarkibini bitta umumiy formula bilan ifodalash mumkin. To'yingan uglevodorodlarning ko'rib chiqilgan gomologik qatorining umumiy formulasi $C_nH_{2n+2}$ bo'ladi, bunda $n$ — uglerod atomlarining soni.

Gomologik qatorlarni organik birikmalarning barcha sinflari uchun tuzish mumkin. Gomologik qator bitta a'zosining xossalarini bilgan holda shu qatordagi boshqa a'zolarning xossalari haqida xulosa chiqarish mumkin. Bu organik kimyoni o'rganishda gomologiya tushunchasining muhimligini ko'rsatadi.

## 15.6- §. Organik birikmalarning klassifikatsiyasi

Barcha organik birikmalarni uglerod skeletining tabiatiga qarab *asiklik* va *siklik* birikmalarga bo'lish mumkin.

Asiklik (nosiklik, zanjir ko'rinishidagi) birikmalar yog' qatori yoki alifatik birikmalar ham deyiladi. Bunday nom berilishiga sabab shuki, bunday turdagi birikmalarning dastlabki yaxshi o'rganilganlaridan biri tabiiy yog'lar edi. Asiklik birikmalar orasida *to'yingan,* masalan:



va *to'yinmagan* birikmalar bo'ladi, masalan:

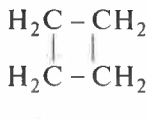



etilen asetilen izopren

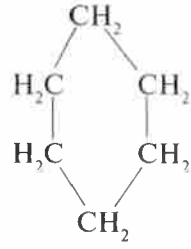
S i k l i k birikmalar orasida odatda molekulasida uglerod atomlari halqa hosil qilgan k a r b o s i k l i k birikmalar va halqasida uglerod atomlaridan tashqari boshqa elementlarning (kislorod, oltingugurt, azot va b.) atomlari ham bo'ladigan *geterosiklik* birikmalar bo'ladi.

*Karbosiklik* birikmalar xossalari jihatidan alifatik birikmalarga o'xshash bo'lgan *alisiklik* (to'yingan va to'yinmagan) birikmalar bilan molekulasida benzol halqalari bor *aromatik* birikmalarga bo'linadi.

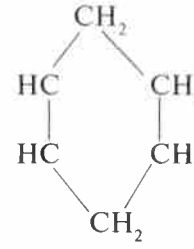
A l i s i k l i k birikmalarga misollar:




siklobutan




siklogeksan

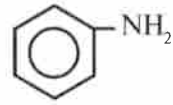



siklogeksen

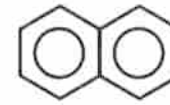
aromatik birikmalar:



benzol

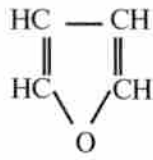



anilin

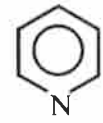


naftalin

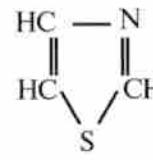
geterosiklik birikmalar:




furan

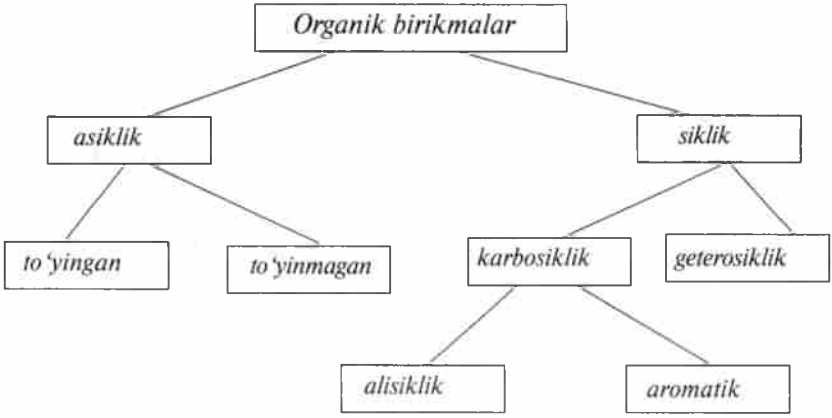



piridin



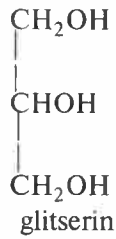

tiazol

Organik birikmalarning ko'rib chiqilgan klassifikatsiyasini qisqacha sxema holida tasvirlash mumkin:




Ko'pchilik organik birikmalar tarkibiga uglerod bilan vodoroddan tashqari boshqa elementlar ham kiradi, ular *funksional gruppalar* — birikmalar ushbu sinfining kimyoviy xossalarini belgilab beradigan atomlarning gruppalari holida bo'ladi. Bu gruppalarning borligi organik birikmalarning yuqorida ko'rsatilgan turlarini sinflarga ajratishga va ularni o'rganishni osonlashtirishga imkon beradi. Ba'zi eng xarakterli funksional gruppalar va ularga muvofiq keladigan birikmalarning sinflari 15.1- jadvalda keltirilgan.

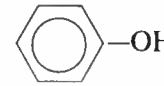
Organik birikmalarning molekulasi tarkibiga ikkita yoki undan ko'p bir xil yoki turli xil funksional gruppalar kirishi mumkin, masalan:



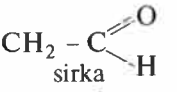
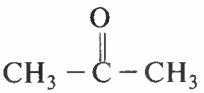
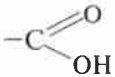
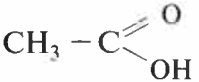
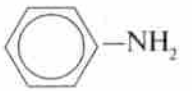
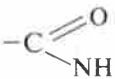
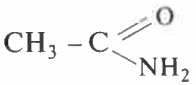
glitserin

$NH_2CH_2 - COOH$
aminosirka kislota

15.1- j a d v a l. **Organik birikmalarning sinflari**

| Funksional gruppa | Gruppaning nomi | Birikmalar sinflari | Misol |
|---|---|---|---|
| —OH | Gidroksil | Spirtlar | $C_2H_5OH$ etil spirt |
| | | Fenollar |  fenol |

*Davomi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| >C=O | Karbonil | Aldegidlar |  sirka aldegid |
| | | Ketonlar |  aseton |
|  | Karboksil | Karbon kislotalar |  sirka kislota |
| $-NO_2$ | Nitrogruppa | Nitrobirik-malar | $CH_3NO_2$ nitrometan |
| $-NH_2$ | Aminogruppa | Birlamchi aminlar |  anilin |
|  | Aminogruppa | Kislotalar-ning amid-lari |  sirka kislota-ning amidi |
| $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$ | Galogenlar | Galogenli hosilalar | $CH_3Cl$ metil xlorid |

## 15.7- §. Organik reaksiyalarning turlari

Anorganik reaksiyalar kabi organik reaksiyalar ham 3 asosiy turga bo'linadi:

*1. O'rin olish reaksiyalari,* masalan:

$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$$

*2. Ajralib chiqish reaksiyalari,* masalan:

$$CH_3-CH_2Br \rightarrow CH_2=CH_2 + HBr$$

*3. Biriktirib olish reaksiyalari,* masalan:

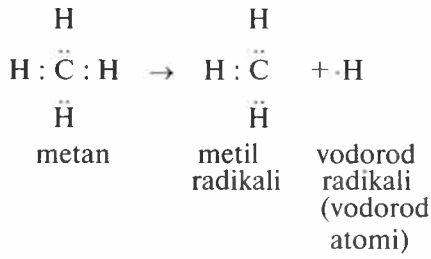
$$CH_3=CH_2 + HBr \rightarrow CH_3-CH_2Br$$



Biriktirib olish reaksiyalariga polimerlanish reaksiyalari (16.7-§) kiradi. Polikondensatlanish reaksiyalari (17.8-§) organik reaksiyalarning alohida turi hisoblanadi.

Organik reaksiyalarni reaksiyaga kirishayotgan molekulalardagi kovalent bog'lanishlarning u z i l i s h m e x a n i z m i g a qarab ham sinflarga ajratish mumkin. Bunday ajratish bog'lanishni uzishning ikki usuliga asoslanadi.

1. Agar umumiy elektronlar juft atomlar orasida bo'linsa, u holda *radikallar* — juftlashmagan elektroni bor zarrachalar paydo bo'ladi. Bog'lanishning bunday uzilishi *radikal* yoki *gomolitik* uzilish deyiladi.




Hosil bo'ladigan radikallar reaksion sistemadagi molekulalar bilan yoki bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashadi:

$$\cdot CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + \cdot Cl$$
$$\cdot CH_3 + \cdot CH_3 \rightarrow C_2H_6$$

Qutbliligi kamroq bo'lgan bog'lanishlar (C—C, C—H, N—N) yuqori temperaturada yorug'lik yoki radioaktiv nurlanish ta'sirida uziladigan reaksiyalar radikal mexanizm bo'yicha boradi.

2. Agar bog'lanish uzilganda umumiy elektronlar jufti bitta atomda qolsa, u holda *ionlar* — kation va anion hosil bo'ladi. Bunday mexanizm *ionli* yoki *geterolitik* mexanizm deyiladi. U organik kationlar yoki anionlar hosil bo'lishiga olib keladi:

$$CH_3Cl \rightarrow \underset{\text{metil kation}}{CH_3^+} + \underset{\text{xlorid anion}}{:Cl^-}; \qquad CH_3Li \rightarrow \underset{\text{litiy kation}}{Li^+} + \underset{\text{metil anion}}{H_3C^-};$$
metil xlorid — metil- litiy

Organik ionlar keyingi o'zgarishlarga uchraydi. Bunda kationlar *nukleofil* („yadroni sevadigan") zarrachalar ($H_2O$, $NH_3$, $Cl^-$,

$Br^-$, $I^-$ hamda boshqa kislotalarning anionlari va sh. o'.) bilan, organik anionlar esa — *elektrofil* («elektronlarni sevadigan») zarrachalar ($H^+$, metallarning kationlari, galogenlar va b.) bilan reaksiyaga kirishadi, masalan:

$$\underset{\text{nukleofil zarracha}}{CH_3^+ + :OH^-} \rightarrow CH_3OH; \qquad \underset{\text{elektrofil zarracha}}{H_3C^- : + H^+} \rightarrow CH_4$$

Ionli mexanizm, odatda, qutbli kovalent bog'lanish (uglerod — galogen, uglerod — kislorod va b.) uzilishida kuzatiladi.

Anorganik kimyodagi ionlarga o'xshash organik ion zarrachalarning ham tegishli zaryadi bo'ladi. Lekin ular orasida keskin farq ham bor: anorganik birikmalarning ionlari suvdagi eritmada doimo bo'ladi, organik ion zarrachalar esa faqat reaksiya vaqtida paydo bo'ladi. Shuning uchun ko'pchilik hollarda erkin organik ionlar haqida emas, balki juda qutblangan molekulalar haqida so'z yuritish to'g'riroq bo'ladi.

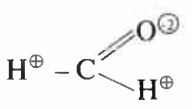
## 15- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**15.1**. Quyidagi birikmalarning qaysilarida oksidlanish darajasi nolga teng bo'lgan uglerod atomlari mavjud:

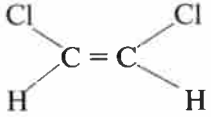
1) moy kislota; 2) chumoli aldegid; 3) *sis*-1,2-dixloreten; 4) aseton; 5) simmetrik dixloreten; 6) stirol.

A) 1, 2, 3, 6; B) 2, 3, 4, 5; C) 1, 3, 5, 6; D) 1, 3, 4, 5; E) 2, 3, 5, 6.

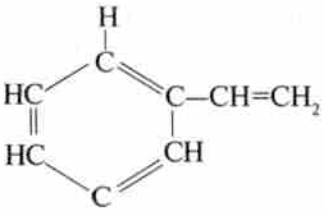
*Yechish.* Organik birikmalar tarkibidagi uglerod atomida oksidlanish darajasi teng bo'lishi uchun bu element teng miqdordagi elektrmanfiyligi uglerod atominikidan katta va, aksincha, kichik bo'lgan elementlar atomlari bilan birikkan bo'lishi kerak (masalan, chumoli aldegidida bitta kislorod atomi nisbiy elektrmanfiyligi — 2 va ikkita vodorod atomi —



bilan yoki 1,2-dixloretan —



va simmetrik diftoreten) yoki uglerod atomi to'rtta uglerod atomi qurshovida bo'lishi kerak (masalan,



benzol halqasidagi vinil radikali bilan bog'langan uglerod atomi).

*Javob:* **E** bo'ladi.

**15.2.** Metan bosim ostida, katalizator ishtirokida va havo kislorodi bilan oksidlanganda qaysi mahsulot hosil bo'ladi?

1) chumoli kislota; 2) uglerod (II) oksid;
3) asetilen; 4) metanal; 5) metanol; 6) qurum va vodorod;
7) sirka kislota;

A) 1; B) 2 va 4; C) 5; D) 3 va 6; E) 7.

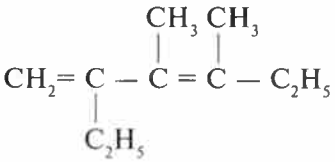
*Yechish.* Nisbatan yumshoq sharoitda uglerodlarni oksidlab juda ko'p miqdordagi kislorod tutgan organik moddalarning ko'p tonnali va keng qo'llanadigan mahsulotlari olinadi. Shunday birikmalar orasida metil spirti ayrim ahamiyatga ega.

*Javob*: **C** bo'ladi.

**15.3**. Tuzilishi $CH_2C(C_2H_5)C(CH_3)C(CH_3)(C_2H_5)$ bo'lgan moddani IUPAC tavsiyasi bo'yicha nomlang.

A) 3,4-dimetil-5-etilgeksadiyen-3,5;
B) 3,4-dimetil-2-etilgeksadiyen-1,3;
C) 3-metil-2,4-dietilpentadiyen-3,5;
D) 3,4-dimetil-5-etilgeksadiyen-3,4;
E) 3,4-dimetil-5-metilgepten-3.

*Yechish.* Formulasi yig'ib yozilgan organik moddalarni nomlash uchun ular formulasini yig'ib yozish vazifasini osonlashtiradi. Berilgan moddaning struktur formulasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:



*Javob:* **B** bo'ladi.

**15.4.** 2.2-dimetilpropanning dixlorli izomerlari soni nechta bo'lishi mumkin?

A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.

*Yechish.* Boshlang'ich uglevodorod formulasida bitta to'rtlamchi uglerod atomiga to'rtta birlamchi uglerod atomlari birikkan: $H_3C—C(CH_3)_2—CH_3$ bo'lib, ularga birikkan xlor atomlarining ikkitasi bitta birlamchi uglerod atomida ($H_3C—C(CH_3)_2—CHCl_2$) yoki ikkita shunday uglerod atomlarida bittadan xlor atomlari bo'ladi. Dixlorli hosilalar faqat ikkita bo'lishi mumkin.

*Javob*: **B** bo'ladi.

**15.5.** Hajmi 5,6 l bo'lgan gaz moddalar $C_2H_6$, $C_3H_6$ va $C_4H_6$ aralashmasining massasi 10,5 g bo'lsa, shu aralashmada necha gramm uglerod bo'ladi?

A) 6; B) 9; C) 12; D) 16; E) 18.

*Yechish.* Aralashma hajmi 0,25 molni tashkil etadi (5,6 l: 22,4 mol/l=0,25 mol). Aralashmaning o'rtacha molyar massasi $M_r = \frac{m}{n} = 10,5 : 0,25 = 42$ bo'ladi. Propan ($C_3H_6$) ga ham shunday molekular massa taalluqlidir. Birinchi moddaning nisbiy molekular massasi 30 bo'lsa, uchinchi moddaniki esa 54 ga teng. Shu ikki moddaning teng hajmidagi (yoki mol miqdoridagi) aralashmasining o'rtacha molekular massasi ham 42 ga teng bo'ladi. Nisbatlari 1 : 2 : 1 bo'lgan molyar ulushlarga ega bo'lgan aralashmaning molyar massasi (0,25 mol·30)+(0,5·mol. 42)+ +(0,25 mol·54)=7,5+21+13,5=42 ga teng bo'ladi. Ular tarkibidagi uglerod massalari 0,25·2·12+0,5·3·12+0,25·4·12=6+18+12=36 g bo'ladi. Chorak mol miqdordagi uglerod massasi 36·0,25=9 g bo'ladi.

*Javob:* **B** bo'ladi.

## *16- BOB.* UGLEVODORODLAR

### 16.1- §. To'yingan uglevodorodlar (alkanlar)

*Uglevodorodlar* — ikkita elementdan — uglerod bilan vodoroddan tarkib topgan eng oddiy organik birikmalardir. Tarkibi umumiy $C_nH_{2n+2}$ formula bilan ifodalanadigan (bunda $n$ — uglerod atomlarining soni) birikmalar *to'yingan uglevodorodlar* yoki *alkanlar* (xalqaro nomi) deyiladi. To'yingan uglevodorodlarning molekulalarida uglerod atomlari bir-biri bilan oddiy (birlamchi) bog'lanish orqali bog'langan, qolgan barcha valentliklari esa vodorod atomlari bilan to'yingan bo'ladi. Alkanlar *parafinlar** ham deyiladi.

* «Parafinlar» termini «moyilligi kam» degan ma'noni bildiradi.

Alkanlar gomologik qatorining birinchi a'zosi metan $CH_4$. Uglevodorod nomidagi *-an* qo'shimcha to'yingan uglevodorodlar nomiga xos qo'shimchadir. Metandan keyin etan $C_2H_6$, propan $C_3H_8$,butan $C_4H_{10}$ keladi. Beshinchi uglevodoroddan boshlab uglevodorod nomi molekuladagi uglerod atomlari sonini ko'rsatuvchi grekcha son nomiga *-an* qo'shimchasini qo'shib hosil qilinadi. Bular pentan $C_5H_{12}$, geksan $C_6H_{14}$, geptan $C_7H_{16}$, oktan $C_8H_{18}$, nonan $C_9H_{20}$, dekan $C_{10}H_{22}$ va h.k.

Gomologik qatorda uglevodorodlar fizik xossalarining asta-sekin o'zgarishi kuzatiladi: qaynash va suyuqlanish temperaturalari ko'tariladi, zichligi ortadi.

Odatdagi sharoitda (temperatura 22 °C) qatorning dastlabki to'rtta a'zosi (metan, eten, propan, butan) — gazlar, $C_5H_{12}$ dan $C_{16}H_{34}$ gacha — suyuqlikdir, $C_{17}H_{36}$ dan boshlab — qattiq moddalar.

Qatorning to'rtinchi a'zosidan (butandan) boshlab qolgan alkanlarning izomerlari bor (15.3-§ ga q.).

Alkanlarning hammasi vodorodga batamom (maksimal) to'yingan. Ularning uglerod atomlari $sp^3$- gibridlanish holatida, demak, oddiy (birlamchi) bog'lanishli bo'ladi.

## 16.2-§. Alkanlarning va ular hosilalarining nomenklaturasi

To'yingan uglevodorodlar dastlabki o'nta a'zosining nomini aytib o'tdik. Alkanning uglerod zanjiri tarmoqlanmaganligini ta'kidlash uchun ko'pincha nomiga normal (*n*-) so'zi qo'shiladi, masalan:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

*n*- butan

(normal butan)

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

*n*- geptan

(normal geptan)

Alkan molekulasidan vodorod atomi ajralganda *uglevodorod radikallari* deyiladigan (qisqacha R harfi bilan belgilanadi) bir valentli zarrachalar hosil bo'ladi. Bir valentli radikallarning nomi tegishli uglevodorod nomidagi *-an* qo'shimchani *-il* qo'shimchaga almashtirib hosil qilinadi. Misollar keltiramiz:

| Uglevodorodlar | Bir valentli radikallar |
|---|---|
| Metan $CH_4$ | Metil $CH_3$ — |
| Etan $C_2H_6$ | Etil $C_2H_5$ — |
| Propan $C_3H_8$ | Propil $C_3H_7$ — |
| Butan $C_4H_{10}$ | Butil $C_4H_9$ — |
| Pentan $C_5H_{12}$ | Pentil (amil) $C_5H_{11}$ — |
| Geksan $C_6H_{14}$ | Geksil $C_6H_{13}$ |
| Geptan $C_7H_{16}$ | Geptil $C_7H_{15}$ — |
| Oktan $C_8H_{18}$ | Oktil $C_8H_{17}$ — |
| Nonan $C_9H_{20}$ | Nonil $C_9H_{19}$ — |
| Dekan $C_{10}H_{22}$ | Desil $C_{10}H_{21}$ — |

Radikallarni faqat organik emas, balki anorganik birikmalar ham hosil qiladi. Masalan, agar nitrat kislotadan gidroksid gruppa OH ajratib olinsa, u holda bir valentli radikal — $NO_2$ hosil bo'ladi, u nitrogruppa deyiladi va h.k.

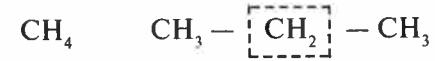
Uglevodorod molekulasidan vodorodning ikkita atomi olinganda ikki valentli radikallar hosil bo'ladi. Ularning nomi ham tegishli to'yingan uglevodorod nomidan *-an* qo'shimchani *-iliden* (agar vodorod atomlari bitta uglerod atomidan tortib olingan bo'lsa) yoki - *ilen* (agar vodorod atomlari ikkita qo'shni uglerod atomidan tortib olingan bo'lsa) qo'shimchaga almashtirish yo'li bilan hosil qilinadi. Radikal $CH_2$— *metilen* deyiladi.

Radikallarning nomi uglevodorodning ko'pchilik hosilalarining nomenklaturasida foydalaniladi. Masalan: $CH_3I$ — metil yodid, $C_4H_9Cl$ — butil xlorid, $CH_2Cl_2$ — metilen xlorid, $C_2H_4Br$ — etilen bromid (agar brom atomlari turli uglerod atomlari bilan bog'langan bo'lsa) yoki etiliden bromid (agar brom atomlari bitta uglerod atomi bilan bog'langan bo'lsa).

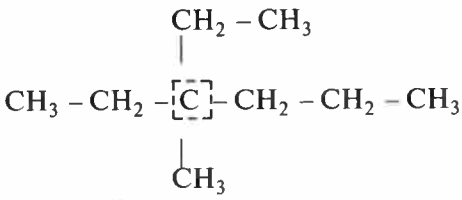
Izomerlarni nomlash uchun ikki xil nomenklaturadan ko'p foydalaniladi: eski — ratsional va yangi — o'rinbosar nomenklatura, bu nomenklatura *sistematik* yoki *xalqaro* nomenklatura ham deyiladi (nazariy va amaliy kimyoning xalqaro ittifoqi IYPAK tomonidan tavsiya etilgan).

Ratsional nomenklaturaga ko'ra uglevodorodlar metanning bitta yoki bir necha vodorod atomlari o'rnini radikallar olgan hosilasi sifatida qaraladi. Agar formulada bir xil radikallar bir necha marta takrorlanadigan bo'lsa, u holda ular grek sonlari bilan ko'rsatiladi:

di — ikki, tri — uch, tetra — to'rt, penta — besh, geksa — olti va h.k. Masalan:



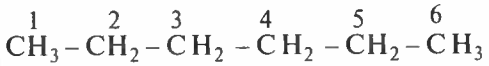
metan dimetilmetan (propan)



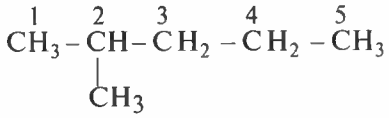
metildietilpropilmetan

Ratsional nomenklatura uncha murakkab bo'lmagan birikmalar uchun qulaydir.

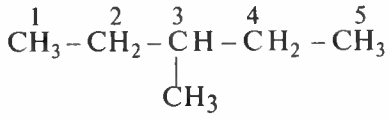
O'rinbosar nomenklaturaga ko'ra uglevodorod nomiga bitta uglerod zanjiri asos bo'ladi, molekulaning qolgan barcha qismlari o'rinbosarlar sifatida qaraladi. Bunda uglerod atomlarining eng uzun zanjiri tanlab olinadi va zanjirdagi atomlar uglevodorod radikali yaqin turgan uchidan boshlab nomerlab chiqiladi. So'ngra avval radikal bog'langan (eng oddiy radikaldan boshlab) uglerod atomining nomeri aytilib, keyin uzun zanjirga muvofiq keladigan uglevodorodning nomi aytiladi. Agar formulada bir xil radikallar bir nechta bo'lsa, ularning nomi oldiga soni so'z bilan (di, tri- tetra- va h.k.) yozib qo'yiladi, radikallarning raqamlari esa vergul bilan ajratiladi. Bu nomenklaturaga ko'ra geksanning izomerlarini quyidagicha nomlash lozim:



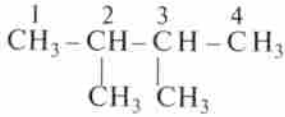
*n*-geksan



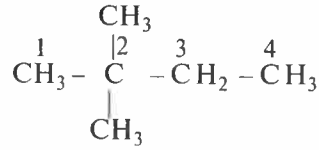
2-metilpentan



3-metilpentan

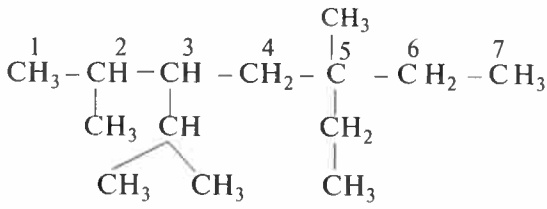


2, 3-dimetilbutan



2, 2-dimetilbutan

Endi murakkabroq misol keltiramiz:



2,5-dimetil-5-etil-3-izopropilgeptan

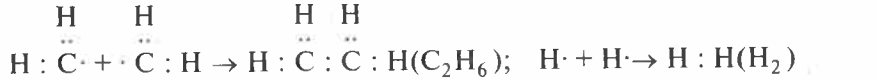
O'rinbosar nomenklatura ham, ratsional nomenklatura ham faqat uglevodorodlar uchun emas, balki organik birikmalarning boshqa sinflari uchun ham qo'llaniladi. Ba'zi organik birikmalar uchun tarixan tarkib topgan (empirik) yoki, boshqacha aytganda, *trivial* nomlardan (chumoli kislota, mochevina va b.) ham foydalaniladi.

Izomerlarning formulalarini yozishda ularda uglerod atomlari turlicha holatni egallaganligi ko'rinadi. Zanjirda faqat bitta uglerod atomi bilan bog'langan uglerod atomi *birlamchi*, ikkitasi bilan bog'langani — *ikkilamchi*, uchtasi bilan bog'langani — *uchlamchi,* to'rttasi bilan bog'langani — *to'rtlamchi* deyiladi. Masalan, oxirgi misolda 1- va 7- uglerod atomlari — *birlamchi*, 4- va 6- *ikkilamchi*, 2- va 3- *uchlamchi,* 5- *to'rtlamchi.* Vodorod atomlarining, boshqa atomlarning va funksional gruppalarning xossalari ular qaysi uglerod atomi: birlamchi, ikkilamchi yoki uchlamchi bilan bog'langanligiga bog'liq. Buni doimo e'tiborga olish kerak.

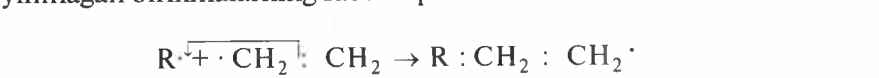
## 16.3- §. Metanning va metan gomologlarining kimyoviy xossalari

Alkanlar gomologik qatori a'zolarining umumiy kimyoviy xossalari bor. Ular aktivligi kam bo'lgan moddalar. Alkanlar ishtirok etadigan barcha reaksiyalarni ikki turga bo'lish mumkin: C — H bog'lanishning uzilishi bilan boradigan reaksiyalar (masalan, o'rin olish reaksiyalari) va C — C bog'lanish uzilishi bilan boradigan reaksiyalar, bunda molekulalar alohida-alohida bo'laklarga bo'linib ketadi (kreking).

Radikallar sekundning ulushlari qadar vaqtda mavjud bo'ladi va hosil bo'lish vaqtida juda aktivdir. Masalan, ular bir-biri bilan oson ta'sirlashib, juftlashmagan elektronlardan yangi kovalent bog'lanish hosil qiladi. Masalan:



Ular organik moddalarning molekulalari bilan ham reaksiyaga oson kirishib, ularga birikadi yoki ulardan juftlashmagan elektronli atomni tortib oladi. Natijada yangi radikallar hosil bo'ladi, ular boshqa molekulalar bilan reaksiyaga kirishishi mumkin. Bunga to'yinmagan birikmalarning radikal polimerlanishi misol bo'la oladi:



Bunday zanjir reaksiya davomida mikromolekulalar (16.7-§ ga q.) hosil bo'ladi, ularning o'sishi zanjir uzilgunga qadar davom etadi, masalan, ikkita radikal birikkanida to'xtaydi.

Ilgari ta'kidlab o'tilganidek, ko'pchilik muhim kimyoviy jarayonlar — oksidlanish, portlash, to'yinmagan birikmalarning polimerlanishi, neftni krekinglash va b. erkin radikallarning reaksiyalari bilan tushuntiriladi.

Alkanlarning kimyoviy xossalari metan misolida batafsil ko'rib chiqiladi.

**Metan molekulasining tuzilishi va xossalari.** Metan molekulasining elektron tuzilishi 3.2-§ da ko'rib chiqilgan. Metan molekulasida uglerod atomi $sp^3$- gibridlanish holatida bo'ladi. Uglerod atomi to'rtta gibrid orbitalining vodorod atomining *s*-orbitallari bilan bir-birini qoplashi natijasida metanning ancha puxta molekulasi hosil bo'ladi. Metan molekulasining elektron tuzilishini 3.11- rasmdan ko'ring.

Metan — rangsiz va hidsiz gaz, havodan yengil, suvda kam eriydi. To'yingan uglevodorodlar yonib, uglerod (IV) oksid bilan suv hosil qiladi. Metan och ko'kish alanga berib yonadi.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

Havo bilan aralashganda (yoki kislorod bilan, ayniqsa hajm jihatdan 1 : 2 nisbatdagisi, bu reaksiya tenglamasidan ham ko'rinib

turibdi) metan portlovchi aralashma hosil qiladi. Shuning uchun u turmushda ham (jo'mraklar orqali gazning sizib chiqishi), shaxtalarda ham xavflidir. Metan chala yonganida qurum hosil bo'ladi. Sanoatda qurum shu yo'l bilan olinadi. Metan katalizatorlar ishtirokida oksidlanganda metil spirt bilan formaldegid olinadi (17.6 ga q.).

Metan qattiq qizdirilganda ushbu tenglama bo'yicha parchalanadi:

$$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$$

Maxsus konstruksiyali pechlarda metanni oraliq mahsulot — asetilen hosil bo'lgunga qadar parchalash mumkin:

$$2CH_4 = C_2H_2 + 3H_2$$

Bunday asetilenning tannarxi kalsiy karbiddan olingan asetilenning tannarxidan deyarli ikki marta kam bo'ladi.

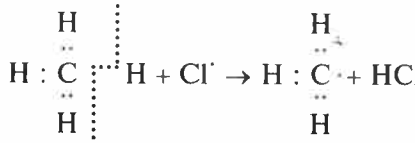
Metanni suv bug'i bilan konversiyalash orqali vodorod olinadi (8.2-§ ga q.).

Metan uchun o'rin olish reaksiyalari xos. Odatdagi temperaturada yorug'da galogenlar — xlor bilan brom — metan molekulasidan vodorodni asta-sekin (bosqichlar bilan) siqib chiqarib, *galogenli hosilalar* deyiladigan moddalarni hosil qiladi. Unda xlor atomlari vodorod atomlarining o'rnini olib, turli xil birikmalar: $CH_3Cl$ — xlormetan (metil xlorid), $CH_2Cl_2$ — dixlormetan (metilen xlorid), $CHCl_3$ — trixlormetan (xloroform), $CCl_4$ — tetraxlormetan (uglerod tetraxlorid) aralashmasini hosil qiladi. Bu aralashmadan har qaysi birikmani ajratib olish mumkin. Xloroform va tetraxlormetan smolalar, yog'lar, kauchuk va boshqa organik moddalarning erituvchilari sifatida muhim ahamiyatga ega.

Metanning galogenli hosilalari zanjirli erkin radikal mexanizm bo'yicha hosil bo'ladi. Yorug'lik ta'sirida xlor molekulalari anorganik radikallarga ajraladi:

$$Cl_2 \rightleftarrows 2Cl\cdot$$

Anorganik radikal Cl metan molekulasidan bitta elektronli vodorod atomini tortib olib, HCl va erkin radikal $CH_3^{\cdot}$ hosil qiladi:



Erkin radikal xlor molekulasi $Cl_2$ bilan reaksiyaga kirishib, galogenli hosila va xlor radikalini hosil qiladi:

$$CH_3 \cdot + \cdot Cl \vdots Cl \rightarrow CH_3 - Cl + Cl\cdot$$

Xlor radikali yana o'zgarishlar zanjirini davom ettiradi va h.k.

Metan odatdagi temperaturada kislota, ishqor va ko'pchilik oksidlovchilar ta'siriga barqarordir. Lekin u nitrat kislota bilan reaksiyaga kirishadi:

$$CH_4 + HNO_3 \rightarrow \underset{\text{nitrometan}}{CH_3NO_2} + H_2O$$

Metan biriktirib olish reaksiyalariga kirishmaydi, chunki uning molekulasida hamma valentliklar to'yingan.

Yuqorida keltirilgan o'rin olish reaksiyalarida C—H bog'lanishlar uziladi. Lekin faqat C—H bog'lanishlarning uzilishi emas, balki uglerod atomlari zanjirining (metan gomologlarida) uzilishi ham sodir bo'ladigan jarayonlar ma'lum. Bu reaksiyalar yuqori temperaturalarda va katalizatorlar ishtirokida sodir bo'ladi. Masalan:

$$C_4H_{10} \rightarrow \begin{cases} C_4H_8 + H_2 & \text{(a)} \\ C_2H_6 + C_2H_4 & \text{(b)} \end{cases}$$

(a) jarayon *degidrogenlanish,* (b) jarayon — *kreking* deyiladi.

To'yingan uglevodorodlarni oksidlash yo'li bilan kislotalar olinadi: butandan sirka kislota (17.12-§ ga q.) va parafindan molekular massasi katta bo'lgan yog' kislotalari (17.15-§ ga q.) olinadi.

**Alkanlarning olinishi**. Metan tabiatda keng tarqalgan. U tabiiy yonuvchan gazlarning (90—98%) ham, yog'och, torf, toshko'mirni quruq haydashda, shuningdek, neftni krekinglashda ajralib chiqadigan sun'iy gazlarning ham asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi. Tabiiy gazlar, ayniqsa, neft konlaridan chiqadigan yo'ldosh gazlar tarkibida metandan tashqari etan, propan, butan va pentan bo'ladi.

Metan botqoqliklar tubidan va konlardagi toshko'mir qatlamlaridan ajralib chiqadi, bu yerlarda u o'simliklar qoldiqlaridan havosiz joyda sekin parchalanish natijasida hosil bo'ladi. Shuning uchun metan ko'pincha *botqoqlik gazi* yoki *kon gazi* deyiladi.

Laboratoriya sharoitida metan natriy asetat bilan natriy gidroksid aralashmasi qizdirilganda olinadi:

$$CH_3\boxed{COONa + Na}OH \xrightarrow{200\,^\circ C} Na_2CO_3 + CH_4\uparrow$$

yoki aluminiy karbid suv bilan o'zaro ta'sir ettirilganda hosil bo'ladi:

$$Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4\uparrow$$

Keyingi reaksiyada metan ancha toza holda olinadi.

Metan katalizator ishtirokida qizdirilganda oddiy moddalardan ham olinishi mumkin:

$$C + 2H_2 \xrightarrow{Ni} CH_4$$

shuningdek, suv gazi asosida sintez qilsa ham bo'ladi:

$$CO + 3H_2 \xrightarrow{Ni} CH_4 + H_2O$$

Bu usul sanoat ahamiyatiga ega. Lekin, odatda, tabiiy gazlarning yoki toshko'mirni kokslashda va neftni qayta ishlashda hosil bo'ladigan gazlarning tarkibidagi metandan foydalaniladi.

Metan singari metanning gomologlari ham laboratoriya sharoitida tegishli organik kislotalarni ishqorlar bilan birga qizdirish orqali olinadi. Boshqacha usul — *Vyurs reaksiyasi,* ya'ni monogalogenli hosilalarni natriy metali bilan birga qizdirish, masalan:

$$C_2H_5\boxed{Br + 2Na + Br}C_2H_5 \rightarrow C_2H_5 - C_2H_5 + 2NaBr$$

Texnikada sintetik benzin (molekulasida 6 — 10 ta uglerod atomi bo'ladigan uglevodorodlar aralashmasi), olish uchun katalizator kobalt birikmalari ishtirokida va yuqori bosimda uglerod (II) oksid bilan vodoroddan sintez qilish usuli qo'llaniladi. Jarayonni ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$nCO + (2n+1)H_2 \xrightarrow{200\,^\circ C} C_nH_{2n+2} + nH_2O$$

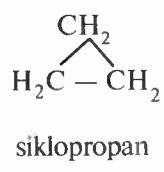
**Alkanlarning ishlatilishi.** Metanning xossalarini bilgan holda uning ishlatilishi haqida tasavvur hosil qilish mumkin. Uning ishlatilish sohalari juda turli-tumandir. Issiqlik berish xususiyati kattaligi tufayli metan ko'p miqdorda yoqilg'i sifatida (turmushda va sanoatda) ishlatiladi. Metandan olinadigan moddalar: vodorod, asetilen, qurum keng ko'lamda ishlatiladi. Metan formaldegid, metil spirt, shuningdek, turli xil sintetik mahsulotlar olishda boshlang'ich xomashyo sifatida ishlatiladi.

Yuqori to'yingan uglevodorodlarni — uglerod atomlarining soni 20 — 25 ta bo'lgan parafinlarni oksidlash sanoatda katta ahamiyatga ega. Shu yo'l bilan zanjirining uzunligi turlicha bo'lgan sintetik yog' kislotalari olinadi, ulardan sovun, turli xil yuvish vositalari, surkov materiallari, lok va emallar ishlab chiqarishda foydalaniladi.

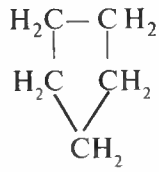
Suyuq uglevodorodlardan yonilg'i sifatida foydalaniladi (ular benzin va kerosin tarkibiga kiradi). Alkanlardan organik sintezda ko'p foydalaniladi.

## 16.4- §. Sikloalkanlar

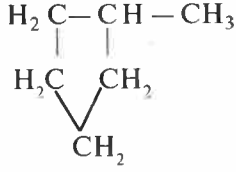
Ochiq zanjirli to'yingan uglevodorodlar bilan birga yopiq (siklik) zanjirli to'yingan uglevodorodlar ham bor. Ularning bir necha xil nomi bor: *sikloalkanlar, sikloparafinlar, naftenlar, siklanlar, polimetilenlar.* Shunday birikmalarga misollar:



siklopropan



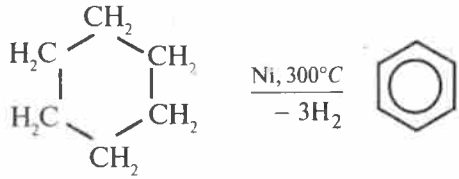
siklopentan



metilsiklopentan

Sikloalkanlar molekulalarida tegishli alkanlarning molekulalaridagiga qaraganda ikkita vodorod atomi kam bo'ladi (ularning ajralib chiqishi hisobiga uglerod halqasi yopiladi). Shuning uchun sikloalkanlarning umumiy formulasi $C_nH_{2n}$.

Sikloalkanlar Boku neftidan V.V.Markovnikov tomonidan ajratib olingan va mukammal o'rganilgan. Ular kimyoviy xossalari jihatidan alkanlarga yaqin turadi: yonuvchan, kimyoviy aktivligi kam, vodorod atomlari o'rnini galogenlar olishi mumkin. Uch va to'rt a'zoli sikloalkanlarning puxtaligi besh va olti a'zolilarnikiga qaraganda kam. Sikloalkanlarning kimyoviy xossalaridan juda muhim reaksiyani — siklogeksanning degidrogenlanib (vodorod ajratib), benzol hosil qilishini ko'rib chiqamiz:



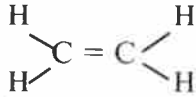
siklogeksan — benzol

Sikloalkanlar va ularning gomologlari karbosiklik birikmalar qatoriga kiradi.

## 16.5- §. To'yinmagan uglevodorodlar

**Molekulalarida bir-biri bilan qo'shbog' yoki uchlamchi bog'lanishlar bilan bog'langan uglerod atomlari bor uglevodorodlar *to'yinmagan uglevodorodlar* deyiladi. Ularning molekulalarida vodorod atomlari soni to'yingan uglevodorodlardagiga qaraganda kam bo'ladi.**

To'yinmagan uglevodorod gomologik qatorlarining dastlabki a'zolari etilen (qo'shbog'li) va asetilen (uchlamchi bog'lanishli):



$$H-C\equiv CH$$

Qo'shbog' va uchlamchi bog'lanishlarning elektron tabiati 3,2 va 10.2-§ da ko'rib chiqilgan.

Qo'shbog' bitta σ-bog' va bitta π-bog'dan tarkib topgan. Tabiati jihatidan π–bog'lanish σ-bog'lanishdan keskin farq qiladi — π- bog'lanishda elektron bulutlar molekula tekisligidan tashqarida bir-birini qoplaganligi uchun bu bog'lanishning puxtaligi kamroq bo'ladi (10.2-rasmga q.). Qo'shbog' ikkita bir xil chiziqcha bilan tasvirlanganiga qaramay, ularning teng emasligini doimo nazarda tutish kerak.

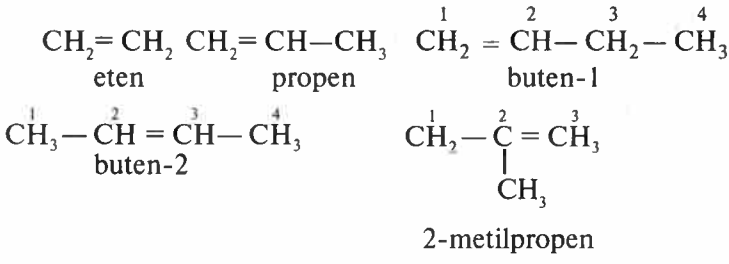
Uchlamchi bog'lanish bitta σ- bog'lanish va ikkita π-bog'lanishdan tarkib topgan. Bu asetilen va uning gomologlarida ba'zi o'ziga xos xususiyatlar borligiga sabab bo'ladi.

Elektron tuzilishidan ko'rinib turibdiki, karrali (qo'sh va uchlamchi) bog'lanishlar kimyoviy reaksiyada nisbatan oson (birlamchi bog'lanishga qaraganda oson) uziladi.

**To'yinmagan uglevodorodlarning gomologik qatorlari.** Etilenning gomologik qatoridagi birikmalar umumiy $C_nH_{2n}$ formula bilan ifodalanadi. Gomologlarning ratsional nomenklaturaga ko'ra nomi tegishli to'yingan uglevodorodlar nomidan *-an* qo'shimchani *-ilen* qo'shimchaga almashtirish yo'li bilan hosil qilinadi. Masalan: etan $C_2H_6$ — etilen $C_2H_4$, propan $C_3H_8$ — propilen $C_3H_6$ va h.k.

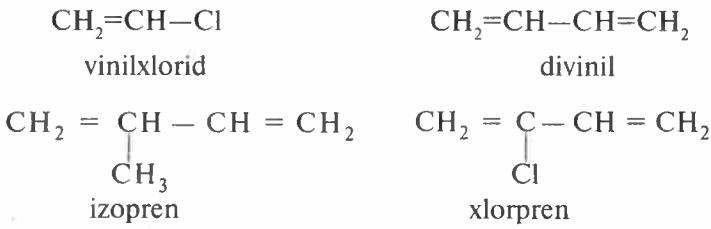
O'rinbosar nomenklaturaga ko'ra etilen uglevodorodlarning nomi to'yingan uglevodorodlarning nomidan *-an* qo'shimchani *-en* qo'shimchaga (*-en* — qo'shbog') almashtirib va qo'shbog'dagi

uglerod atomining raqamini ko'rsatib hosil qilinadi (asosiy zanjir qo'shbog' yaqin joylashgan uchidan boshlab raqamlanadi). Masalan:



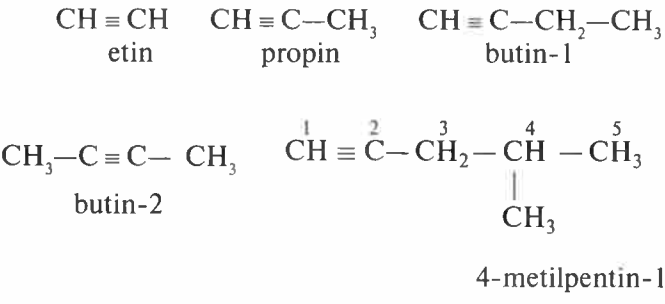

Etilen uglevodorodlarning umumiy xalqaro nomi — *alkenlar.* Molekulasida bitta qo'shbog' bo'ladigan etilen qatoridagi to'yinmagan uglevodorodlar *olefinlar* deyiladi.

Etilen radikali, $CH_2$=CH— *vinil* deyiladi va ko'pchilik molekulalarning asosini tashkil etadi. Masalan:




Asetilenning gomologik qatori $C_nH_{2n-2}$ formula bilan ifodalanadi. Gomologlar asetilenning hosilalari sifatida qaraladi va metilasetilen ($C_3H_4$), etilasetilen ($C_4H_6$) deyiladi va h.k.

Asetilen uglevodorodlarning o'rinbosar nomenklaturaga ko'ra nomi to'yingan uglevodorodlarning nomidan, *-an* qo'shimchani *-in* ga almashtirib hosil qilinadi. Asosiy zanjir uchlamchi bog'lanish yaqinroq joylashgan uchidan boshlab raqamlab chiqiladi. Masalan:



Asetilen uglevodorodlarning o'rinbosar nomenklaturaga ko'ra umumiy nomi — *alkinlar.*

To'yinmagan uglevodorodlarning kimyoviy xossalari etilen va asetilen misolida ko'rib chiqiladi.

## 16.6- §. Etilen va uning gomologlari

**Xossalari.** Etilen — gomologik qatorning birinchi a'zosi —rangsiz gaz, salgina chuchmal hidi bor, havodan biroz yengil, suvda kam eriydi.

Kimyoviy xossalari jihatidan etilen metandan keskin farq qiladi, bunga sabab molekulasining elektron tuzilishidir. Molekulasida σ va π-bog'lardan iborat qo'shbog' borligi uchun etilen π-bog'lanish uzilishi hisobiga ikkita bir valentli atom yoki radikalni biriktirib olishi mumkin.

*Biriktirib olish reaksiyalariga kirishish barcha alkenlar uchun xos xususiyatdir.* Ulardan eng asosiylarini ko'rib chiqamiz.

1. Vodorodni biriktirib olish. Bu reaksiya katalizator — mayda tuyilgan nikel platina yoki palladiy ishtirokida xona temperaturasida boradi:

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow{Pt} CH_3 - CH_3$$

**Moddaga vodorodning birikishi *gidrogenlanish reaksiyasi* deyiladi.**

Olefinlar gidrogenlanganda to'yingan uglevodorodlarga aylanadi.

2. Galogenlarning birikishi. Reaksiya odatdagi sharoitda boradi. Masalan:

$$CH_2 = CH_2 + Cl_2 \rightarrow ClCH_2 - CH_2Cl$$

dixloretan

Dixloretan — suyuqlik, organik moddalarni yaxshi eritadi.

$$CH_2 = CH_2 + Br_2 \rightarrow BrCH_2 - CH_2Br$$

dibrometan

Bromning birikish reaksiyasi to'yinmagan uglevodorodlarga sifat reaksiyasi bo'lib xizmat qiladi. Bromli suvning qizil-qo'ng'ir rangining yo'qolishiga qarab to'yinmagan uglevodorodlar borligi haqida fikr yuritiladi.

3. Vodorod galogenidlarning birikishi:

$$CH_2 = CH_2 + H - Cl \rightarrow CH_3 - CH_2Cl$$

Bundan shunday xulosa chiqarsa bo'ladi: uglevodorodlarning galogenli hosilalarini, masalan, etil xloridni $CH_3-H_2Cl$ ikki xil yo'l bilan: etilenga vodorod xlorid biriktirish yoki etandagi vodorodni xlorga almashtirish yo'li bilan olish mumkin.

Etilen gomologlariga vodorod galogenidlarining birikishi *V.V.Markovnikov qoidasiga* muvofiq sodir bo'ladi: vodorod atomi uglerodning eng gidrogenlangan atomiga, galogen atomi esa — eng kam gidrogenlangan atomga birikadi. Masalan:

$$CH_3 - CH = CH_2 + HBr_2 \rightarrow CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}} - CH_3$$

4. Suvning birikishi (gidratlanish reaksiyasi). Reaksiya katalizator — sulfat kislota ishtirokida boradi:

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3 - CH_2OH$$

Bu reaksiyaning umumiy tenglamasidir. Haqiqatda esa reaksiya ikki bosqichda boradi. Dastlab sulfat kislota qo'shbog'ning uzilish joyidan etilenga birikadi va etilsulfat kislota hosil qiladi:

$$CH_2= CH_2+H-O-SO_2-OH \rightarrow CH_3-CH_2-O-SO_2-OH$$

So'ngra etilsulfat kislota suv bilan reaksiyaga kirishib, spirt va kislota hosil qiladi

$$CH_3-CH_2-O-SO_2- OH + H-OH\rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3-CH_2OH + HO-SO_2-OH$$

Hozirgi vaqtda qattiq katalizatorlar ishtirokida etilenga suvning birikish reaksiyasidan sanoatda neftni krekinglash gazlaridagi to'yinmagan uglevodorodlardan etil spirt olish uchun foydalaniladi.

Etilen va uning gomologlarining muhim kimyoviy xossasi ularning odatdagi temperaturada oson oksidlanishidir. Bunda qo'shbog' bilan bog'langan ikkala uglerod atomi oksidlanadi. Agar etilen kaliy permanganat $KMnO_4$ ning suvdagi eritmasi orqali o'tkazilsa, u holda kaliy permanganatga xos gunafsha rang yo'qoladi, u etilenni oksidlaydi:

$$3CH_2= CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O\rightarrow$$
$$\rightarrow 3HOH_2C-CH_2OH + 2MnO_2 + 2KOH$$
etilenglikol

Bu reaksiya organik moddaning to'yinmaganligini — unda qo'sh-bog'lar yoki uchlamchi bog'lanishlar borligini aniqlash uchun foydalaniladi.

Etilen yorug' alanga berib yonib, uglerod (IV) oksid va suv hosil qiladi:

$$C_2H_4+3O_2 \rightarrow 2CO_2+2H_2O$$

P o l i m e r l a n i s h r e a k s i y a l a r i (16.7-§ ga q.) barcha to'yinmagan uglevodorodlar singari etilen uchun ham xos reaksiyadir.

**Olinishi.** Laboratoriya sharoitida etilen etil spirtni suvni tortib oluvchi moddalar (konsentrlangan sulfat kislota, fosfor (V) oksid va b.) bilan qizdirish orqali olinadi:

$$C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4,\ qizdirish} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

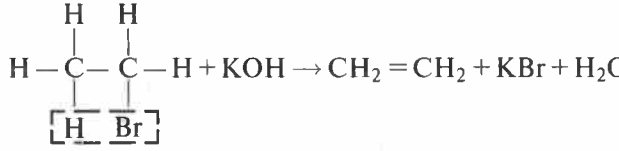
Etilendan spirt olishga (yuqoriroqqa q.) teskari bo'lgan bu jarayonni shunday tasavvur qilish mumkin. Dastlab spirt sulfat kislota bilan reaksiyaga kirishib, etilsulfat kislota bilan suvni hosil qiladi:

$$HO-SO_2-\overline{[}\underline{OH}+\underline{HO}\overline{]}-C_2H_5 \rightarrow HO-SO_2-O-C_2H_5+H_2O$$

So'ngra etilsulfat kislota 180 — 200 ° C temperaturada sulfat kislota bilan etilenga ajraladi:

$$HO-SO_2-O\overline{[}\underline{CH_2}-\underline{CH_2}\overline{]}-H \rightarrow HO-SO_2-OH+CH_2=CH_2$$

Olefinlar ham galogenli hosilalarni **ishqorning spirtdagi konsentrlangan eritmasi** bilan birga qizdirish orqali olinadi:



Sanoatda etilen va uning gomologlari neftni krekinglash gazlaridan ajratib olinadi. Ularni olishning ancha muhim usuli tegishli to'yingan uglevodorodlarni nikel katalizator ustida degidrogenlashdan iborat:

$$CH_3-CH_3 \xrightarrow{Ni} CH_2=CH_2+H_2$$

$$CH_3-CH_2-CH_3 \xrightarrow{Ni} CH_2=CH-CH_3+H_2$$

**Ishlatilishi.** Etilen etil spirt, polietilen olishda ishlatiladi. U issiqxona havosiga ozroq miqdorda qo'shilganda mevalarning

(pomidor, sitrus mevalar va b.) yetilishini tezlashtiradi. Etilen va uning gomologlaridan ko'pchilik organik moddalarni sintez qilish uchun kimyoviy xomashyo sifatida foydalaniladi.

## 16.7-§. Polimerlanish reaksiyalari. Polietilen

Polimerlanish — bu bir xil molekulalarning ketma-ket birikib, ancha yirik molekulalar hosil qilishidir. Polimerlanishning oddiy holi azot (IV) oksid misolida (10.6- § ga q.) ko'rib chiqilgan edi.

Polimerlanish reaksiyalari ayniqsa to'yinmagan uglevodorodlar uchun xos. Masalan, etilendan yuqori molekular modda — polietilen hosil bo'ladi. Etilen molekulalari bir-biri bilan qo'shbog'ning uzilish joyidan birikadi:

$$CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + \ldots \rightarrow$$
$$\rightarrow {-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}\ldots \rightarrow$$
$$\rightarrow \ldots{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}$$

Bu reaksiyaning tenglamasi qisqartirilgan holda quyidagicha yoziladi:

$$nCH_2{=}CH_2 \rightarrow (-CH_2{-}CH_2-)_n$$

Bunday molekulalarning (makromolekulalarning) uchlariga erkin atom yoki radikallar (masalan, etilendan vodorod atomlari) birikadi. Polimerlanish reaksiyasining mahsuloti *polimer* (grekcha poli — ko'p, meros — qism), polimerlanish reaksiyasiga kirishadigan boshlang'ich modda esa *monomer* deb ataladi.

Polimer — molekular massasi juda katta bo'lgan modda, uning molekulasi ko'p sonli takrorlanadigan, bir xil tuzilgan gruppalardan tarkib topgan. Bu gruppalar elementar zvenolar yoki *struktura birliklari* deyiladi. Masalan, polietilenning elementar zvenosi atomlar gruppasi — $CH_2{-}CH_2$— dan iborat.

Makromolekulada takrorlanadigan elementar zvenolar soni *polimerlanish darajasi* deyiladi ($n$ bilan belgilanadi). Bir xil monomerlarning o'zidan polimerlanish darajasiga qarab xossalari turlicha bo'lgan moddalar olish mumkin. Masalan, qisqa zanjirli ($n = 20$) polietilen surkov xossalariga ega bo'lgan suyuqlikdir. Zanjirning uzunligi 1500 — 2000 zvenodan iborat bo'lgan polietilen qattiq, lekin egiluvchan plastik material bo'lib, undan pardalar olish, butilka va boshqa idish-tovoq, elastik trubalar va h.k. tayyorlash mumkin. Nihoyat, zanjirining uzunligi 5 — 6 ming zveno bo'lgan polietilen qattiq modda bo'lib, undan quyma buyumlar, qattiq trubalar, pishiq iplar tayyorlash mumkin.

Agar polimerlanish reaksiyasida ozroq sondagi molekulalar ishtirok etsa, u holda quyi molekular moddalar, masalan, dimerlar, trimerlar va h.k. hosil bo'ladi. Polimerlanish reaksiyalarining borish shart-sharoitlari juda turli-tumandir. Ba'zi hollarda katalizator va yuqori bosim kerak. Lekin asosiy omil monomer molekulasining tuzilishidir. Polimerlanish reaksiyasiga to'yinmagan birikmalar karrali bog'lanishlarning uzilishi hisobiga kirishadi.

Polimerlarning struktura formulalari qisqacha shunday yoziladi: elementar zvenoning formulasi qavs ichiga olinadi va o'ng tomonning pastiga *n* harfi qo'yiladi. Masalan, polietilenning struktura formulasi $(-CH_2-CH_2-)_n$. Polimerning nomi monomerning nomiga p o l i — old qo'shimchani qo'shish bilan hosil qilinadi, masalan, polietilen, polivinilxlorid, polistirol va h.k.

Polimerlanish reaksiyalari yordamida yuqori molekular sintetik moddalar, masalan, polietilen, politetraftoretilen (teflon), polistirol, sintetik kauchuklar va b. olinadi. Ular xalq xo'jaligida juda katta ahamiyatga ega.

P o l i v i n i l  x l o r i d — vinilxlorid $CH_2=CHCl$ ning polimerlanish mahsuloti. Struktura formulasi $(-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-)_n$.

Bu polimerning qimmatli xususiyatlari bor: u yonmaydi, kimyoviy reagentlar ta'siriga chidamli, oson bo'yaladi. Shu birikma asosida olingan plastmassalardan kleyonkalar, plashlar, portfellar, poyabzal uchun sun'iy teri va sh.o'. tayyorlanadi. Sim va kabellarni izolatsiyalash uchun ko'p ishlatiladi.

T e f l o n — tetraftoretilenning polimerlanish mahsuloti:

$$nCF_2=CF_2 \rightarrow (-CF_2-CF_2-)_n$$

Bu eng inert organik modda (unga faqat suyuqlantirilgan natriy va kaliygina ta'sir etadi). Sovuqqa va issiqqa nihoyatda chidamli.

P o l i s t i r o l — qattiq, shaffof, elastik modda. Stirolni polimerlab olinadi (16.11-§ ga q.). Struktura formulasi $(-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-)_n$.

Polistiroldan elektr va radiotexnikada dielektrik sifatida foydalaniladi. Kislotabardosh trubalar, idishlar, shuningdek, turmushda ishlatiladigan buyumlar — taroqlar, o'yinchoqlar va b. tayyorlashga sarflanadi. Undan yengil g'ovak plastmassalar — penoplastlar tayyorlanadi.

Yuqori molekular birikmalar olish uchun polimerlanish reaksiyalari bilan bir qatorda polikondensatlanish reaksiyalaridan (17.8-§ ga q.) ham keng foydalaniladi.

## 16.8- §. Asetilen va uning gomologlari

**Xossalari.** Asetilen — asetilen uglevodorodlari gomologik qatorining birinchi a'zosi — rangsiz gaz, havodan yengil, suvda kam eriydi. Ilgari ta'kidlab o'tilganidek, uning uchlamchi bog'lanish bilan bog'langan uglerod atomlari *sp*-gibridlanish holatida (3.2- va 3,6-rasmga q.) bo'ladi. Asetilen molekulasi chiziqsimon tuzilishga ega, unda uglerod atomlari bitta σ- va ikkita π-bog'lanish bilan bog'langan, bunda π-bog'lanishlar o'zaro perpendikular bo'lgan ikkita tekislikda joylashgan.

Kimyoviy xossalariga ko'ra asetilen ko'p jihatdan etilenga o'xshaydi. Uning uchun biriktirib olish, oksidlanish va polimerlanish reaksiyalari xos.

Biriktirib olish reaksiyalari olefinlarning tegishli reaksiyalari kabi sodir bo'ladi. Ular ikki bosqichda boradi: dastlab bitta π-bog'lanish bor joyga birikib, olefinlarning hosilalari olinadi, so'ngra ikkinchi π-bog'lanish bor joyga birikib, alkanlarning hosilalari olinadi.

1. Vodorodning birikishi — nikel katalizator ishtirokida qizdirilganda sodir bo'ladi. Reaksiya ikki bosqichda boradi: dastlab etilen, so'ngra — etan hosil bo'ladi:

$$CH \equiv CH + H_2 \xrightarrow{Ni,\ qizdirish} CH_2 = CH_2$$

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ qizdirish} CH_3 - CH_3$$

2. Galogenlarning birikishi juda oson boradi (bu ham ikki bosqichda):

$$CH \equiv CH + Br_2 \rightarrow CHBr = CHBr$$
$$CHBr = CHBr + Br_2 \rightarrow CHBr_2 - CHBr_2$$

Bunda bromli suv rangsizlanadi. Bromli suvning rangsizlanishi asetilenga ham, barcha to'yinmagan uglevodorodlarga ham sifat reaksiya hisoblanadi.

3. Vodorod galogenidlarning birikishi. Vodorod xloridning birikish reaksiyasi juda muhim ahamiyatga ega:

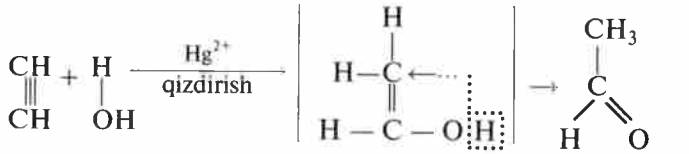
$$CH \equiv CH + HCl \rightarrow CH_2 = CHCl$$

Olinadigan mahsulot — vinilxlorid etilenga o'xshash oson polimerlanadi, shu sababli polivinilxlorid smolalar ishlab chiqarishda keng ko'lamda ishlatiladi.

Asetilen gomologlariga vodorod galogenidlar Markovnikov qoidasiga ko'ra birikadi:

$$CH_3-C\equiv CH \xrightarrow{HBr} CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{C}=CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3-CBr_2-CH_3$$

4. Suvning birikishi simob (II) tuzlari—$HgSO_4$, $Hg(NO_3)_2$ ishtirokida boradi va sirka aldegid hosil bo'ladi (odatdagi sharoitda asetilen suv bilan reaksiyaga kirishmaydi):




Tenglamadan ko'rinib turibdiki, to'yinmagan spirt oraliq mahsulot hisoblanadi. OH gruppasi qo'shbog'li uglerodda bo'lgan spirtlar beqaror bo'ladi, gidroksil gruppaning vodorodi qo'shni uglerod atomiga o'tadi (strelka bilan ko'rsatilgan), izomerlanish (tuzilishini o'z-o'zidan o'zgartirish) natijasida barqaror birikma — aldegid hosil bo'ladi. Bu reaksiya uni 1881-yilda kashf qilgan rus olimi M.G.Kucherov sharafiga *Kucherov reaksiyasi* deb ataldi. Bu reaksiya yordamida sanoatda asetilendan sirka aldegid, aldegidni qaytarib etil spirt (a), oksidlab esa — sirka kislota (b) olinadi:

$$CH_3-C\overset{O}{\underset{H}{<}} + H_2 \xrightarrow{Ni,\ qizdirish} CH_3-CH_2OH \qquad (a)$$

$$CH_3-C\overset{O}{\underset{H}{<}} + O \rightarrow CH_3-C\overset{O}{\underset{OH}{<}} \qquad (b)$$

Asetilenga oksidlovchilar juda tez ta'sir etadi. Kaliy permanganat eritmasi orqali o'tkazilganda u oson oksidlanadi, $KMnO_4$ eritmasi esa rangsizlanadi:

$$H-C\equiv C-H \xrightarrow{H_2O+[O]} \underset{\text{oksalat kislota}}{HOOC-COOH}$$

Permanganatning rangsizlanishidan uchlamchi bog'lanishda sifat reaksiya tarzida foydalanish mumkin.

Asetilen molekulasidagi vodorod uchlamchi bog'lanish ta'sirida

juda harakatchan bo'lib qoladi va metallarga o'rnini berishi mumkin. Masalan, agar asetilen kumush yoki mis (I) tuzlarining eritmalari orqali o'tkazilsa, u holda *asetilenidlar* — asetilenning metalli hosilalari olinadi:

$$HC \equiv CH + 2AgOH \rightarrow \underset{\text{kumush asetilenid}}{AgC \equiv CAg} + 2H_2O$$

$$HC \equiv CH + 2CuOH \rightarrow \underset{\text{mis (I) asetilenid}}{CuC \equiv CCu} + 2H_2O$$

Kumush va mis asetilenidlari quruq holda zarba ta'siridan portlaydi. Lekin kalsiy karbid ham asetilenid bo'lishiga qaramay, zarba ta'siriga barqarordir. Undan asetilen olish uchun ko'p foydalaniladi.

Asetilen havoda juda dudli alanga, kislorodda esa ko'zni qamashtiradigan oq alanga berib yonib, ko'p issiqlik energiyasi ajratib chiqaradi. Asetilenning kislorod bilan aralashmasi yonganida temperatura 3500 °C ga yetadi. Asetilenning havo va kislorod bilan aralashmasining portlash xavfi katta (uchqun ta'sirida portlaydi).

**Olinishi.** Sanoatda va laboratoriyada asetilen kalsiy karbidni suv bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi:

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

Asetilen ko'plab miqdorlarda metandan olinadi:

$$2CH_4 \rightarrow CH \equiv CH + 3H_2$$

**Ishlatilishi.** Asetilen sanoatda ko'pchilik kimyoviy sintezlarda boshlang'ich xomashyo sifatida ishlatiladi. Undan sirka kislota, sintetik kauchuk, polivinilxlorid smolalar olinadi. Tetraxloretan $CHCl_2{-}CHCl_2$— asetilenga xlorning birikish mahsuloti — yog'lar va ko'pchilik organik moddalarni yaxshi erituvchi hisoblanadi va eng muhimi o't olish xavfi yo'qligidir. Asetilendan metallarni avtogen payvandlashda foydalaniladi.

## 16.9- §. Diyen uglevodorodlar

Uglerod zanjirida ikkita qo'shbog' bo'ladigan uglevodorodlar -*diyen* uglevodorodlar deyiladi. Ularning tarkibini umumiy $C_nH_{2n-2}$ formula bilan ifodalash mumkin. Ular asetilen uglevodorodlarga izomerdir.

Diyen uglevodorodlarning nomi to'yingan uglevodorodlar nomidan oxirgi harfini -*diyen* qo'shimchaga almashtirib hosil

qilinadi. Raqamlar bilan qo'shbog'larning zanjirda joylashgan o'rni ko'rsatiladi. Masalan (qavslar ichida trivial nomlari berilgan):

$CH_2=CH-CH=CH_2$
butadiyen (divinil)

$$CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH=CH_2$$

2-metilbutadiyen-1,3 (izopren)

Diyen uglevodorodlarning umumiy xalqaro nomi — *alkadiyenlar.* Alkadiyenlar uchun uglerod zanjirining izomeriyasi va qo'shbog'larning holat izomeriyasi bo'lishi mumkin.

Molekulalarida qo'shbog'lar oddiy bog'lanishlar bilan ajratilgan alkadiyenlar ko'p ishlatiladi, bular — divinil, boshqacha aytganda butadiyen-1,3 (oson suyuqlikka aylanadigan gaz) va izopren, ya'ni 2-metilbutadiyen-1,3 (qaynash temperaturasi past bo'lgan suyuqlik).

Kimyoviy xossalari jihatidan butadiyen bilan izopren to'yinmagan uglevodorodlarga o'xshaydi — biriktirib olish reaksiyalari ular uchun xosdir. Odatda, modda bu diyenlar molekulalarining uchlariga birikadi. Masalan, brom bilan o'zaro ta'sirlashganda qo'shbog'lar uziladi, chekkadagi uglerod atomlariga brom atomlari birikadi, erkin valentliklar esa qo'shbog' hosil qiladi, ya'ni birikish natijasida qo'shbog' siljiydi:

$$CH_2=CH-CH=CH_2+Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH=CH-CH_2Br$$

Brom mo'l bo'lganda uning yana bitta molekulasi qolgan qo'shbog'ga birikishi mumkin.

Butadiyen etil spirt bug'larini katalizator ustidan o'tkazilganda (*S.V.Lebedev usuli*) hosil bo'ladi:

$$2CH_3-CH_2OH \rightarrow CH_2=CH-CH=CH_2+H_2+2H_2O$$

Lekin sanoatda butadiyen olishning eng istiqbolli usuli neftni qayta ishlash gazlarida va yo'ldosh gazlarda bo'ladigan butanni katalitik degidrogenlashdir:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_2=CH-CH=CH_2+2H_2$$

Izopentanni (2-metilbutanni) katalitik degidrogenlash yo'li bilan izopren olinadi:

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH=CH_2+2H_2$$

Butadiyen va izopren polimerlanadi va sopolimerlanadi, ya'ni boshqa to'yinmagan birikmalar bilan birgalikda polimerlanadi va kauchuklar hosil qiladi.

## 16.10- §. Tabiiy va sintetik kauchuklar

K a u c h u k l a r — elastik materiallar bo'lib, ulardan vulkanlash (oltingugurt bilan birga qizdirish) yo'li bilan rezina olinadi. Kauchuklardan samolyot, avtomobil va velosipedlarning g'ildiraklari uchun pokrishka va kameralar tayyorlanadi. Ular elektr izolatsiyasi uchun, sanoat mahsulotlari va tibbiyot asboblari ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Tabiiy kauchuk kimyoviy tarkibiga ko'ra yuqori molekular to'yinmagan uglevodorod bo'lib, tarkibi $(C_5H_8)_n$, bunda $n$ 1000 dan 3000 gacha bo'ladi. Tabiiy kauchuk — izoprenning polimeri:

$$n\mathrm{CH_2}=\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\overset{|}{\mathrm{C}}}-\mathrm{CH}=\mathrm{CH_2}\rightarrow(-\mathrm{CH_2}-\underset{\displaystyle \mathrm{CH_3}}{\overset{|}{\mathrm{C}}}=\mathrm{CH}-\mathrm{CH_2}-)_n$$

izopren — tabiiy kauchuk (poliizopren)

U kauchukli o'simliklarning, asosan, geveyaning (Braziliya) shirasidan olinadi. Braziliya — kauchukning vatani.

Sanoat miqyosida sintetik kauchuk dastlab 1932- yilda S.V.Lebedev usuli bilan olingan. U divinilni polimerlab olinadi. Katalizator (natriy metali) ishtirokida boradigan polimerlanish jarayonini ushbu sxema bilan ifodalash mumkin:

$$n\mathrm{CH_2}=\mathrm{CH}-\mathrm{CH}=\mathrm{CH_2}\rightarrow(-\mathrm{CH_2}-\mathrm{CH}=\mathrm{CH}-\mathrm{CH_2}-)_n$$

butadiyen-1,3 — sintetik kauchuk (polibutadiyen)

Lebedev usuli bo'yicha sintetik kauchuk olish uchun xomashyo sifatida etil spirt ishlatiladi. Endilikda butanni katalitik degidrogenlash yo'li bilan butadiyen olish usuli ishlab chiqilgan.

Lekin butadiyen kauchuk elastikligi va yedirilishga chidamliligi jihatidan tabiiy kauchukdan keyin turadi. Hozirgi vaqtda strukturasi tabiiy kauchuknikiga o'xshash s t e r e o r e g u l a r t u z i l g a n (unda metil gruppalar qat'iy muayyan tartibda joylashgan bo'ladi) izopren kauchuk ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. Stereoregular tuzilishli butadiyen kauchuk ham olingan, u divinil kauchuk deyiladi. Stereoregular tuzilgan izopren va divinil

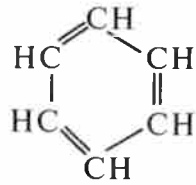
kauchuklar xossalari jihatidan tabiiy kauchukka yaqin turadi, divinil kauchuk esa yedirilishga chidamliligi jihatidan hatto tabiiy kauchukdan ustun turadi.

Tabiiy va sintetik kauchuklarning sifatini yaxshilash uchun ular rezinaga aylantiriladi. Rezina — bu vulkanlangan kauchuk. Vulkanlashning mohiyati shundan iboratki, kauchukning chiziqsimon (ipsimon) molekulalariga qo'shbog'lar bor joyda oltingugurt atomlari birikadi va bu molekulalarni go'yo bir-biriga tikadi. Vulkanlash natijasida yopishqoq va bo'sh kauchuk elastik rezinaga aylanadi. Rezina kauchukdan puxta va temperatura o'zgarishlariga chidamliroq bo'ladi.

## 16.11- §. Aromatik uglevodorodlar (arenlar)

**Molekulasida atomlarning o'ziga xos bog'lanishli siklik guruppasi — benzol yadrosi bor birikmalar *aromatik birikmalar* deyiladi. Aromatik uglevodorodlarning xalqaro nomi — *arenlar*.**

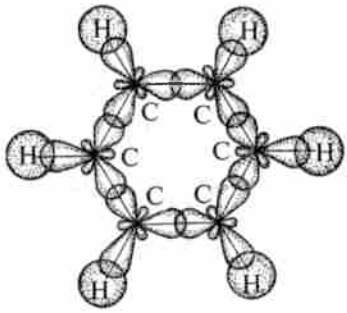
Arenlarning eng oddiy vakili benzol $C_6H_6$. Benzol molekulasining tuzilishini aks ettiruvchi formulani dastlab nemis kimyogari Kekule taklif etgan (1865) edi:



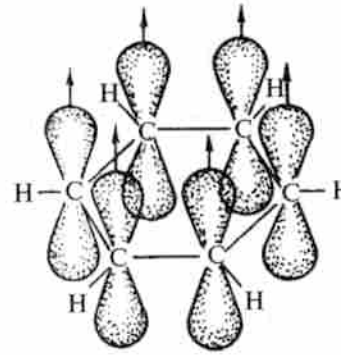
Benzol molekulasida uglerod atomlari to'g'ri yassi oltiburchaklik hosil qiladi, lekin odatda u cho'ziq holda chiziladi.

Benzol molekulasining tuzilishini asetilendan hosil bo'lish reaksiyasi (16.12- § ga q.) bilan uzil-kesil isbotlanadi. Struktura formulasida navbatlashib keladigan uchta birlamchi va uchta ikkilamchi uglerod-uglerod bog'lanishlar tasvirlanadi. Lekin bunday tasvirlash benzolning haqiqiy tuzilishini aks ettirmaydi. Haqiqatda benzolda uglerod-uglerod bog'lanishlar teng qimmatli va ularning xossalari birlamchi bog'lanishlarning ham, qo'shbog'larning ham xossalariga o'xshaydi. Bu xususiyatlari benzol molekulasining elektron tuzilishi bilan tushuntiriladi.

**Benzolning elektron tuzilishi.** Benzol molekulasida uglerodning har qaysi atomi $sp^3$-gibridlanish holatida (3.2-§ ga q.) bo'ladi. U ikkita qo'shni uglerod atomlari va vodorod atomi bilan uchta



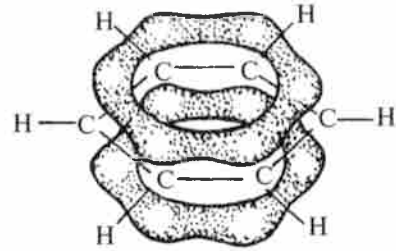
**16.1- rasm.** Benzol molekulasida σ- bog'lanishlar hosil bo'lish sxemasi.



**16.2- rasm.** Benzol molekulasida π- bog'lanishlar hosil bo'lish sxemasi.

σ-bog'lanish orqali bog'langan. Natijada yassi oltiburchaklik hosil bo'ladi: uglerodning oltita atomining hammasi va barcha σ-bog'-lanishlar C–C va C–H bitta tekislikda yotadi (16.1-rasm.) Gibridlanishda ishtirok etmaydigan to'rtinchi elektronning (*p*-elektronning) elektron buluti gantel shaklida bo'ladi va benzol halqasining tekisligiga perpendikulyar yo'naladi. Qo'shni uglerod atomlarining bunday *p*-elektron bulutlari halqa tekisligining usti va ostida bir-birini qoplaydi (16.2-rasm). Natijada oltita *p*-elektron umumiy elektronlar buluti va barcha uglerod atomlari uchun yagona kimyoviy bog'lanishni hosil qiladi. Katta elektron zichlikning ikkita sohasi σ-bog'lanishlar tekisligining ikkala tomonida joylashadi (16.3-rasm).

π-elektron buluti uglerod atomlari orasidagi masofaning qisqarishiga olib keladi. Benzol molekulasida bu masofalar bir xil va 0,14 nm ga teng. Oddiy va qo'sh-bog'larda bu masofalar tegishlicha 0,154 va 0,134 nm bo'lar edi. Demak, benzol molekulasida oddiy bog'lanishlar ham, qo'sh-bog'lar ham yo'q. Benzol molekulasi — bitta tekislikda yotadigan bir xil CH-gruppalardan tarkib topgan barqaror olti a'zoli sikldir. Benzolda uglerod atomlari orasidagi barcha bog'lanishlar *teng*



**16.3-rasm.** Benzol molekulasida π- va σ- bog'lanishlar.

*qimmatli* bo'lib, benzol yadrosining o'ziga xos xususiyatlari ana shu tufaylidir. Bu holni benzolning ichiga aylana chizilgan (I) to'g'ri oltiburchaklik shaklidagi struktura formulasi eng aniq aks ettiradi. (Aylana uglerod atomlari orasidagi bog'lanishlarning teng qimmatli ekanligini bildiradi.) Lekin ko'pincha qo'shbog'larni ko'rsatgan holda(II) Kekule formulasidan ham foydalaniladi:



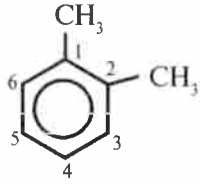
I



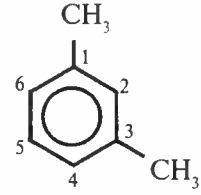
II

**Benzolning gomologik qatori.** Benzol gomologik qatorining umumiy formulasi $C_nH_{2n-6}$. Gomologlarni benzolning molekulasidagi bitta yoki bir necha vodorod atomlari o'rnini turli xil uglevodorod radikallari egallagan hosilalari sifatida qarash mumkin. Masalan, $C_6H_5{-}CH_3$ — metilbenzol yoki toluol, $C_6H_4(CH_3)_2$ — dimetilbenzol yoki ksilol, $C_6H_5{-}C_2H_5$ — etilbenzol va h.k.

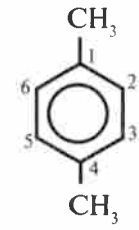
Benzolda barcha uglerod atomlari teng qimmatli bo'lgani uchun uning birinchi gomologida — toluolda izomerlar yo'q. Ikkinchi gomologi — dimetilbenzolning uchta izomeri bor, ular o'zaro metil gruppalarning (o'rinbosarlarning) bir-biriga nisbatan joylashuvi bilan farq qiladi. Bu *orto* (qisqartirilgani *o*-), ya'ni 1,2-izomer, unda o'rinbosarlar qo'shni uglerod atomlarida bo'ladi. Agar o'rinbosarlar bir-biridan bitta uglerod atomi bilan ajratilgan bo'lsa, u holda bu *meta*- (qisqartirilgani *m*-), ya'ni 1,3-izomer, agar ikkita uglerod atomi bilan ajratilgan bo'lsa, u holda *para*- (qisqartirilgani *p*-), ya'ni 1,4- izomer bo'ladi. Uglevodorod nomida o'rinbosarlar harflar (*o*-,*m*-, *p*-) yoki raqamlar bilan belgilanadi. Masalan:



*o*-dimetilbenzol, orto-ksilol, 1,2-dimetilbenzol



*m*-dimetilbenzol, meta-ksilol, 1,3-dimetilbenzol



*p* -dimetilbenzol, para-ksilol, 1,4-dimetilbenzol

**Stirol.** Benzol molekulasida bitta vodorod atomi vinil radikaliga almashinsa vinilbenzol, boshqacha aytganda stirol $C_6H_5-CH=CH_2$ hosil bo'ladi.

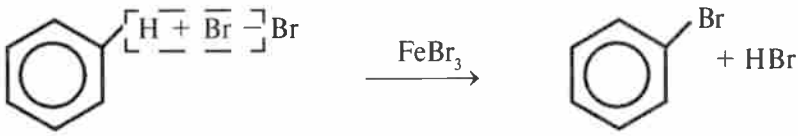
Stirol — xushbo'y rangsiz suyuqlik, suvdan yengil, 145°C da qaynaydi. To'yinmagan uglevodorodlarning xossalarini saqlab qolgan: bromli suvni va kaliy permanganat eritmasini rangsizlantiradi (vinil radikalidagi qo'shbog' hisobiga).

Stirol juda oson polimerlanib, polistirol (16.7-§ ga q.) hosil qiladi. Uning butadiyen bilan birga polimerlanish xususiyati ayniqsa qimmatlidir, buning natijasida butadiyen-stirol kauchuklarning turli navlari (issiqbardosh va sovuqbardosh, yedirilishga chidamli, juda elastik, moylar ta'siriga chidamli) olinadi. Ulardan shinalar, transportyor, eskalatorlarning lentalari, yengil mikrog'ovak tagcharm va boshqalar tayyorlanadi.

## 16.12- §. Benzol va uning gomologlari

**Xossalari.** Benzol — rangsiz, uchuvchan, o't olish xavfi bor, o'ziga xos hidli suyuqlik. Suvda amalda erimaydi. Juda dudli alanga berib yonadi. Benzol bug'lari havo bilan portlovchi aralashma hosil qiladi. Suyuq benzol va benzol bug'lari zaharlidir. Odatdagi sharoitda aromatik uglevodorodlarning ko'pchiligi rangsiz suyuqliklar, suvda erimaydi, o'ziga xos hidi bor.

Kimyoviy xossalari jihatidan benzol va boshqa aromatik uglevodorodlar to'yingan va to'yinmagan uglevodorodlardan farq qiladi. Ular uchun xos reaksiyalar benzol yadrosidagi vodorod atomlarining o'rnini olish reaksiyalaridir. Bu reaksiyalar to'yingan uglevodorodlardagiga qaraganda oson sodir bo'ladi. Organik birikmalarning ko'pchiligi shu yo'l bilan olinadi. Masalan, benzol brom bilan (katalizator $FeBr_3$ ishtirokida) reaksiyaga kirishganida vodorod atomining o'rnini brom atomi oladi:




brombenzol

Brombenzol — suvda erimaydigan rangsiz suyuqlik.

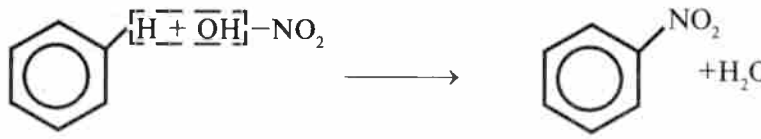
Boshqa katalizatorda benzoldagi hamma vodorod atomlari o'rnini galogen olishi mumkin. Masalan, benzolga aluminiy xlorid ishtirokida xlor yuborilganda shunday bo'ladi:

$$C_6H_6 + 6Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3} C_6Cl_6 + 6HCl$$

geksa xlorbenzol

Geksaxlorbenzol — rangsiz kristall modda, urug'larni dorilash va yog'ochga shimdirish uchun ishlatiladi.

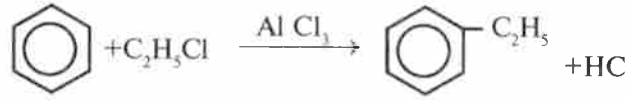
Agar benzolga konsentrlangan nitrat va sulfat kislotalar aralashmasi (nitrolovchi aralashma) ta'sir ettirilsa, u holda vodorod atomining o'rnini nitrogruppa $NO_2$ oladi:




nitrobenzol

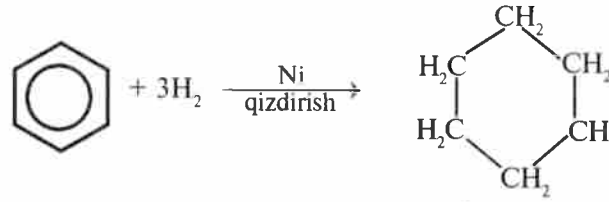
Bu benzolni nitrolash reaksiyasidir. Nitrobenzol — achchiq bodom hidli, och sariq, moysimon suyuqlik, suvda erimaydi, erituvchi sifatida, shuningdek, anilin olish uchun ishlatiladi.

Benzolga aluminiy xlorid ishtirokida uglevodorodlarning galogenli hosilalarini ta'sir ettirib, benzol molekulasidagi vodorod atomini alkil radikaliga almashtirish mumkin:




etilbenzol

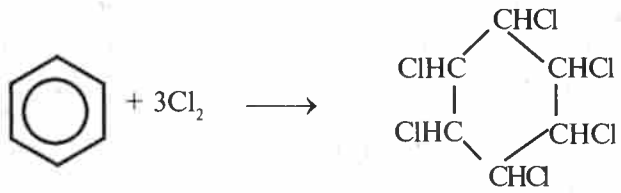
Benzolga birikish reaksiyalari juda qiyinlik bilan boradi. Ularning sodir bo'lishi uchun maxsus sharoit zarur: temperatura va bosimni oshirish, katalizator tanlash, nur bilan yoritish va h.k. kerak. Masalan, katalizator — nikel yoki platina ishtirokida benzol gidrogenlanadi, ya'ni vodorod biriktirib olib, siklogeksanga aylanadi:




siklogeksan

Siklogeksan — benzol hidi keladigan rangsiz uchuvchan suyuqlik, suvda erimaydi.

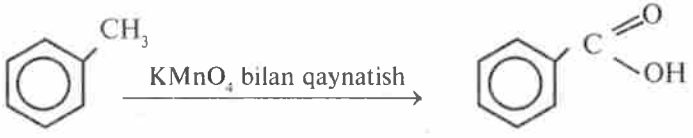
Ultrabinafsha nur ta'sir ettirilganda benzol xlorni biriktirib oladi:



geksaxlorsiklogeksan

Geksaxlorsiklogeksan, ya'ni geksaxloran — kristall modda, hasharotlarni yo'qotish uchun kuchli vosita sifatida ishlatiladi.

Benzol vodorod galogenidlarni va suvni biriktirib olmaydi. U oksidlovchilar ta'siriga juda barqaror. To'yinmagan uglevodorodlardan farq qilib, u bromli suvni va $KMnO_4$ eritmasini rangsizlantirmaydi. Odatdagi sharoitda benzol halqasi hatto ko'pchilik boshqa oksidlovchilar ta'sir ettirilganda ham buzilmaydi. Lekin benzol gomologlari to'yingan uglevodorodlarga qaraganda oson oksidlanadi. Bunda benzol halqasi bilan bog'langan radikallargina oksidlanadi:

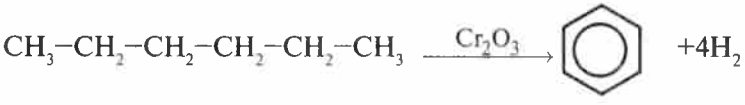



benzoy kislota

Shunday qilib, aromatik uglevodorodlar o'rin olish reaksiyalariga ham, biriktirib olish reaksiyalariga ham kirishishi mumkin, lekin bu reaksiyalar boradigan sharoitlar to'yingan va to'yinmagan uglevodorodlarning xuddi shunday reaksiyalari sharoitlaridan ancha farq qiladi.

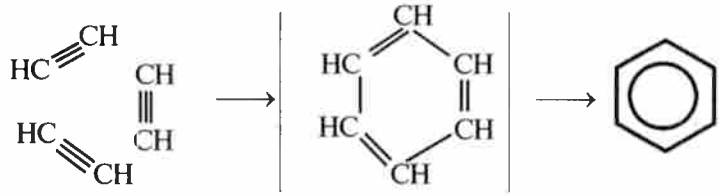
**Olinishi.** Benzol va uning gomologlari ko'plab miqdorlarda neftdan va toshko'mirni quruq haydash (kokslash) paytida hosil bo'ladigan toshko'mir smolasidan olinadi. Toshko'mir koks-kimyo va gaz zavodlarida quruq haydaladi.

Siklogeksanning benzolga aylanish reaksiyasi (degidrogenlanish) benzolni 300°C da katalizator (platina kukuni) ustidan o'tkazilganda sodir bo'ladi (16.4-§). To'yingan uglevodorodlarni degidrogenlash reaksiyasi bilan aromatik uglevodorodlarga ham aylantirish mumkin. Masalan:



Degidrogenlanish reaksiyalari neft uglevodorodlaridan benzol qatori uglevodorodlarini olish uchun foydalanishga imkon beradi. Ular uglevodorodlarning turli xil gruppalari orasida bog'lanish borligini va ularning bir-biriga aylanishi mumkinligini ko'rsatadi.

N.D.Zelinskiy, B.A.Kazanskiy usuli bo'yicha benzol olish uchun aktivlangan ko'mir solingan 600°C gacha qizdirilgan nay orqali asetilen o'tkaziladi. Asetilenning uchta molekulasining polimerlanish jarayonini ushbu sxema bilan tasvirlash mumkin:



**Ishlatilishi.** Benzol va uning gomologlari dori-darmon, plastmassalar, bo'yoqlar, zahar moddalar va boshqa ko'pgina organik moddalar ishlab chiqarishda kimyoviy xomashyo sifatida ishlatiladi. Ulardan erituvchilar sifatida keng foydalaniladi. Benzol qo'shilganda motor yoqilg'isining sifati yaxshilanadi.

## 16.13- §. Neft va uni qayta ishlash

Neft — to'q qo'ng'ir yoki deyarli qora rangli, o'ziga xos hidli, moysimon suyuqlik. U suvdan yengil (zichligi 0,73 — 0,97 g/sm$^3$), suvda amalda erimaydi.

Tarkibi jihatdan neft — molekular massasi turlicha bo'lgan, asosan, suyuq uglevodorodlarning murakkab aralashmasi (ularda qattiq va gazsimon uglevodorodlar erigan) bo'ladi. Odatda, bu uglevodorodlar parafin uglevodorodlari, sikloalkanlar, aromatik uglevodorodlardan iborat, turli konlardagi neftlar tarkibida ularning nisbati turlicha bo'ladi. Boku va Emba neftlarida sikloalkanlar (besh va olti a'zoli halqali) ko'p, Grozniy va G'arbiy Ukraina neftlarida parafinlar, Ural neftida — aromatik uglevodorodlar ko'p bo'ladi. Neft tarkibida uglevodorodlardan tashqari kislorodli, oltingugurtli va azotli organik birikmalar bo'ladi.

Neftning o'zi shunday holicha odatda ishlatilmaydi. Neftdan texnikada qimmatli bo'lgan mahsulotlar olish uchun u qayta ishlanadi.

N e f t n i b i r l a m c h i q a y t a i s h l a s h uni *haydashdan* iborat. Neft neftni qayta ishlash zavodlarida yo'ldosh gazlardan

ajratilgandan keyin haydaladi. Neft haydalganda tiniq mahsulotlar: benzin (qayn. t. 40 dan 150 — 200 °C gacha), ligroin (qayn. t. 120 — 240 °C), kerosin (qayn. t. 150 — 300 °C), gazoyl — solyar moyi (qayn. t. 300 °C dan yuqori), qoldiqda esa — qovushoq qora suyuqlik — mazut olinadi. Mazut yana qayta ishlanadi. U pasaytirilgan bosimda (parchalanib ketmasligi uchun) haydaladi va surkov moylari: urchuq moyi, mashina moyi, silindr moyi va b. ajratib olinadi. Ba'zi navli neftlar mazutidan vazelin va parafin ajratib olinadi. Mazutning haydashdan keyin qolgan qoldig'i *neft qoramoyi* yoki *gudron* deb ataladi.

Neftni qayta ishlash mahsulotlaridan turli maqsadlarda foydalaniladi. B e n z i n — ko'p miqdorlarda aviatsiya va avtomobil yoqilg'isi sifatida ishlatiladi. U odatda molekulalarida o'rtacha 5 dan 9 tagacha uglerod atomi bor uglevodorodlardan tarkib topgan bo'ladi.

L i g r o i n — dizel dvigatellari uchun yoqilg'i, shuningdek, lok-bo'yoq sanoatida erituvchi sifatida ishlatiladi. Uning ko'p miqdori qayta ishlanib, benzinga aylantiriladi.

K e r o s i n — reaktiv dvigatellar va traktor dvigatellari uchun, shuningdek, uy-ro'zg'orda yonilg'i sifatida ishlatiladi. U molekulasida o'rtacha 9 dan 16 tagacha uglerod atomlari bor uglevodorodlardan tarkib topadi.

S o l y a r m o y i d a n motor yoqilg'isi sifatida, s u r k o v m o y l a r i d a n — mexanizmlarni moylash uchun foydalaniladi.

V a z e l i n d a n tibbiyotda foydalaniladi. U suyuq va qattiq uglevodorodlar aralashmasidan iborat.

P a r a f i n yuqori karbon kislotalar olish uchun ishlatiladi (17.15-§ ga q.), gugurt va qalamlar ishlab chiqarishda, yog'ochga shimdirish, sham, gutalin tayyorlash va h.k. uchun ishlatiladi. U qattiq uglevodorodlar aralashmasidan iborat.

G u d r o n — uchuvchan bo'lmagan qoramtir massa, qisman oksidlangandan keyin asfalt olish uchun ishlatiladi.

M a z u t qayta ishlanib surkov moylari va benzin olinishidan tashqari, undan qozonlarga yoqiladigan suyuq yoqilg'i sifatida ham foydalaniladi.

N e f t n i i k k i l a m c h i q a y t a i s h l a s h usullarida uning tarkibiga kiradigan uglevodorodlarning strukturasi o'zgaradi. Bu usullar orasida neft uglevodorodlarini krekinglash (parchalash) katta ahamiyatga ega bo'lib, u olinadigan benzin miqdorini oshirish uchun qo'llaniladi.

Termik krekingda boshlang'ich xomashyo (mazut va b.) 450 — 550°C temperatura va 2 — 7 MPa bosimda qizdiriladi. Bunda uglerod atomlarining soni ko'p bo'lgan uglevodorodlarning molekulalari uglerod atomlarining soni kam bo'lgan to'yingan va to'yinmagan uglevodorodlarning molekulalariga ajraladi. Masalan:

$$C_{16}H_{34} \rightarrow C_8H_{18} + C_8H_{16}$$
$$C_8H_{16} \rightarrow C_4H_{10} + C_4H_8 \quad \text{va h.k.}$$

Avtomobil benzini asosan shu usul bilan olinadi. Uning neftdan olinadigan miqdori 70% ga yetadi. Termik krekingni 1891- yilda rus injeneri V.G.Shuxov kashf etgan.

Katalitik kreking katalizatorlar (odatda alumosilikatlar) ishtirokida 450 °C va atmosfera bosimida o'tkaziladi. Bu usul bilan aviatsiya benzini olinadi va uning unumi 80% ga yetadi. Neftning asosan kerosin va gazoyl fraksiyalari ana shu usulda krekinglanadi. Katalitik krekinglashda ajralish reaksiyalari bilan bir qatorda izomerlanish reaksiyalari ham sodir bo'ladi. Bu reaksiyalar natijasida molekulalarning uglerod skeleti tarmoqlangan, to'yingan uglevodorodlar hosil bo'ladi, bu esa benzinning sifatini yaxshilaydi.

Uglevodorodlarni aromatizatsiyalash, ya'ni parafinlar va sikloparafinlarni aromatik uglevodorodlarga aylantirish muhim katalitik jarayon hisoblanadi. Neft mahsulotlarining og'ir fraksiyalari katalizator ishtirokida (platina yoki molibden) qizdirilganda molekulasida 6 — 8 ta uglerod atomlari bo'ladigan uglevodorodlar aromatik uglevodorodlarga aylanadi. Bu jarayonlar riformingda (benzinlarni boyitishda) sodir bo'ladi.

Krekinglash jarayonlarida juda ko'p gazlar (krekinglash gazlari) hosil bo'ladi, ular tarkibida, asosan, to'yingan va to'yinmagan uglevodorodlar bo'ladi. Bu gazlardan kimyo sanoati uchun xomashyo sifatida foydalaniladi.

Keyingi yillarda yoqilg'i va moylar ishlab chiqarish ko'payishi bilan bir qatorda, neft uglevodorodlaridan kimyoviy xomashyo manbayi sifatida ham ko'p foydalanilmoqda. Ulardan turli usullar bilan plastmassalar, sintetik tola, sintetik kauchuk, spirtlar, kislotalar, sintetik yuvish vositalari, portlovchi moddalar, zahar moddalar, sintetik yog'lar va b. ishlab chiqarish uchun zaruriy moddalar olinmoqda.

## 16.14- §. Tabiiy gazlar va ulardan foydalanish

Tabiiy gazlar, neft va toshko'mir — uglevodorodlarning asosiy manbalari hisoblanadi.

Tabiiy gaz tarkibida molekular massasi kichik bo'lgan uglevodorodlar bo'ladi. Uning taxminiy tarkibi (hajm jihatdan) quyidagicha: 80 — 98% metan, 2 — 30% uning eng yaqin gomologlari — etan, propan, butan va ozroq miqdorda aralashmalar — vodorod sulfid, azot, nodir gazlar, uglerod (IV) oksid va suv bug'lari. Masalan, Stavropol konidan chiqadigan gaz tarkibida 97,7% metan va 2,3% boshqa gazlar, Saratov konidan chiqadigan gazda — 93,4% metan, 3,6% etan, propan, butan va 3% yonmaydigan gazlar bo'ladi.

Odatda, neftda erigan holda bo'ladigan va uni qazib olishda ajralib chiqadigan yo'ldosh gazlar ham tabiiy gazlar jumlasiga kiradi. Yo'ldosh gazlar tarkibida metan kamroq, lekin etan, propan, butan va yuqori uglevodorodlar ko'proq bo'ladi. Bundan tashqari, ular tarkibida neft konlariga aloqador bo'lmagan boshqa tabiiy gazlardagi kabi qo'shimchalar, chunonchi: vodorod sulfid, azot, nodir gazlar, suv bug'lari, karbonat angidrid bo'ladi.

Ilgari yo'ldosh gazlar ishlatilmas va neft qazib olishda mash'ala usuli bilan yondirib yuborilar edi. Hozirgi vaqtda ularni tutib qolishga va yoqilg'i sifatida ham, qimmatli kimyoviy xomashyo sifatida ham foydalanishga harakat qilinmoqda. Yo'ldosh gazlardan, shuningdek, neftni krekinglashda olinadigan gazlardan past temperaturalarda haydash yo'li bilan alohida-alohida uglevodorodlar olinadi. Propan va butandan degidrogenlash yo'li bilan to'yinmagan uglevodorodlar — propilen, butilen va butadiyen olinadi, so'ngra ulardan kauchuk va plastmassalar sintez qilinadi.

Tabiiy gazdan issiqlik berish xususiyati yuqori bo'lgan (1 $m^3$ gaz yoqilganda 54 400 kJ gacha issiqlik chiqadi) arzon yoqilg'i sifatida foydalaniladi. Bu turmush va sanoat ehtiyojlari uchun ishlatiladigan yoqilg'ilarning eng yaxshi turlaridan biridir. Bundan tashqari, tabiiy gaz kimyo sanoati uchun qimmatli xomashyo hisoblanadi.

Tabiiy gazlarni qayta ishlashning ko'p usullari ishlab chiqilgan. Qayta ishlashdan asosiy maqsad — to'yingan uglevodorodlarni ancha aktiv — to'yinmagan uglevodorodlarga aylantirishdan iborat, so'ngra to'yinmagan uglevodorodlar sintetik polimerlarga (kauchuk, plastmassalarga) aylantiriladi. Bundan tashqari, uglevodorodlarni oksidlanish yo'li bilan organik kislotalar, spirtlar va boshqa mahsulotlar olinadi.

Keyingi yillarda toshko'mir, torf va slaneslarni qayta ishlash yo'li bilan gaz ishlab chiqarish ancha ko'paydi. Ko'mir ham tabiiy gazlar va neft singari energiya manbayi va qimmatli kimyoviy xomashyo hisoblanadi.

Toshko'mirni qayta ishlashning asosiy usuli — kokslash (quruq haydash)dir. Kokslashda (havosiz joyda 1000 — 1200 °C da qizdirishda) turli xil mahsulotlar: koks, toshko'mir smolasi, ammiakli suv va koks gazi olinadi. Koks gazining taxminiy tarkibi: 60% vodorod, 25% metan, 5% uglerod (II) oksid, 2% azot (IV) oksid, 2% etilen va 2% boshqa gazlar.

Koks gazi koks pechlarini isitish uchun ishlatiladi (uning 1 $m^3$ yonganda 18000 kJ ga yaqin issiqlik chiqadi), lekin u, asosan, kimyoviy qayta ishlanadi. Masalan, undan azotli o'g'itlar olish uchun foydalaniladigan ammiak sintez qilish uchun vodorod ajratib olinadi.

Toshko'mir smolasi aromatik uglevodorodlar manbayi hisoblanadi. U rektifikatsion usulda haydaladi va benzol, toluol, ksilol, naftalin, shuningdek, fenollar, azotli birikmalar va b. olinadi. Qoramoy — smola haydalgandan keyin qolgan quyuq qora massadan elektrodlar va tomga yopiladigan tol tayyorlash uchun foydalaniladi.

## 16.15- §. Namunaviy masalalar yechish

**1- masala.** Vodorod bo'yicha zichligi 21 bo'lgan gazsimon uglevodorod yondirilganda 8,4 l uglerod (IV) oksid (gazning hajmi normal sharoitda o'lchangan) va 6, 75 l suv olindi. Uglevodorodning formulasini aniqlang.

*Yechish.* 8,4 l uglerod (IV) oksiddagi uglerodning massasini aniqlaymiz. Uglerodning molyar massasi 12 g/mol ga teng. 1·22,4 l $CO_2$ tarkibida 1 · 12 g=12 g uglerod bor

$$22{,}4\ \text{l}\ CO_2 - 1{,}2\ \text{g C}$$
$$8{,}4\ \text{l}\ CO_2 - x\ \text{g C}$$

Proporsiya tuzamiz: 22,4:12 = 8,4 : $x$, bundan

$$x = \frac{8{,}4 \cdot 12}{22{,}4}\ \text{g} = 4{,}5\ \text{g}.$$

6,75 g suvdagi vodorodning massasini aniqlaymiz (suvning molyar massasi — 18 g/mol, vodorod atomlariniki — 1 g/mol). 1·18 g=18 g $H_2O$ da 2·1=2 g H bo'ladi:

$$18\ \text{g}\ H_2O - 2\ \text{g H}$$
$$6{,}75\ \text{g}\ H_2O - y\ \text{g H}$$

Proporsiya tuzamiz: 18 : 2 = 6,75: $y$, bundan

$$y = \frac{6{,}75 \cdot 2}{18}\ \text{g} = 0{,}75\ \text{g}.$$

Uglevodorodning molyar massasi $2D_{H_2} = 2 \cdot 21$ g/mol = = 42 g/mol. Uglevodorodning formulasini $C_pH_q$ deb tasavvur qilamiz, bunda $p$ va $q$ — bir mol moddadagi C va H mollarining soni. Uglerod bilan vodorodning massalarini ularning molyar massalariga bo'lib, $p$ bilan $q$ orasidagi nisbatni topish mumkin:

$$p : q = \frac{4,5}{12} : \frac{0,75}{1} = 0,375 : 0,75,$$

ya'ni

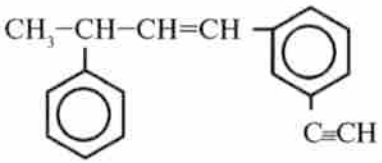
$$p : q = 1 : 2 \qquad \text{(a)}$$

$p$ va $q$ kattaliklarni uglevodorodning molyar massasi bilan ham bog'lash mumkin:

$$12p + 1d = 42 \qquad \text{(b)}$$

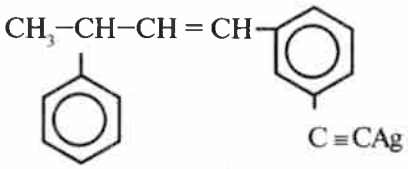
(a) va (b) tenglamalar sistemasini yechib, $p = 3$ va $q = 6$ ekanligini topamiz, ya'ni uglevodorodning formulasi $C_3H_6$ ekan.

**2- masala.** Uglevodorod quyidagicha tuzilgan:

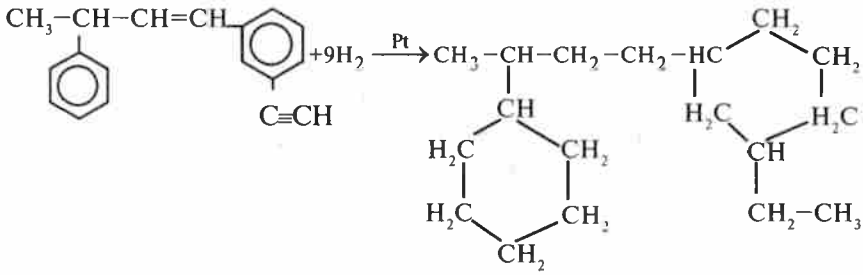



U kumush oksidning ammiakdagi eritmasi bilan reaksiyaga kirishadimi? 0,1 mol uglevodorodni katalitik gidrogenlash uchun normal sharoitda o'lchangan necha litr vodorod kerak? Katalizator yo'qligida 11,6 g uglevodorod 3% li bromli suvdan necha gramini rangsizlantirishi mumkin?

*Yechish.* Uglevodorod molekulasida alkinlar uchun xos bo'lgan uchlamchi bog'lanish bor. Kumush oksidning ammiakdagi eritmasi bilan o'zaro ta'sir ettirilganda uchlamchi bog'lanishli uglerod atomidagi vodorod o'z o'rnini metallga oson beradi va ushbu birikma hosil bo'ladi:

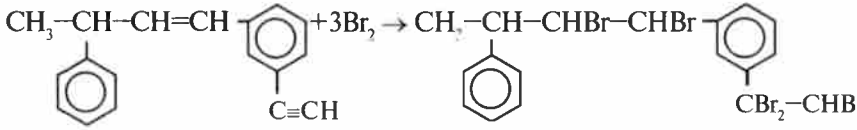



Platina katalizator ishtirokida katalitik gidrogenlash quyidagi tenglamaga muvofiq boradi:



Demak, 1 mol uglevodorodni katalitik gidrogenlash uchun 9 mol $H_2$, 0,1 mol uglevodorodni gidrogenlash uchun 0,9 mol $H_2$ kerak bo'ladi, u normal sharoitda $0{,}9 \cdot 22{,}4 = 20{,}16$ l hajmni egallaydi.

Bromli suvdagi brom katalizator yo'qligida faqat qo'shbog'ga va uchlamchi bog'lanishga birikadi:



Uglevodorodning molyar massasi 232 g/mol ga, bromniki—160 g/molga teng.

$1 \cdot 232$ g=232 g uglevodorodni bromlash uchun $3 \cdot 160$ g=480 g $Br_2$ kerak bo'ladi:

232 g uglevodorodga — 480 g $Br_2$
11,6 g uglevodorodga $x$ g $Br_2$

Proporsiya tuzamiz: $232 : 480 = 11{,}6 : x$

$$x = \frac{11{,}6 \cdot 480}{232}\,\text{g} = 24\,\text{g}$$

100 g bromli suvda 3 g brom borligiga asoslanib, 3% li bromli suvning massasini aniqlaymiz:

3 g Br — 100 g bromli suvda
24 g Br — $y$ g bromli suvda

Proporsiya tuzamiz: $5 : 100 = 24 : y$

$$y = \frac{21 \cdot 100}{3}\,\text{g} = 700\,\text{g}.$$

**3- masala.** Etan bilan etilenning 3l aralashmasiga 2l vodorod qo'shildi. Gazlarning aralashmasi platina katalizator ustidan o'tkazildi. Boshlang'ich sharoitga keltirilgandan keyin aralashma-

ning hajmi 3,8 l bo'ldi. Aralashmadagi uglevodorodlarning hajmiy ulushlardagi hajmini aniqlang.

*Yechish.* Platina katalizator ishtirokida vodorod bilan etilen reaksiyaga kirishadi:

$$C_2H_4+H_2=C_2H_6$$

Aralashmaning hajmi $3+2-3,8=1,2$ l kamaydi. Barcha gazlarning bir xil miqdorlari bir xil sharoitda bir xil hajmni egallaydi. Reaksiyaga kirishgan etilenning hajmini $x$ orqali belgilaymiz; u holda reaksiyaga kirishgan vodorodning hajmi va reaksiya natijasida hosil bo'lgan etanning hajmi ham $x$ ga teng bo'ladi. Bundan $x+x-x=1,2$ litr yoki $x=1,2$ litr, ya'ni reaksiyaga 1,2 litrdan etilen hamda vodorod kirishgan. Demak, vodorod ortiqcha miqdorda olingan va aralashmada etilen 1,2 litr bo'lgan. Vodorodning hajmiy ulushi quyidagicha:

$$\frac{1,2\cdot100}{3}=40\%.$$

Aralashmada etilen $3-1,2=1,8$ litr bo'lgan; uning hajmiy ulushi quyidagicha:

$$\frac{1,8\cdot100}{3}=60\%.$$

**4- masala.** Aluminiy xlorid ishtirokida 100 ml benzol (zichligi 0,879 g/ml) orqali mo'l xlor o'tkazilganda ajralib chiqqan gaz propilenning benzoldagi mo'l eritmasi orqali o'tkazildi. Bunda qanday modda hosil bo'lgan? Ikkala bosqichda hosil bo'lgan mahsulotlar miqdori nazariy jihatdan hosil bo'lishi mumkin bo'lgan miqdorining 70% ini tashkil etganligi ma'lum; oxirgi hosil bo'lgan moddaning massasini aniqlang.

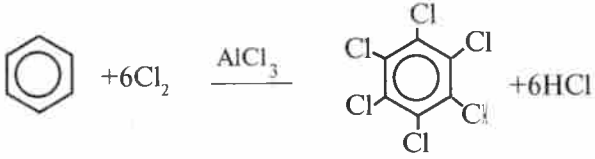
*Yechish.* Benzolning massasi quyidagicha bo'ladi:

$$100\cdot0,879\ \text{g}=87,9\ \text{g}.$$

Benzolning molyar massasi 78 g/mol ga teng, demak, 87,9 g quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{87,9}{78}\ \text{mol}=1,27\ \text{mol benzol}$$

$AlCl_3$ ishtirokida xlor bilan reaksiya quyidagi tenglamaga muvofiq boradi:



Demak, 1,127 mol benzoldan 1,127·6 mol = 6,76 mol HCl hosil bo'ladi. Mahsulot unumi 70% ekanligini e'tiborga olsak, quyidagi miqdorda vodorod xlorid ajralib chiqqanligini topamiz:

$$\frac{6{,}76 \cdot 70}{100} \text{ mol} = 4{,}73 \text{ mol vodorod xlorid}$$

Vodorod xlorid benzolda erigan propilen bilan reaksiyaga kirishib, 2-xlorpropan hosil qiladi:

$$CH_3 - CH = CH_2 + HCl \rightarrow CH_3 - \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} - CH_3$$

4,73 mol vodorod xlorid birikkanida 4,73 mol 2-xlorpropan hosil bo'lishi kerak, lekin mahsulot unumini e'tiborga olsak, uning quyidagi miqdorda hosil bo'lganligini aniqlaymiz:

$$\frac{4{,}73 \cdot 70}{100} \text{ mol} = 3{,}31 \text{ mol}$$

$C_3H_7Cl$ ning molyar massasi 78,5 g/mol ga teng, demak, oxirgi mahsulot miqdori quyidagicha bo'lgan:

$$3{,}31 \cdot 78{,}5 \text{ g} = 259{,}8 \text{ g}.$$

### 16- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**16.1.** Har xil butenlardan tashkil topgan butenlarga vodorod bromid bilan ishlov berish natijasida qanday mahsulotlar hosil qilish mumkin?

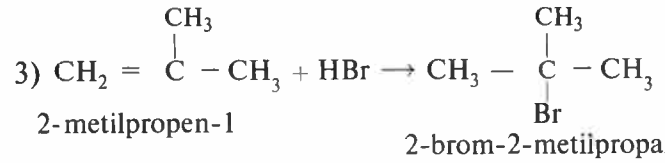
1) 1-brombutan; 2) 2-brombutan; 3) 1-brom-2-metilpropan; 4) 2-brom-2-metilpropan.

A) 1, 2; B) 1, 3; C) 1, 4; D) 2, 4.

*Yechish.* Turli xil butenlarning HBr bilan ta'sirlashishi natijasida quyidagilar bo'lishi mumkin:

1) $\underset{\text{buten-1}}{CH_2 = CH - CH_2 - CH_3} + HBr \rightarrow \underset{\text{2-brombutan}}{CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH_3}$

2) $\underset{\text{buten-2}}{CH_3 - CH = CH - CH_3} + HBr \rightarrow \underset{\text{2-brombutan}}{CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH_3}$



2-metilpropen-1 2-brom-2-metilpropan

*Javob:* **D** bo'ladi.

**16.2.** Bir xil sharoitda va bir xil hajmda olingan gazlarning qaysi birining yonishida ko'proq hajmdagi havo sarf bo'ladi?

A) Metan; B) Buten; C) Butan; D) Etan.

*Yechish.* Alkan, alken va alkinlarning yonish reaksiyalarining umumiy formulalari asosida yonish reaksiyasida sarf bo'ladigan kislorodning mol miqdorlari ketma-ketligini tuzamiz:

1) $C_nH_{2n+2}+(1{,}5n+0{,}5)O_2=nCO_2+(n+1)H_2O$

1 mol alkanga $(1{,}5n + 0{,}5)$ mol kislorod, yoki

$(1{,}5n+0{,}5)=(7{,}5n+2{,}5)$ mol havo sarf bo'ladi.

2) $C_nH_{2n}+1{,}5nO_2=nCO_2+nH_2O$

1 mol alkenga $7{,}5\ n$ havo sarf bo'ladi

3) $C_nH_{2n-2}+(1{,}5n-0{,}5)O_2=nCO_2+(n-1)H_2O$

1 mol alkinga $(7{,}5n-2{,}5)$ mol havo sarf bo'ladi.

Test shartida keltirilgan uglevodorodlardagi uglerod atomlari sonining ortib borish tartibi quyidagicha bo'ladi:

metan<etan<propin<butan va buten.

Oxirgi ikki xil alkan va alkenlardan birinchisining yonishida $7{,}5\cdot4+2{,}5=32{,}5$ mol havo, ikkinchisi yonishida esa $7{,}5\cdot4=30$ mol havo kerak bo'ladi.

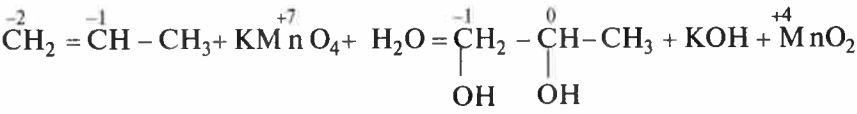
*Javob:* **C** bo'ladi.

**16.3.** Propilenni kaliy permanganatning suvdagi eritmasi orqali o'tkazilganda qaysi mahsulot hosil bo'ladi?

A) Propion aldegid; B) Propanol-2; C) Propion kislota;

D) Propilenglikol-1,2.

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:



Elektron siljish sxemasi:

$$\begin{array}{l} \overset{-2}{C} - 1e \rightarrow \overset{-1}{C} \\ \overset{-1}{C} - 1e \rightarrow \overset{0}{C} \end{array} \Big| 2 \qquad \Big| 3$$

$$Mn^{+7} + 3e \rightarrow Mn^{+4} \mid 3 \qquad \Big| 2$$

Tenglamaga tegishli koeffitsiyentlarni qo'yib chiqamiz:

$$3CH_2 = CH - CH_3 + 2KMnO_4 + H_2O = \underset{OH}{\overset{|}{3CH_2}} - \underset{OH}{\overset{|}{CH}} - CH_3 + 2KOH + 2MnO_2$$

*Javob:* **D** bo'ladi.

**16.4.** Tabiiy gazdan 46 kg chumoli kislota olish uchun talab etiladigan gaz hajmini ($m^3$, n.sh.) hisoblang.

A) 15,6; B) 18,5; C) 23,3; D) 26.

*Yechish.* Metanning yumshoq sharoitda oksidlanish reaksiya tenglamasi

$$2CH_4 + 2O_2 \rightleftarrows 2HCOOH + 2H_2O$$

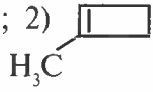
Tenglamadan 46 g chumoli kislota olish uchun 22,4 l kislorod talab etilishi ko'rinib turibdi. Nazariy jihatdan 46 kg kislota uchun 22,4 $m^3$ metan kerak. Tabiiy gazdan esa $V(CH_4)$= (tabiiy gaz): 0,96 dan V (tabiiy gaz)= $V(CH_4)$: 0,96 = 23,3 $m^3$ bo'ladi.

*Javobi:* **C** bo'ladi.

**16.5.** Tarkibi $C_5H_8$ bo'lgan yopiq zanjirli uglevodorodlarning izomerlari soni nechta bo'lishi mumkin?

A) 6; B) 7; C) 8; D) 9.

*Yechish.* Keltirilgan formula siklopentenga mos keladi. Uning izomerlari quyidagicha bo'lishi mumkin:

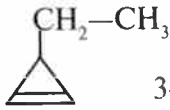
1)  siklopenten; 2)  1-metilsiklobuten-1;



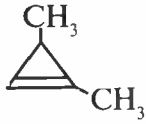
3)  2-metilsiklobuten-1;



4)  1-etilsiklopropen-1;

5)  3-etilsiklopropen-1;

6)  3,3-dimetilsiklopropen-1;

7)  2,3-dimetilsiklopropen-1;

8)  1,2-dimetilsiklopropen-1.

*Javob*: **C** bo'ladi.

## *17-BOB*. KISLORODLI ORGANIK BIRIKMALAR

### 17.1- §. To'yingan spirtlar

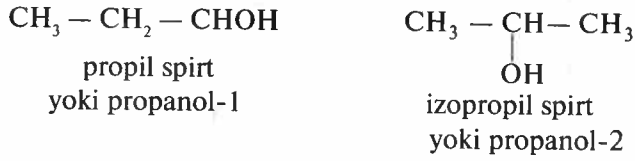
Uglerod, vodorod va kislorod atomlaridan tarkib topgan kislorodli organik birikmalarga spirtlar, fenollar, aldegidlar, ketonlar, karbon kislotalar, oddiy va murakkab efirlar, uglevodlar va b. kiradi. Ularning kimyoviy xossalari molekulalarida turli xil funksional gruppalar borligi bilan aniqlanadi.

***Spirtlar* — molekulalarida uglevodorod radikali bilan bog'langan bitta yoki bir nechta gidroksil gruppalar bo'ladigan organik birikmalardir.**

Ularni uglevodorodlarning molekulalaridagi bitta yoki bir necha vodorod atomlari o'rnini gidroksil gruppalar olgan hosilalari sifatida qarash mumkin.

**Spirtlarning nomenklaturasi va izomeriyasi.** Spirtlarning nomi radikallar nomiga, shuningdek, uglevodorodlar nomiga *-ol* qo'shimcha qo'shish (xalqaro nomi) bilan hosil qilinadi: $CH_3OH$ — metil spirt yoki metanol, $C_2H_5OH$ — etil spirt yoki etanol, $C_3H_7OH$ — propil spirt yoki propanol va h.k. Bu spirtlar gomologik qatorni hosil qiladi, chunki ular molekulalarining tarkibi jihatidan bir-biridan gomologik farq bilan farqlanadi. Gomologik qatorning umumiy formulasi $C_nH_{2n+1}OH$ yoki R — OH, bunda R — uglevodorod radikali.

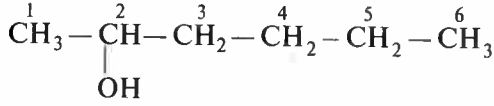
Gomologik qatorning uchinchi a'zosidan — propanoldan boshlab spirtlarda izomerlar paydo bo'ladi:



propil spirt
yoki propanol-1

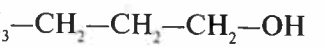
izopropil spirt
yoki propanol-2

Xalqaro nomenklaturaga muvofiq gidroksil gruppa qaysi uglerod atomi bilan bog'langanligi spirt nomidan keyin raqam bilan ko'rsatiladi, masalan:

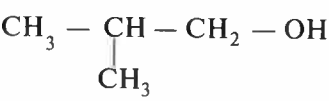


geksanol-2

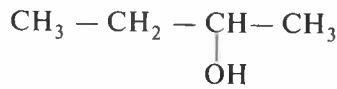
Spirtlarda izomerlar soni tegishli to'yingan uglevodorodlarnikiga qaraganda doimo ko'p bo'ladi. Masalan, butanning ikkita izomeri bor (normal butan va izobutan, 15.3-§), butil spirtniki — to'rtta:

1) 

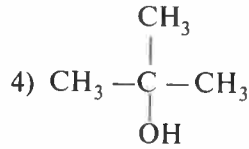
birlamchi butil spirt yoki
butanol-1 (qayn. t. 118 °C)

2) 

birlamchi izobutil spirt
yoki 2-metilpropanol-1
(qayn. tem. 108 °C)

3) 

ikkilamchi butil spirt yoki
butanol-2 (qayn. t. 100 °C)

4) 

uchlamchi butil spirt
yoki 2-metilpropanol-2
(qayn. tem. 85 °C)

Bu yerda „birlamchi", „ikkilamchi" va „uchlamchi" degan so'zlar bilan gidroksil gruppaning o'rni aniqlanadi. Ko'rinib turibdiki, spirtlarda izomerlar soni radikallarning tuzilishiga va gidroksil gruppaning joylashgan o'rniga bog'liq.

Agar spirt molekulasida bitta gidroksil gruppa bo'lsa, u holda spirt bir atomli, ikkita bo'lsa — ikki atomli, uchta bo'lsa — uch atomli deyiladi va h.k. Bir atomli, ikki atomli va uch atomli spirtlarning eng oddiy vakillari tegishlicha metanol, etilenglikol va glitserindir:

$H_3C-OH$
metanol

$H_2C-OH$
$H_2C-OH$
etilenglikol

$H_2C-OH$
$HC-OH$
$H_2C-OH$
glitserin

**Spirtlarning xossalari.** Quyi spirtlar — suyuqliklar, uglerod atomlarining soni 12 tadan ko'p bo'lgan yuqori spirtlar — qattiq moddalar. Spirtlarning hammasi suvdan yengil. Ularning molekular massasi ortishi bilan suvda eruvchanligi kamayadi. Metil va etil spirtlar suv bilan istalgan nisbatda aralashadi.

Spirtlarning molekulalari orasida vodorod bog'lanishlar (3.6- §) vujudga kelganligi sababli ular assotsilangan bo'ladi:

$$\begin{matrix} R & & R & & R \\ | & & | & & | \\ O-H\ldots & O- & H\ldots & O- & H\ldots \end{matrix} \quad \text{yoki } (R-OH)_n$$

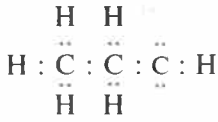
Spirtlar gomologik qatorining dastlabki a'zolari — suyuqliklar ekanligi va ularning qaynash temperaturasi nisbatan yuqoriligi molekulalarining assotsilanganligi bilan tushuntiriladi. Spirtlarning suvda yaxshi erishiga sabab, ularning molekulalari bilan suv molekulalari orasida vodorod bog'lanishlar hosil bo'lishidir. Gomologik qatorning keyingi a'zolarida eruvchanligining kamayishi uglevodorod radikalida uglerod atomlarining soni ko'payishi tufaylidir. Vodorod bog'lanishlar puxta emas (17 — 22 kJ/mol) va spirtlar bug'langanda oson uziladi.

Spirtlarning kimyoviy xossalariga ularning molekulalarida C—O va O—H qutbli kovalent bog'lanishlar borligi sabab bo'ladi. Spirtlar kimyoviy reaksiyalarga kirishganda shu bog'lanishlardan biri uziladi. Ikkala bog'lanish ham qutbli bo'lgani uchun ular ionli (geterolitik) mexanizm bo'yicha uzilib, organik anionlar yoki kationlar hosil qiladi:

$$R-O-H \rightleftarrows R-O^- - H^+ \text{ yoki } R-O-H \rightleftarrows R^+ + OH^-$$

Spirtlar ionlarga juda oz darajada dissotsilanadi, shu sababli spirtlar neytral reaksiya beradi—ularning ishtirokida lakmus yoki fenolftaleinning rangi o'zgarmaydi.

Masalan, etil spirtning elektron formulasidan



shunday xulosa chiqarish mumkin: kislorod atomini vodorod atomi bilan bog'laydigan elektronlar jufti elektrmanfiyroq atom bo'lgan kislorod atomi tomoniga siljigan. Vodorodning bu atomi spirt molekulasidagi boshqa vodorod atomlaridan farq qiladi, uning kislorod atomi bilan bog'lanishi uglerod hamda vodorod atomlari orasidagi bog'lanishga qaraganda bo'shroqdir. Shu sababli gidroksil gruppa vodorodining o'rnini osongina metall olishi mumkin.

Haqiqatan ham, spirtlar natriy yoki kaliy metali bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi hamda vodorod ajratib chiqaradi va *alkogolatlar* hosil qiladi:

$$2C_2H_5OH+2Na \rightleftarrows 2C_2H_5ONa+H_2$$

natriy etilat

Alkogolatlar — beqaror moddalar bo'lib, suv ta'sirida spirt bilan ishqorga ajraladi:

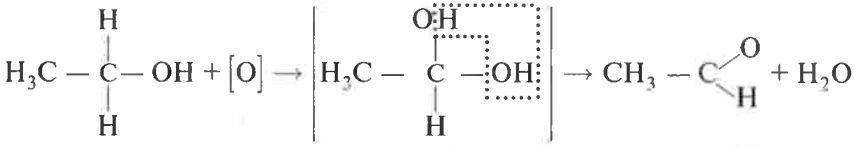
$$C_2H_5ONa+H_2O \rightleftarrows C_2H_5OH+NaOH$$

Bir atomli spirtlar ishqorlar bilan qaytar reaksiyaga kirishadi:

$$C_2H_5OH+NaOH \rightleftarrows C_2H_5ONa+H_2O$$

Bunda muvozanat spirt bilan ishqor tomoniga juda siljigan bo'ladi. Lekin ma'lum sharoitlarda (masalan, suv yo'qotib turilganda) uni alkogolat tomonga siljitish mumkin. Sanoatda natriy etilatning olinishi ana shunga asoslangan.

Spirtlar $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ kabi oksidlovchilar ta'sirida, katalizatorlar (platina, mis) ishtirokida havo kislorodi ta'sirida ancha oson oksidlanadi. Bunda gidroksil gruppaning ta'siri bilinadi; chunonchi, kislorod OH gruppa bilan bog'langan uglerod atomiga birikadi:

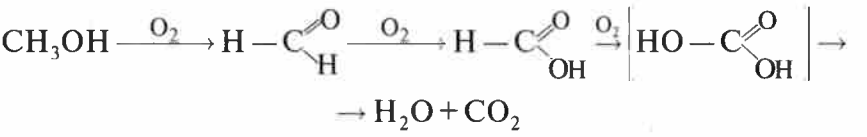


Bunda bitta uglerod atomida ikkita gidroksil gruppasi bor spirt oraliq mahsulot bo'ladi. Bunday spirtlar beqaror va aldegid bilan suvga ajralib ketadi.

Ko'pchilik boshqa organik birikmalar singari spirtlar ham yonadi. Masalan:

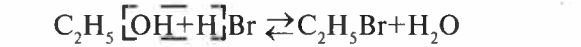
$$2CH_3OH+3O_2 \rightarrow 2CO_2+4H_2O$$

Yonishni eng ko'p darajada oksidlanish deb tasavvur qilish mumkin. U holda metil spirtning oksidlanishini ushbu sxema bilan ifodalasa bo'ladi:



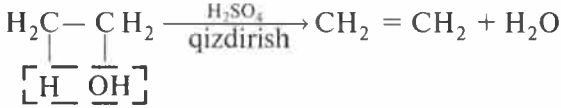
$$\rightarrow H_2O + CO_2$$

Spirtlar vodorod galogenidlar bilan reaksiyaga kirishadi:

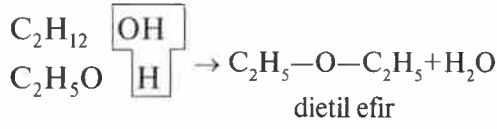


Bu reaksiyada funksional gruppa o'rnini brom oladi. Reaksiya qaytar: ishqor ishtirokida muvozanat boshlang'ich moddalar tomoniga, kislota mo'l bo'lganida esa — oxirgi moddalar tomoniga siljiydi.

Spirtlarning muhim xossasi — ularning *degidratlanish* (suvini yo'qotish) xususiyatidir. Spirt suvni tortib oluvchi moddalar, masalan, konsentrlangan sulfat kislota bilan qizdirilganda (>140 °C) degidratlanadi:



Bu holda suv molekulasi spirtning bitta molekulasidan ajralib chiqdi. Boshqa sharoitlarda (spirt ko'p bo'lganda va ancha past temperaturada) suvning molekulasi spirtning ikkita molekulasidan ajralib chiqadi, natijada oddiy efir hosil bo'ladi:



dietil efir

***Oddiy efirlar* — molekulasi kislorod atomi bilan birikkan uglevodorod radikallaridan tarkib topgan organik moddalardir: R'—O—R"** , bunda **R' va R" — bir xil yoki turli xil radikallar.**

Dietil efir — ko'pchilik organik moddalarni yaxshi erituvchi, gazlamalarni tozalashda, tibbiyotda — xirurgik operatsiyalarda ishlatiladi, chunki og'riqsizlantirish ta'siri bor.

Bir atomli spirtlarning alohida vakillaridan metanol bilan etanolni, ikki atomlilardan — etilenglikolni, uch atomlilardan — glitserinni ko'rib chiqamiz.

## 17.2- §. Metanol va etanol

**Metil spirt.** Metil spirt (boshqacha nomlari: metanol, karbinol, yog'och spirti) — eng oddiy bir atomli spirt, rangsiz suyuqlik. Kuchli zahar (ozroq ichilganda ko'zni ko'r qiladi, ko'pi — o'ldiradi). Hozirgi olinish usuli — uglerod (II) oksid bilan vodoroddan katalitik sintez qilish (temperatura 250 °C, bosim 7 MPa, katalizator — rux va mis (II) oksidlar aralashmasi)yo'li bilan sodir bo'ladi:

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[250\ ^\circ C,7\ MPa]{ZnO,CuO} CH_3OH$$

Ilgari metanol yog'ochni quruq haydab olinar edi („yog'och spirti" degan nomi shundan kelib chiqqan). U erituvchi sifatida va turli xil organik sintezlarda — formaldegid, ba'zi bo'yoqlar, fotoreaktivlar, farmatsevtika preparatlari olishda ishlatiladi.

**Etil spirt.** Etil spirt, boshqacha aytganda etanol — rangsiz suyuqlik. 78,3 °C da qaynaydi, — 114 °C da muzlaydi. Salgina shu'lalanadigan alanga berib yonadi.

Etil spirt shakarli moddalarni achitqilar ishtirokida bijg'itish yo'li bilan olinadi. Bijg'itishning mohiyati shundan iboratki, kraxmaldan olinadigan glukoza, ya'ni uzum shakari $C_6H_{12}O_6$ fermentlar ta'sirida spirt bilan uglerod (IV) oksidga ajraladi. Bu murakkab ko'p bosqichli jarayonning umumiy natijasi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Spirt ishlab chiqarishda kraxmalga boy tabiiy mahsulotlar: kartoshka, bug'doy va b. boshlang'ich material sifatida ishlatiladi. Hozirgi vaqtda etil spirt ovqat bo'lmaydigan mahsulotlardan ham olinmoqda. Uni yog'och chiqindilaridan olish keng rivojlangan: bunda yog'och glukozaga (17.18- § ga q.), glukoza — spirtga aylanadi.

Etil spirt olishning eng yangi usuli neftni krekinglashda ko'plab miqdorlarda olinadigan etilenni gidratlash reaksiyasiga asoslangan:

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3{-}CH_2OH$$

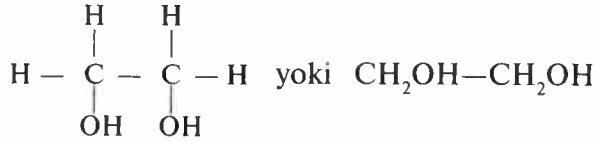
Reaksiya 260 — 300 °C temperatura, 7,5 — 10 MPa bosimda va kislotali katalizatorlar (kadmiy, mis, kobalt tuzlari qo'shilgan alumosilikat bilan fosfat kislotaning aralashmasi) ishtirokida boradi. Kelajakda spirtni ovqat bo'lmaydigan mahsulotdan — yog'ochdan va neftni qayta ishlash gazlaridan olishga batamom o'tiladi.

Etil spirt — xalq xo'jaligi ehtiyojlari uchun juda zarur mahsulot. U sintetik kauchuk olish va plastmassalar ishlab chiqarishda ko'plab miqdorlarda sarflanadi. Etanoldan atir, dori-darmon, bo'yoqlar tayyorlashda erituvchi sifatida, shuningdek, anatomik preparatlarni konservalashda foydalaniladi. U ko'pchilik organik moddalarni: dietil efir, bo'yoqlar, sirka kislota, tutunsiz o'q-dori va b. olishda ishlatiladi. Etil spirt bilan benzinning aralashmasidan ichki yonuv dvigatellari uchun yonilg'i sifatida foydalanish mumkin. U ko'pincha denaturlanadi, ya'ni ichishga yaroqsiz qilish uchun spirtga boshqa moddalar va bo'yoqlar qo'shiladi.

## 17.3- §. Etilenglikol va glitserin

**Etilenglikol.** Etilenglikol — to'yingan ikki atomli spirtlar — glikollarning vakilidir. Glikollar qatorining umumiy formulasi $C_nH_{2n}(OH)_2$. Uning ko'pchilik vakillari shirin ta'mli bo'lgani uchun ham glikollar degan nom berilgan (grekcha „glikos" — shirin).

Etilenglikol (o'rinbosar nomenklaturaga ko'ra — etandiol - 1,2) — shirin ta'mli, sharbatsimon suyuqlik, hidsiz, zaharli. Suv va spirt bilan yaxshi aralashadi, gigroskopik. Uning struktura formulasi.



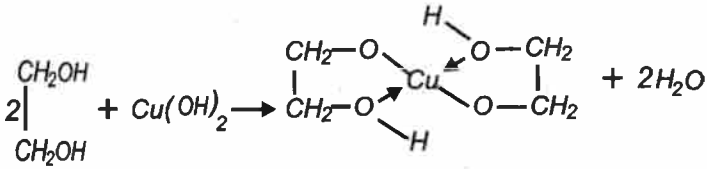

yoki $CH_2OH—CH_2OH$

Etilenglikolning kimyoviy xossalari, asosan, bir atomli spirtlarning xossalariga muvofiq keladi. Bunda reaksiyalar bitta gidroksil gruppada ham, ikkala gidroksil gruppada ham borishi mumkin. Masalan, etilenglikol ishqoriy metallar bilan chala va to'liq glikolatlar hosil qiladi:

$$2\,|\begin{matrix}CH_2OH\\CH_2OH\end{matrix} + 2Na \rightarrow 2\,|\begin{matrix}CH_2ONa\\CH_2OH\end{matrix} + H_2$$

$$2\,|\begin{matrix}CH_2ONa\\CH_2OH\end{matrix} + 2Na \rightarrow 2\,|\begin{matrix}CH_2ONa\\CH_2ONa\end{matrix} + H_2$$

Bir atomli spirtlardan farq qilib, etilenglikol mis (II) gidroksid bilan oson reaksiyaga kirishadi va ochiq ko'k rangli mis glikolat hosil qiladi:



mis glikolat

Mis glikolat — murakkab (kompleks) birikma (donor-akseptorli mexanizm bo'yicha kimyoviy bog'lanishlar hosil bo'lishi strelka bilan ko'rsatilgan).

Etilenglikol o'yuvchi ishqorlar bilan ham reaksiyaga kirishadi:

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + 2NaOH \rightarrow \begin{matrix} CH_2ONa \\ | \\ CH_2ONa \end{matrix} + 2H_2O$$

Etilenglikol etilenni kaliy permanganat eritmasi bilan oksidlab olinadi:

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O + [O] \rightarrow \begin{matrix} CH_2{-}CH_2 \\ | \quad | \\ OH \quad OH \end{matrix}$$

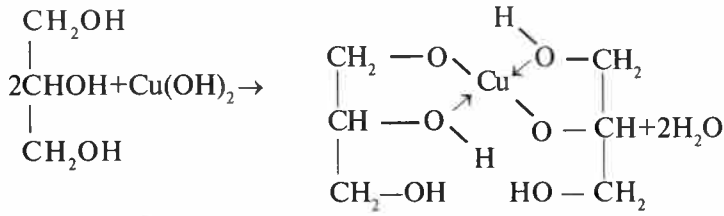
uni uglevodorodlarning digalogenli hosilalariga ishqorning suvdagi eritmasi bilan ishlov berish orqali ham olish mumkin:

$$\begin{matrix} CH_2{-}CH_2 \\ | \quad | \\ Cl \quad Cl \end{matrix} + 2NaOH \rightarrow \begin{matrix} CH_2{-}CH_2 \\ | \quad | \\ OH \quad OH \end{matrix} + 2NaCl$$

Etilenglikolning suvdagi va spirtdagi eritmalari past temperaturada muzlamaydigan eritmalar sifatida aviatsiya va avtomobil motorlarining radiatorlarida qishda suv o'rniga ishlatiladi va *antifrizlar* deyiladi. Etilenglikol ko'pchilik hollarda glitserin o'rnida ham ishlatilishi mumkin. Keyingi vaqtlarda lavsan — qimmatli sintetik tola olish uchun ham ishlatilmoqda.

**Glitserin.** Glitserin — uch atomli to'yingan spirtlarning — *glitserinlarning* eng oddiy vakili. U rangsiz, qovushqoq, shirin, gigroskopik suyuqlik. Suv bilan istalgan nisbatda aralashadi. Ko'pchilik moddalarni yaxshi eritadi.

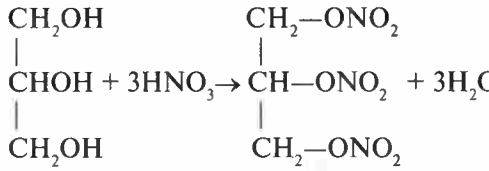
Kimyoviy xossalari jihatidan glitserin (o'rinbosar nomenklaturaga ko'ra propantriol-1,2,3) etilenglikolga juda yaqin. Masalan, glitserin mis (II) gidroksid bilan ochiq ko'k rangli mis glitserat hosil qiladi:



mis glitserat

Bu ko'p atomli spirtlarga — etilenglikol, glitserin va ularning gomologlariga sifat reaksiyadir.

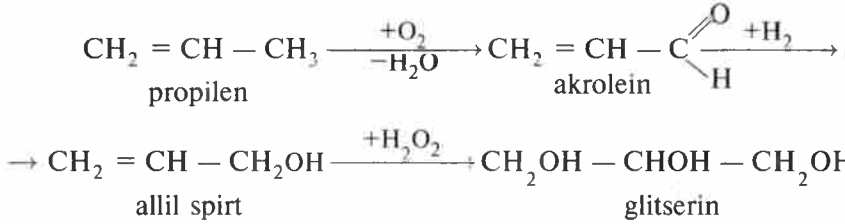
Glitserinning nitrat kislota bilan o'zaro ta'sirlashib, nitroglitserin hosil qilish reaksiyasi katta ahamiyatga ega:



Nitroglitserin* — og'ir, moysimon suyuqlik, portlovchi modda (salgina qalqitish va qizdirish bilan portlaydi). Lekin uning spirtdagi eritmalari portlamaydi.

Karbon kislotalar bilan glitserin murakkab efirlar — yog'lar va moylar hosil qiladi (17.14- §).

Glitserin yog'lardan, shuningdek, sintetik yo'l bilan — neftni krekinglash gazlaridan (propilendan), ya'ni ovqat bo'lmaydigan xomashyodan olinadi. Uning sanoatda sintetik yo'l bilan ishlab chiqarilishini ushbu sxema bilan ko'rsatish mumkin:



Glitserin nitroglitserin (portlovchi modda) ishlab chiqarish, antifrizlar tayyorlashda, kosmetika (terini yumshatuvchi vosita),

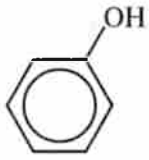
*Tarixiy tarkib topgan nitroglitserin, shuningdek, dinitroglikol degan nomlar aniq emas: nitrobirikmalarda nitrogruppa uglerod atomiga bevosita birikkan bo'ladi (18.1- § ga q).

ko'n sanoatida ishlatiladi. Nitroglitserinning spirtdagi bir protsentli eritmasidan yurak kasalliklarida dori-darmon sifatida foydalaniladi (qon tomirlarini kengaytiradi).

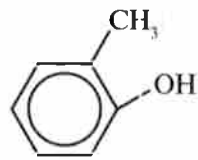
## 17.4- §. Fenollar

**Fenollar – molekulasida gidroksil gruppalar benzol yadrosi bilan bog'langan organik birikmalardir.**

Ular aromatik uglevodorodlarning hosilalari hisoblanadi, masalan:




fenol

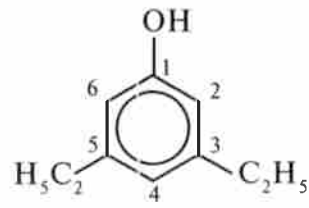



metilfenol yoki krezol

Molekulasida bitta gidroksil gruppa bo'ladigan fenollar bir atomli, ikkitalisi – ikki atomli, uchtalisi – uch atomli deyiladi.

Fenollarning nomenklaturasini tuzishda benzol halqasidagi uglerod atomlarini 1 dan 6 gacha bo'lgan raqamlar bilan belgilash qabul qilingan, bunda raqam qo'yish gidroksil gruppa bilan bog'langan uglerod atomidan boshlanadi, masalan:

Eng oddiy fenol $C_6H_5OH$ *fenol* yoki karbol kislota deyiladi. Fenol – o'ziga xos o'tkir hidli, rangsiz kristall modda. Saqlab qo'yilganda u havo kislorodi ta'sirida asta-sekin oksidlanib, pushti rangga kiradi. Fenol 42,3 °C da suyuqlanadi. 182 °C da qaynaydi; suvda qisman (100 g suvda 6 g) eriydi; kuchli antiseptik xossasi, ya'ni ko'pchilik mikroorganizmlarni o'ldirish xususiyati bor, ancha zaharli. Teriga tekkanida kuydirib, qavariq va yaralar hosil qiladi.




3,5- dietilfenol

Kimyoviy xossalari jihatidan fenollar spirtlardan farq qiladi. Bunday farq fenol molekulasida gidroksil gruppa bilan *fenil* ($C_6H_5-$) deyiladigan benzol yadrosining bir-biriga ta'sir etishi tufayli yuzaga keladi. Bu ta'sirning mohiyati shundan iboratki, benzol yadrosining $\pi$- elektronlari gidroksil gruppadagi kislorod atomining bo'linmagan elektronlar juftini qisman o'z doirasiga tortadi. Bu, o'z navbatida, O–H bog'lanishning elektron zichligini

vodoroddan kislorodga tomon yana siljitadi, vodorod kislota xossali, harakatchan va reaksiyaga kirishuvchan bo'lib qoladi.

Shunday qilib, fenil ta'sirida gidroksil gruppadagi vodorod atomining kislorod bilan bog'lanishi susayadi, bu esa vodorod ionlarining qisman ajralib chiqishiga olib keladi. Fenol kuchsiz kislota (karbonat kislotadan kuchsizroq) xossalarini namoyon qiladi. Shuning uchun u faqat natriy va kaliy metallari bilangina emas, balki o'yuvchi ishqorlar bilan ham oson reaksiyaga kirishadi* va suvdagi eritmalarda barqaror bo'lgan fenolat hosil qiladi:

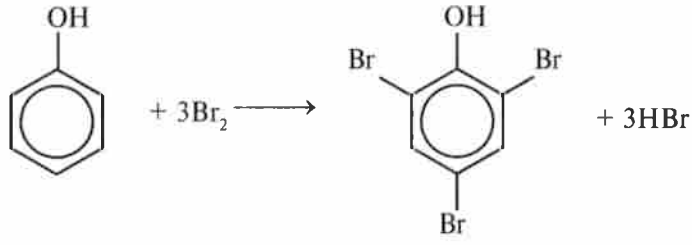
$$2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow \underset{\text{natriy fenolat}}{2C_6H_5ONa} + H_2$$

$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$$

Fenolning kislotali xossalari juda kuchsiz ifodalangani sababli fenolatlar (fenolning tuzlari) mineral kislotalar, shu jumladan, karbonat kislota ta'sirida oson parchalanadi:

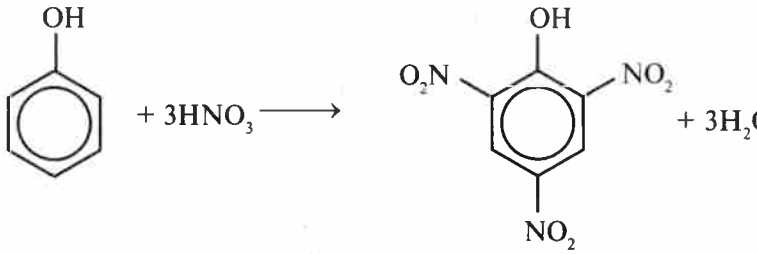
$$C_6H_5ONa + CO_2 + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + NaHCO_3$$

Molekulada atomlar bir-biriga ta'sir etadi. Gidroksil gruppa, o'z navbatida, benzol halqasiga ta'sir etadi, natijada benzolning vodorod atomlari yanada harakatchanroq bo'lib qoladi va o'z o'rnini boshqa atom va radikallarga oson beradi. Masalan, fenol qizdirilmaganda va katalizatorsiz ham brom va nitrat kislota bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi va uchta vodorodi almashingan hosilalar (2, 4 va 6- holatlarda) hosil qiladi:




2, 4, 6 -tribromfenol

*Xuddi shunday sharoitda bir atomli to'yingan spirtlar amalda ishqorlar bilan reaksiyaga kirishmaydi – muvozanat boshlang'ich moddalar tomon siljigan bo'ladi (17.1- §).



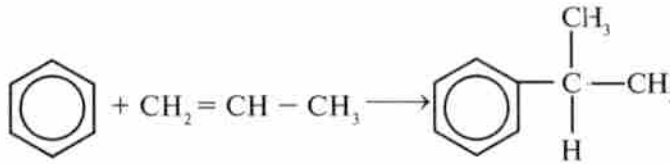

2, 4, 6 -trinitrofenol

Benzol esa brom va nitrat kislota bilan faqat qizdirilganda va katalizator ishtirokida reaksiyaga kirishadi.

Gidroksil gruppa ta'sirida fenolning formaldegid bilan reaksiyaga kirishi osonlashadi (17.8-§ ga q.).

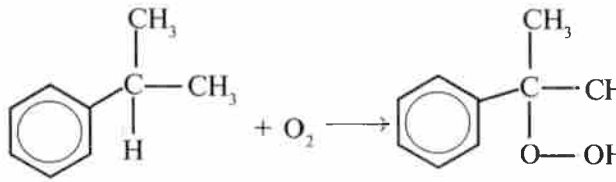
Fenol ko'p miqdorlarda ikki usul bilan: ko'mirni quruq haydashda hosil bo'ladigan toshko'mir smolasidan va asosiy qismi – benzol va propilendan sintetik yo'l bilan („kumol usuli") olinadi.

Dastlab benzol bilan propilendan izopropilbenzol (kumol) olinadi:

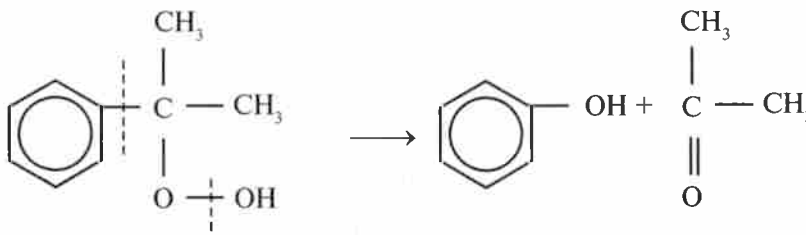



kumol

Kumol – rangsiz suyuqlik, suvdan yengil, qayn. t. 15 °C. So'ngra kumol suyuq fazada havo kislorodi bilan katalitik oksidlanadi:




Hosil bo'lgan birikma (kumol gidroperoksid) sulfat kislota ta'sirida fenol bilan asetonga ajraladi:



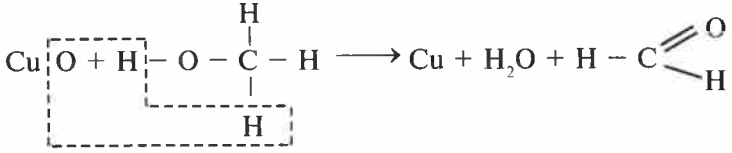
Shunday qilib, benzol bilan propilendan ikkita qimmatli mahsulot – fenol bilan aseton olinadi. Kumol kauchuklar olish uchun foydalaniladigan α - metilstirol olishda boshlang'ich modda sifatida ham ishlatiladi.

Fenol kuchli antiseptik sifatida dezinfeksiyalovchi modda tariqasida ishlatiladi. U ayniqsa plastik massalar – fenoplastlar olish uchun ko'p sarflanadi. Fenol dori-darmonlar, fotografiya ochiltirgichlari va bo'yoqlar ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

## 17.5- §. Aldegidlar

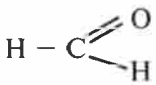
**Molekulasida funksional gruppa** $-C\overset{O}{\underset{H}{<}}$ **bo'lgan organik birikmalar *aldegidlar* deyiladi.**

Ularni spirtlarning oksidlanish mahsulotlari sifatida qarash mumkin. Masalan, metil spirtni mis (II) oksid bilan oksidlash orqali eng oddiy aldegid olinadi:

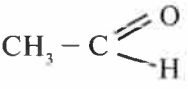


Bu reaksiyada mis (II) oksid molekulasi spirt molekulasidan ikki atom vodorodni tortib oladi.

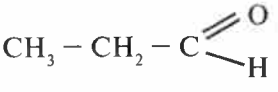
Aldegidlar oksidlanganida qaysi kislotaga aylansa, ularning nomi shu kislotaning nomidan hosil qilinadi. Ularni uglerod zanjiridagi atomlar soni to'g'ri keladigan uglevodorod nomiga *al* - qo'shimchasini qo'shib ham hosil qilish mumkin. Masalan:



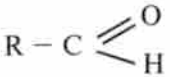
formaldegid yoki chumoli aldegid, yoki metanal



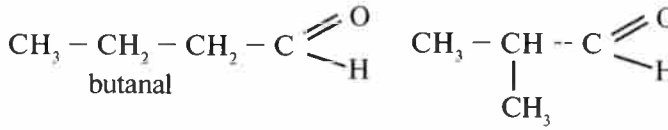
sirka aldegid yoki etanal



propion aldegid yoki propanal



Bu to'yingan aldegidlar gomologik qatorining umumiy formulasidir (birinchi gomologida R o'rnida vodorod atomi H bo'ladi). Aldegidlarning izomeriyasi faqat aldegid gruppa bilan birikkan radikallar izomeriyasiga bog'liq. Masalan, $C_4H_8O$ formulaga ikkita aldegid muvofiq kelishi mumkin:

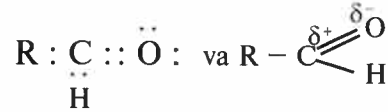


butanal

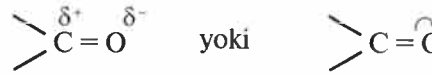
2-metilpropanal

Atomlar gruppasi C = O *karbonil gruppa* yoki *karbonil* deyiladi.

Aldegidlarning kimyoviy xossalari ularning elektron tuzilishi bilan tushuntiriladi, bunday tuzilishni ushbu formulalar bilan ifodalash mumkin:



Aldegid molekulasida uglerod bilan kislorod atomlari orasidagi bog'lanishni elektronlarning ikkita jufti amalga oshiradi. Bog'lanishning elektron buluti elektrmanfiyroq atom bo'lgan kislorod atomiga tomon siljigan, natijada u qisman manfiy zaryadli ($\delta -$) bo'lib qolgan. Shu bilan birga, karbonil uglerodidan elektronlar uzoqlashgani sababli u qisman musbat zaryadli ($\delta +$) bo'lib qoladi. Odatda, bu shunday sxemalar bilan tasvirlanadi:



Shunday qilib, >C=O gruppa kuchli qutblangan, bu esa molekulasida karbonil gruppa bor organik birikmalarning reaksiyaga kirishish xususiyati kuchliligiga sabab bo'ladi: bir tomondan, kislorod atomi karbonil gruppa bilan bog'langan vodorod atomiga ta'sir ko'rsatadi, natijada u oson oksidlanadi; ikkinchi tomondan, karbonil gruppa >C=O ga biriktirib olish va polimerlanish reaksiyalari xosdir.

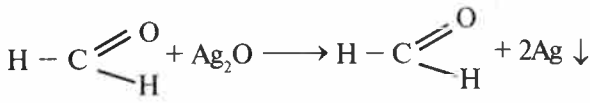
Aldegidlarning xossalari ularning dastlabki ikkita gomologi: formaldegid va asetaldegid misolida ko'rib chiqiladi.

## 17.6- §. Formaldegid

**Molekulasining tuzilishi va xossalari.** Formaldegid – o'tkir bo'g'uvchi hidli rangsiz gaz, zaharli. U suvda yaxshi eriydi. Formaldegidning suvdagi 40% li eritmasi *formalin* deyiladi.

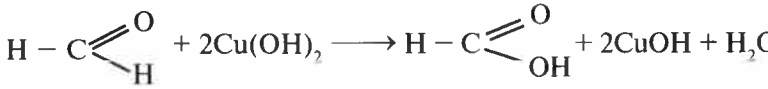
Kimyoviy xossalari jihatidan formaldegid – ancha reaksiyaga kirishuvchan modda. Unga oksidlanish va biriktirib olish (shu jumladan, polikondensatlanish ham) reaksiyalari xos.

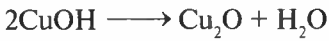
Oksidlanish reaksiyalari juda oson boradi — aldegidlar ko'pchilik birikmalardan kislorodni tortib oladi. Masalan, formaldegid kumush oksid $Ag_2O$ ning ammiakdagi eritmasi (kumush oksid suvda erimaydi) bilan qizdirilganda formaldegid oksidlanib, chumoli kislota HCOOH ga aylanadi va kumush qaytariladi:



Kumush idish devorlarida yupqa gard holida ajralib chiqib, ko'zgu hosil qiladi – bu jarayon *„kumush ko'zgu" reaksiyasi* deyiladi. „Kumush ko'zgu" hosil bo'lishi aldegid gruppaga sifat reaksiyasi hisoblanadi.

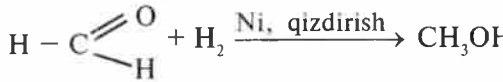
Aldegidlar mis (II) gidroksidni mis (I) gidroksidgacha qaytaradi, so'ngra u to'q sariq rangli mis (I) oksidga aylanadi. Reaksiya qizdirilganda boradi:





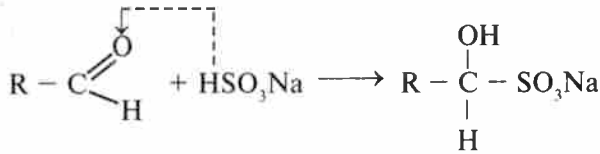
Bu reaksiyadan ham aldegidlarni aniqlashda foydalanish mumkin.

Biriktirib olish reaksiyalari aldegidning karbonil gruppasidagi qo'shbog'ning uzilishi hisobiga boradi. Formaldegid bilan vodorod aralashmasi qizdirilgan katalizator – nikel kukuni ustidan o'tkazilganda aldegid qaytarilib, spirtga aylanadi:



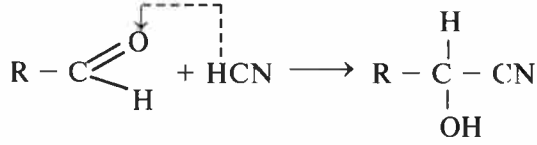
Formaldegid ammiak, natriy gidrosulfit va boshqa birikmalarni ham biriktirib oladi. Bunda karbonil gruppaning kislorodiga doimo vodorod atomi birikadi, molekulaning qolgan qismi esa uglerod atomiga birikadi.

Gidrosulfitlarning biriktirib olinishini ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

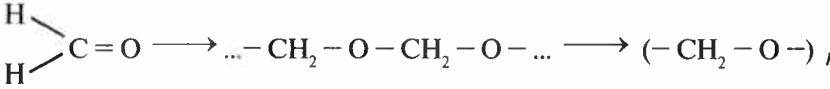


Bu reaksiya aldegidlarni boshqa moddalar bilan aralashmasidan ajratib olish va ularni toza holda olish uchun qo'llaniladi.

Aldegidlarga sianid kislotaning birikishini ushbu tenglama bilan tasvirlash mumkin:



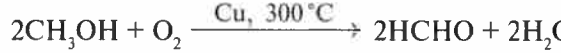
Formaldegid polimerlanganda chiziqsimon tuzilishli makromolekulalar hosil qiladi:



Poliformaldegiddan tayyorlangan buyumlar metalldan yasalgan detallar o'rniga ishlatiladi.

Polikondensatlanish reaksiyalari haqida 17.8-§ ga q.

**Olinishi**. Sanoatda formaldegid metanoldan olinadi, buning uchun spirt bug'lari havo bilan birgalikda 300 °C gacha qizdirilgan mis katalizator ustidan o'tkaziladi:



Sanoatda formaldegid olishning yana bir muhim usuli metanni katalizator sifatidagi ozroq azot oksidlari ishtirokida 400 – 600 ° C da havo bilan oksidlashdir:



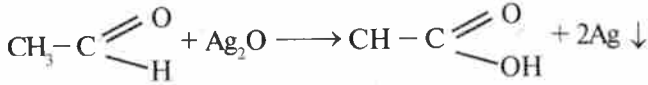
**Ishlatilishi**. Formaldegid ko'p miqdorlarda fenolformaldegid smolalar ishlab chiqarishda (17.8-§ ga q.) ishlatiladi. U bo'yoqlar, sintetik kauchuk, dori-darmonlar, portlovchi moddalar va b. ishlab chiqarishda boshlang'ich modda bo'lib xizmat qiladi.

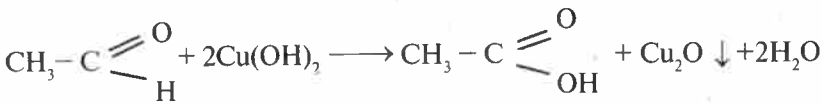
Formalin oqsilga ta'sir etganda uni zich, suvda eritmaydigan qilib qo'yadi va, asosiysi, chirishdan saqlaydi. Shu sababli u teriga ishlov berishda, shuningdek, anatomik preparatlarni konservalashda ishlatiladi. Formalin qishloq xo'jaligida zararkunandalarning lichinkalarini yo'qotish maqsadida urug'larni dorilashda ishlatiladi. U binolarni, jarrohlik asboblarini dezinfeksiyalashda ham ishlatiladi.

## 17.7- §. Asetaldegid

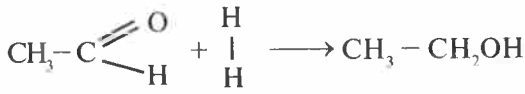
Asetaldegid, boshqacha aytganda sirka aldegid, ya'ni etanal — o'tkir hidli, rangsiz suyuqlik, suvda yaxshi eriydi, qayn. t. 21 °C.

Kimyoviy xossalari jihatidan asetaldegid formaldegidga o'xshaydi: uning uchun ham oksidlanish va biriktirib olish reaksiyalari xos. „Kumush ko'zgu" va mis (I) oksid bilan reaksiyalarni quyidagi tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

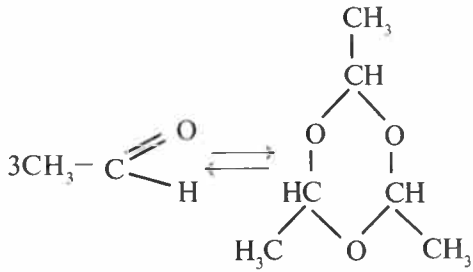




Asetaldegidga vodorodning birikishi formaldegidga birikishi kabi sharoitlarda boradi:



Kislotalar ta'sir ettirilganda va uzoq vaqt qo'yib qo'yilganda asetaldegid oson polimerlanadi va trimerga — paraldegidga aylanadi:



Paraldegid — suyuqlik, 12 °C da kristall massa bo'lib qotadi, suyultirilgan mineral kislotalar ishtirokida qizdirilganda esa asetaldegidga aylanadi. Paraldegid uyqu keltiruvchi kuchli vosita hisoblanadi.

Sanoatda asetaldegid asetilendan Kucherov reaksiyasi (16.8-§) asosida olinadi. Etilenni bevosita oksidlab sirka aldegidga aylantirish usuli ham ishlab chiqilgan: reaksiya katalizator — $PdCl_2$ bilan $Cu_2Cl_2$ aralashmasi ishtirokida, 1 MPa bosim va 100°C temperaturada boradi:

$$CH_2 = CH_2 \xrightarrow{[O]} CH_3 - C\overset{O}{\underset{H}{}}$$

Sirka aldegid asosan sirka kislota olishda, shuningdek, ba'zi organik sintezlarda ishlatiladi.

Molekulasida 7 tadan 16 tagacha uglerod atomlari bo'lgan yuqori aldegidlar xushbo'y bo'lganligi sababli atir-upa sanoatida keng ko'lamda ishlatiladi.

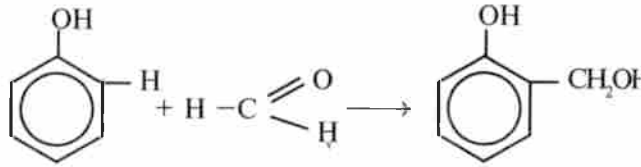
## 17.8- §. Polikondensatlanish reaksiyalari

***Polikondensatlanish*** **— bu quyi molekular moddalardan yuqori molekular birikmalar hosil bo'lish jarayoni bo'lib, unda qo'shimcha modda (suv, ammiak, vodorod xlorid va b.) ajralib chiqadi.**

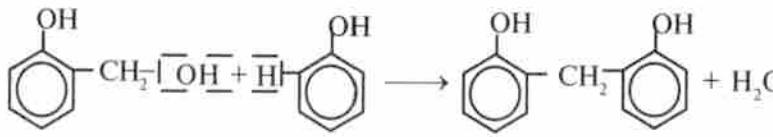
Ma'lumki, polikondensatlanishdan farq qilib, polimerlanishda qo'shimcha moddalar ajralib chiqmaydi. Polikondensatlanish mahsulotlari ham (qo'shimcha moddalardan tashqari) polimerlanish mahsulotlari kabi polimerlar deyiladi.

Polikondensatlanish reaksiyalarida zanjir asta-sekin o'sib boradi: dastlab boshlang'ich monomerlar bir-biri bilan reaksiyaga kirishadi, so'ngra hosil bo'lgan birikma o'sha monomerlarning molekulalari bilan navbatma-navbat reaksiyasiga kirishadi va natijada polimer birikma hosil bo'ladi. Polikondensatlanish reaksiyasiga plastmassalar tayyorlash uchun ishlatiladigan fenolformaldegid smolalarning hosil bo'lishi misol bo'la oladi. Reaksiya katalizatorlar ishtirokida (kislota yoki ishqor) qizdirish bilan boradi.

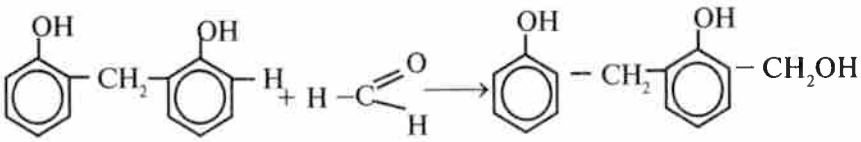
Fenol molekulasida vodorod atomlari harakatchan (ayniqsa, 2,4 va 6-holatlardagi), aldegidning karbonil gruppasi >C=O esa biriktirib olish reaksiyalariga kirishuvchan bo'lgani uchun dastlab fenol bilan formaldegid o'zaro ta'sirlashadi:



Hosil bo'lgan birikma keyin fenol bilan reaksiyaga kirishadi va suv molekulasini ajratib chiqaradi:



Yangi birikma formaldegid bilan reaksiyaga kirishadi:



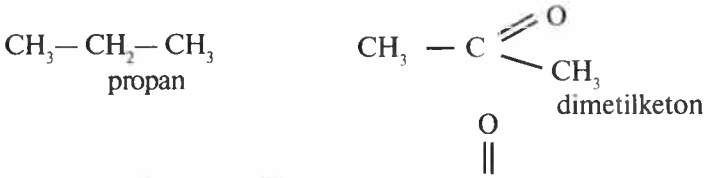
Bu birikma fenol bilan, so'ngra yana formaldegid bilan kondensatlanadi va h.k.

Fenolning formaldegid bilan katalizatorlar ishtirokida polikondensatlanishi natijasida fenolformaldegid smolalar hosil bo'ladi, ulardan plastmassalar — fenoplastlar (bakelitlar) olinadi. Fenoplastlar — sanoatning ko'pchilik tarmoqlarida rangli va qora metallar o'rnida ishlatiladigan juda muhim materiallardir. Ulardan ko'p miqdorda keng iste'mol buyumlari, elektr izolatsiya materiallari va qurilish detallari tayyorlanadi.

## 17.9- §. Ketonlar

**Molekulalarida ikkita uglevodorod radikali bilan bog'langan karbonil gruppa >C= O bo'lgan organik birikmalar *ketonlar* deyiladi.**

Ularni uglevodorodlarning ikkilamchi uglerod atomidagi ikkita vodorod atomi o'rnini kislorod atomi olgan hosilalari sifatida qarash mumkin. Masalan:




Ketonlarning umumiy formulasi R—C(=O)—R′, R va R′ radikallar turli xil va bir xil bo'lishi mumkin.

Ketonlarning nomi ularning molekulasiga kirgan radikallarning nomiga *keton* so'zini qo'shib yoki tegishli uglevodorodlar nomiga *-on* suffiksini qo'shib hosil qilinadi. Masalan:

$CH_3—CO—CH_3$— dimetilketon yoki propanol, yoki aseton.

$CH_3—CO—CH_2—CH_2—CH_3$ — metilpropilketon yoki pentanon-2.

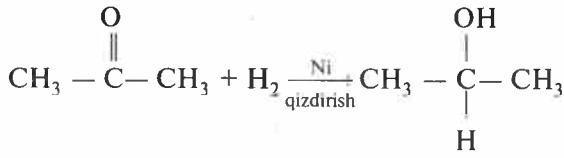
Ketonlarning xossalari ularning birinchi gomologi — aseton misolida ko'rib chiqiladi.

**Aseton.** Aseton (demetilketon, propanol) — o'ziga xos hidli, rangsiz, yonuvchan suyuqlik. Qayn. t. 56,2 °C. Suvda, spirtda va

efirda yaxshi eriydi. Eng ko'p foydalaniladigan organik erituvchi yog'lar, smolalar va ko'pchilik boshqa organik moddalarni yaxshi eritadi.

Barcha ketonlar kabi aseton ham „kumush ko'zgu" reaksiyasini bermaydi, polimerlanmaydi. Shu bilan u aldegidlardan farq qiladi.

Formaldegid vodorodni biriktirgan sharoitda aseton ham vodorodni biriktirib oladi:



Bu holda ham vodorod karbonil gruppaning qo'shbog'i uzilishi tufayli birikadi. Aseton natriy gidrosulfitni va sianid kislotani ham biriktirib oladi.

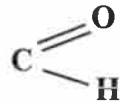
Aseton erituvchi sifatida sanoatning ko'pchilik tarmoqlarida (sun'iy ipak, tutunsiz o'q-dori, kinoplyonka, loklar, dori-darmonlar va b. ishlab chiqarishda) ishlatiladi. U ko'pchilik organik birikmalarni sintez qilishda boshlang'ich modda sifatida ishlatildi.

Aseton ko'p miqdorlarda turli usullar bilan: yog'ochni quruq haydashda, kalsiy asetatni parchalash yo'li bilan, „kumol" usuli bilan (17.4-§), izopropil spirtni oksidlash, asetilenni suv bug'i bilan gidratlash orqali olinadi. Asetilenni gidratlashda reaksiya 400 — 460 °C da tarkibida temir va marganes oksidlari bo'lgan katalizator ustida sodir bo'ladi:

$$2CH \equiv CH + 3H_2O \rightarrow CH_3—CO—CH_3 + 2H_2 + CO_2$$

Yuqorida aytib o'tilgan usullardan oxirgi ikkitasi eng tejamli va afzal usullar hisoblanadi.

## 17.10- §. Karbon kislotalar

**Molekulasida funksional karboksil gruppa (karboksil)**  **bo'lgan organik birikmalar *karbon kislotalar* deyiladi.**

Karboksil degan nom *karbonil* va *gidroksil* so'zlaridan kelib chiqqan.

Agar molekulada bitta karboksil gruppa bo'lsa, kislota bir asosli, ikkita bo'lsa — ikki asosli va hokazo bo'ladi.

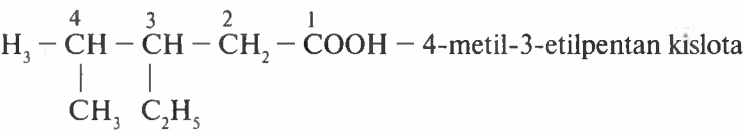
To'yingan bir asosli karbon kislotalar gomologik qatorining vakillariga misollar va ularning trivial nomlarini keltiramiz:

$H-COOH$ – chumoli kislota
$CH_3-COOH$ – sirka kislota
$CH_3-CH_2-COOH$ – propion kislota
$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ – moy kislota
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$ – valerian kislota
$CH_3-(CH_2)_4-COOH$ – kapron kislota
$CH_3-(CH_2)_5-COOH$ – enant kislota
.....
$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$ – palmitin kislota
.....
$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$ – stearin kislota

Keltirilgan misollardan ko'rinib turibdiki, karbon kislotalarni uglevodorodlarning vodorod atomlari o'rnini karboksil gruppalar olgan hosilalari sifatida qarash mumkin. Gomologik qatorning umumiy formulasi $C_nH_{2n+1}COOH$ yoki $R-COOH$ (birinchi gomologda R o'rnida vodorod atomi bo'ladi).

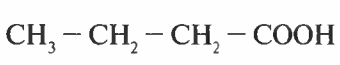
O'rinbosar nomenklaturaga kislotalarning nomi tegishli uglevodorod nomiga kislota so'zini qo'shish bilan hosil qilinadi. Masalan:

$HCOOH$ – metan kislota
$CH_3COOH$ – etan kislota
$CH_3CH_2COOH$ – propan kislota

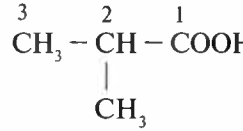


– 4-metil-3-etilpentan kislota

Kislotalarning izomeriyasi radikalning tuzilishiga bog'liq. Izomerlar moy kislota $C_3H_7COOH$ dan boshlab paydo boladi:

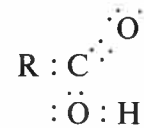


moy yoki butan kislota



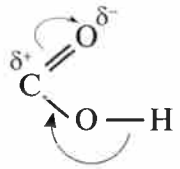
izomoy yoki 2-metilpropan kislota

**Karbon kislotalarning xossalari.** Karbon kislotalarning ko'pchilik xossalari ularning molekulasida karboksil gruppalar borligi tufaylidir. Karbon kislotalarning elektron tuzilishini ushbu sxema bilan ko'rsatish mumkin.




Uglevod bilan qo'shbog' orqali bog'langan kislorod atomi elektronlarni o'z tomoniga tortadi. Uglerod

qisman musbat zaryadli bo‘lib qoladi va – OH gruppadagi ikkinchi kislorod atomining elektronlarini o‘ziga tortadi, bu esa O – H bog‘lanishning elektron buluti kislorod tomoniga siljishiga sabab bo‘ladi. Karboksil gruppada atomlarning bir-biriga ta’sirini sxema bilan tasvirlash mumkin.




Karboksil gruppada atomlar bir-biriga ta’sir etishi natijasida C = O bog‘lanish karbonil gruppadagiga qaraganda puxtaroq, O – H bog‘lanish esa spirtlardagidan bo‘shroq bo‘ladi.

Karbon kislotalarning qaynash temperaturasi yuqori bo‘ladi. Bu molekulalar orasida vodorod bog‘lanishlar hosil bo‘lishi bilan bog‘liq, masalan:

$$\ldots O=C(R)-OH \quad \ldots O=C(R)-OH \quad \ldots O=C(R)-OH$$

Suvdagi eritmalarda karbon kislotalar mineral kislotalar singari ionlarga dissotsilanadi va gidroksoniy ionini hosil qiladi:

$$RCOOH + H_2O = H_3O^+ + RCOO^-$$

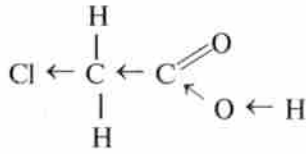
Karbon kislotalarning hammasi – kuchsiz elektrolitlar (HCOOH – o‘rtacha kuchli ). Karbon kislotali mineral kislotalarning barcha xossalarini (6.2-§ ga q.) namoyon qiladi.

Karbon kislotalarda gidroksil gruppa ta’sirida karboksil gruppaga qo‘shni bo‘lgan uglerod atomidagi vodorod atomlarining harakatchanligi ortadi. Shu sababli ularning o‘rnini xlor yoki brom atomlari oson egallashi mumkin:

$$CH_3COOH + Cl_2 \rightarrow \underset{\text{2-xloretan (xlorsirka) kislota}}{CH_2ClCOOH} + HCl$$

$$CH_3CH_2COOH + Br_2 \rightarrow \underset{\text{2-brompropan kislota}}{CH_3CHBrCOOH} + HBr$$

Ravshanki, tarkibida xlor yoki brom bor radikallar karboksil gruppaning kislotaliligiga ta’sir etishi kerak. Haqiqatan ham, xlorsirka kislotaning dissotsilanish darajasi sirka kislotanikidan taxminan 10 marta katta, trixlorsirka kislota esa kuchi jihatdan xlorid yoki sulfat kislotaga yaqin turadi. Bu holda gidroksil gruppadagi vodorodning bog‘lanishi susayishini ushbu sxema bilan tasvirlash mumkin:



Karbon kislotalarning o'ziga xos xususiyati ularning spirtlar bilan reaksiyaga kirishib, murakkab efirlar (17.13-§ ga q.) hosil qilishidir.

Quyidagi kislotalar: palmitin $C_{13}H_{31}COOH$ va stearin $C_{17}H_{35}COOH$ kislotalar – qattiq moddalar, shuningdek, suyuq to'yinmagan olein kislota $C_{17}H_{33}COOH$ muhim ahamiyatga ega. Bu bir asosli kislotalarning qoldiqlari yog' va moylar (17.14-§ ga q.) tarkibiga kiradi.

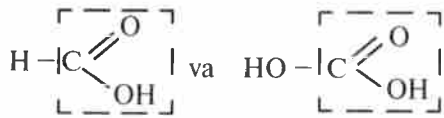
Karbon kislotalar olishning umumiy usuli birlamchi spirtlar va aldegidlarni oksidlashdan iborat.

Kislotalarning xossalari chumoli va sirka kislotalar misolida ancha batafsil ko'rib chiqilgan.

## 17.11- §. Chumoli kislota

Chumoli kislota HCOOH – o'tkir hidli, rangsiz suyuqlik, 101 °C da qaynaydi. Suvda istalgan miqdorda eriydi. Terini kuydiradi. U chumoli bezlaridan ajralib chiqadigan suyuqlik tarkibida, shuningdek, ba'zi o'simliklarda (masalan, qichitqi o't barglarida) bo'ladi.

**Kimyoviy xossalari.** Kimyoviy xossalari jihatidan chumoli kislota barcha karbon kislotalar orasida eng reaksiyaga kirishuvchisi hisoblanadi. Bunga sabab shuki, uning karboksil gruppasi uglevodorod radikali bilan emas, balki vodorod bilan bog'langan. Molekulasida aldegid gruppa borligi tufayli chumoli kislotada aldegidlarning xossalari mavjud:




ya'ni qaytarish xossalarini namoyon qiladi („kumush ko'zgu" reaksiyasini beradi):

$$HCOOH + Ag_2O \rightarrow Ag\downarrow + CO_2 + H_2O$$

U qizdirilganda uglerod (II) oksid bilan suvga ajraladi:

$$HCOOH \rightarrow CO + H_2O$$

**Olinishi.** Ilgari chumolilarni suvga bo'ktirib, so'ngra eritmani haydash yo'li bilan chumoli kislota olinar edi. Hozirgi vaqtda u uglerod (II) oksid bilan natriy gidroksiddan olinadi:

$$CO + NaOH \rightarrow H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-ONa$$

Hosil bo'lgan tuzdan chumoli kislota siqib chiqariladi, so'ngra haydab olinadi:

$$HCOONa + H_2SO_4 \rightarrow HCOOH + NaHSO_4$$

Chumoli kislota oson oksidlangani sababli uni kislotalar olishning umumiy usullari bilan olib bo'lmaydi.

**Ishlatilishi.** Chumoli kislota kimyo sanoatida organik moddalar sintez qilishda qaytaruvchi sifatida, shuningdek, oksalat kislota olish uchun: oziq-ovqat sanoatiga – dezinfeksiyalovchi va konservalovchi vosita sifatida; to'qimachilik sanoatida – gazlamalarni bo'yashda, tibbiyotda – revmatizm (bod) kasalligida teriga surtib ishqalash uchun keng ko'lamda ishlatiladi.

## 17.12- §. Sirka kislota

Sirka kislota odatdagi temperaturada – o'ziga xos o'tkir hidli rangsiz suyuqlik. U +16,6 °C dan past temperaturada muzga o'xshash kristallar holida qotadi, shu sababli muz sirka kislota deyiladi. Sirka kislota suvda istalgan miqdorda eriydi, uning suvdagi 3 – 9% li eritmasi *sirka* deyiladi va ovqatga qo'shish uchun ishlatiladi. 70 – 80% li sirka kislota *sirka essensiyasi* deyiladi.

**Kimyoviy xossalari.** Kimyoviy xossalari jihatidan sirka kislota mineral kislotalarga o'xshaydi. U suvdagi eritmada ionlarga dissotsilanadi:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

Kislota qoldig'i $CH_3COO^-$ *asetat-ion* deyiladi. Sirka kislota kuchsiz elektrolitlar qatoriga kirganligi sababli vodorod ionlari va asetat-ionlar kam hosil bo'ladi.

Mineral kislotalar kabi sirka kislota ham asoslar, asosli oksidlar va tuzlar bilan reaksiyaga kirishadi, bu reaksiyalardan uning tuzlarini – asetatlarni olishda foydalaniladi.

**Olinishi.** Sirka kislota olishning hozirgi sintetik usuli sirka aldegidni oksidlashga asoslangan, bu aldegidning o'zi esa asetilendan M. G. Kucherov reaksiyasi bo'yicha olinadi (asetilen juda arzon xomashyodan – metandan olinadi):

$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}} CH_3 - C\overset{O}{\underset{H}{<}} \xrightarrow{[O]} CH_3 - C\overset{O}{\underset{OH}{<}}$$

Sirka kislota olishning butanni oksidlashga asoslangan yangi usuli katta ahamiyat kasb etmoqda:

$$2CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3 + 5O_2 \rightarrow 4CH_3 - C\overset{O}{\underset{OH}{<}} + 2H_2O$$

Sirka kislotani metandan olish jarayoni ko'p bosqichli bo'lgan holda (metan → asetilen → sirka aldegid → sirka kislota) butanni oksidlab kislota olish bir bosqichlidir, bu esa katta iqtisodiy samara beradi.

**Ishlatilishi.** Sirka kislota turli-tuman maqsadlarda ishlatiladi. Kimyo sanoatida undan plastik massalar, turli xil bo'yoqlar, dori-darmonlar, sun'iy tola (asetat ipak), yonmaydigan kinoplyonka va h.k. olish uchun foydalaniladi. Sirka kislotaning aluminiyli, xromli va temirli tuzlari gazlamalarni bo'yashda, dorilash uchun ishlatiladi. Sirka kislotaning tuzlaridan qishloq xo'jaligi zararkunandalariga qarshi kurashda ham foydalaniladi. Sirka kislota ovqatga solish, sabzavotlarni konservalash uchun ham ishlatiladi.

## 17.13- §. Murakkab efirlar. Eterifikatsiyalash va sovunlanish reaksiyalari

**Murakkab efirlarning olinishi.** Karbon kislotalar spirtlar bilan o'zaro ta'sir ettirilganda murakkab efirlar hosil bo'ladi. Masalan, sirka kislota bilan etil spirtdan katalizator (konsentrlangan sulfat yoki xlorid kislota) ishtirokida murakkab efir – etilasetat olinadi:

$$2CH_3 - C\overset{O}{\underset{OH}{<}} + H\,O - C_2H_5 \rightarrow \underset{\text{etilasetat}}{CH_3 - C\overset{O}{\underset{O - C_2H_5}{<}}} + H_2O$$

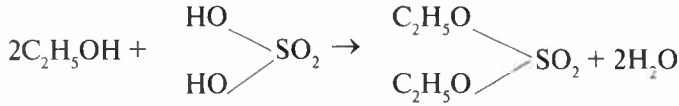
Murakkab efirlarning umumiy formulasi $R - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - O - R'$, bunda R va R′ – uglevodorod radikallar. Murakkab efirlarni kislotalarning

gidroksididagi vodorodi o'rnini radikal olgan hosilalari sifatida qarash mumkin. Lekin chumoli kislotaning murakkab efirlarida radikal R o'rnida vodorod atomi bo'ladi.

**Kislota bilan spirtdan murakkab efir hosil bo'lish reaksiyasi *eterifikatsiya* („eter" – efir) *reaksiyasi* deyiladi.**

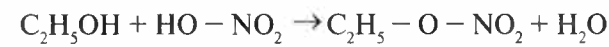
Eterifikatsiya reaksiyalari faqat karbon kislotalar uchungina emas, balki mineral kislotalar uchun ham xosdir.

Masalan, etil spirt sulfat kislota bilan o'zaro ta'sirlashganda murakkab efir – dietilsulfat hosil bo'ladi:



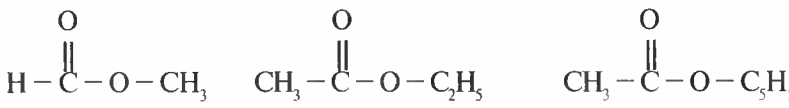
dietilsulfat

Nitrat kislota bilan spirtdan etilnitrat hosil bo'ladi:



etilnitrat

**Nomenklaturasi.** Murakkab efirlarning nomi ko'pincha qoldiqlari, ularning tarkibiga kiradigan kislota va spirtlarning nomiga efir so'zini qo'shib hosil qilinadi; ularning nomi tuzlarning nomiga o'xshash hosil qilinadi. Masalan:

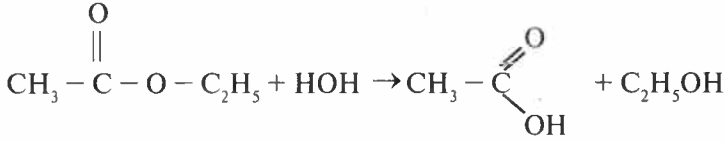


chumoli-etil efir (metilformiat) | sirka-etil efir (etilasetat) | sirka-amil efir (amilasetat)

**Xossalari**. Karbon kislotalar murakkab efirlarining ko'pchiligi — suvda kam eriydigan suyuqliklar, lekin ular spirtda yaxshi eriydi. Murakkab efirlar molekulalarining tuzilishi o'ziga xos (ularda masalan, gidroksil gruppalar yo'q) bo'lganligi sababli vodorod bog'lanishlar bo'lmaydi va spirtlar hamda kislotalar uchun xos bo'lgan assotsilangan molekulalar ham bo'lmaydi. Shu sababli murakkab efirlar ularga mos keladigan kislotalarga qaraganda ancha past temperaturada qaynaydi.

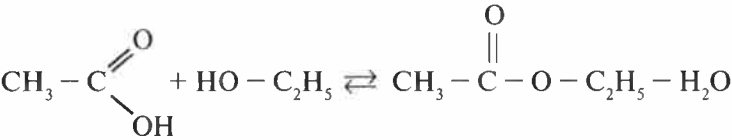
Ko'pchilik murakkab efirlardan xushbo'y meva hidi keladi. Masalan, chumoli-amil efirdan — olcha hidi, chumoli-etil efirdan – rom, sirka-amil efirdan – banan, moy-etil efirdan – o'rik, moy-butil efirdan – ananas, izovalerian-etil efirdan – olma hidi keladi.

Murakkab efir suv bilan reaksiyaga kirishib, yana qaytadan kislota bilan spirtga aylanadi. Masalan:

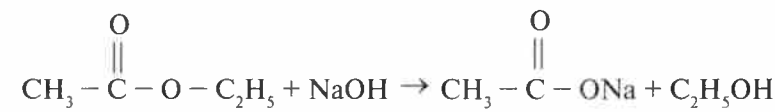


**Murakkab efirning suv bilan reaksiyaga kirishib, spirt va kislota hosil qilish reaksiyasi *sovunlanish* yoki *gidrolizlanish* deyiladi. U eterifikatsiya reaksiyasiga teskari reaksiyadir.**

Ravshanki, eterifikatsiya qaytar jarayondir:



va kimyoviy muvozanat qaror topganda reaksiyaga kirishayotgan aralashmada boshlang'ich moddalar ham, oxirgi mahsulotlar ham bo'ladi. Katalizator – vodorod ionlari (mineral kislotalar) – to'g'ri va teskari reaksiyani (eterifikatsiya va gidrolizni) bir xilda tezlashtiradi, ya'ni muvozanat holatiga yetishni tezlashtiradi. Muvozanatni efir hosil bo'lish tomoniga siljitish uchun boshlang'ich kislota yoki spirtni mo'l miqdorda olish kerak. Reaksiya mahsulotlaridan biri reaksiya doirasidan chiqarib yuborilganda ham xuddi shu natijaga erishiladi; buning uchun efirni haydash yoki suv tortib oluvchi moddalar bilan suvni bog'lash kerak. $OH^-$ ionlari murakkab efirlarning gidrolizlanishini kuchaytiradi: muvozanat kislota bilan spirt tomoniga siljiydi va reaksiya amalda qaytmas bo'lib qoladi, chunki hosil bo'ladigan karbon kislota ishqor ta'sirida tuz hosil qiladi:



Murakkab efirlarning suv bilan o'zaro ta'siri – ularning juda muhim kimyoviy xossasidir (oddiy efirlar gidrolizlanmaydi).

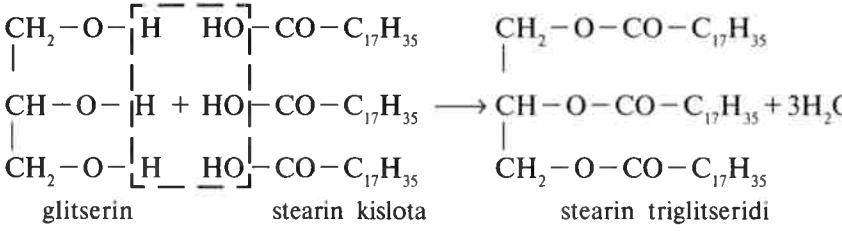
**Ishlatilishi.** Ko'pchilik murakkab efirlar organik moddalarning yaxshi erituvchilari sifatida ishlatiladi. Ulardan meva essensiyalari tayyorlashda ham keng ko'lamda foydalaniladi. Ayrim murakkab efirlar tibbiyotda ishlatiladi: izoamil-nitrit stenokardiya xurujlarini susaytiradi, etilnitrit chakka qon tomirlarini kengaytiradi.

## 17.14- §. Yog'lar

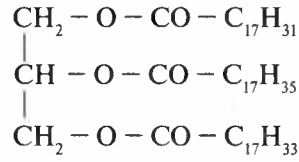
Yog'lar yuqori bir asosli karbon kislotalar, asosan, palmitin, stearin (to'yingan kislotalar) va olein (to'yinmagan kislota) kislotalar bilan uch atomli spirt – glitserindan hosil bo'lgan murakkab efirlardir. Bunday birikmalarning umumiy nomi – *triglitseridlar.*

Tabiiy yog'lar alohida modda emas, balki har xil triglitseridlar aralashmasidir.

Triglitseridlardan birining, masalan, stearin kislota triglitseridining hosil bo'lishini ushbu tenglama bilan tasvirlash mumkin:

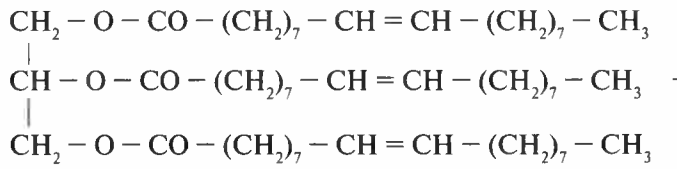


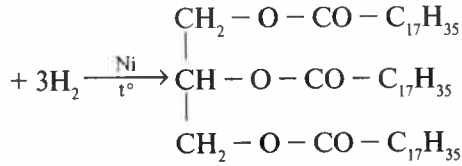

Triglitseridlarning molekulalari tarkibiga turli xil kislota radikallari kirishi mumkin, bu, ayniqsa, tabiiy yog'lar uchun xos, lekin glitserin qoldig'i barcha yog'larning tarkibiy qismi hisoblanadi:



Yog'larning hammasi suvdan yengil va suvda erimaydi. Ular benzinda, efirda, uglerod tetraxloridda, uglerod sulfidda, dixloretanda va boshqa erituvchilarda yaxshi eriydi. Qog'oz va teriga yaxshi shimiladi. Yog'lar barcha o'simlik va hayvonlarda bo'ladi. Suyuq yog'lar odatda *moylar* deyiladi. Qattiq yog'lar (mol yog'i, qo'y yog'i va b.) asosan to'yingan (qattiq) kislotalarning triglitseridlaridan, suyuq yog'lar (kungaboqar moyi, paxta moyi va b.) – to'yinmagan (suyuq) kislotalarning triglitseridlaridan tarkib topgan bo'ladi.

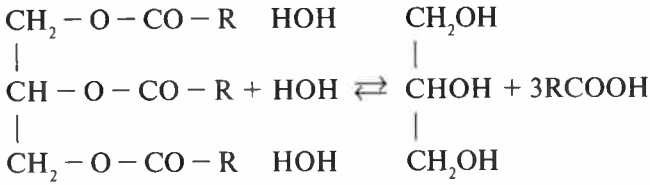
Suyuq yog'lar gidrogenlash reaksiyasi yo'li bilan qattiq yog'larga aylantiriladi. Vodorod yog'lar molekulasining uglevodorod radikallaridagi qo'shbog'ning uzilish joyiga birikadi:





Reaksiya bosim ostida qizdirilganda va katalizator – mayda tuyilgan nikel ishtirokida boradi. Gidrogenlanish mahsuloti – qattiq yog‘ (sun’iy yog‘) *salomas* deyiladi va sovun, stearin hamda glitserin ishlab chiqarishga sarflanadi. *Margarin* – ovqatga ishlatiladigan yog‘ – gidrogenlangan moylar (kungaboqar moyi, paxta moyi va b.), hayvon yog‘lari, sut va ba’zi boshqa moddalar (tuz, shakar, vitaminlar va b.) aralashmasidan iborat.

Barcha murakkab efir kabi yog‘larning ham muhim kimyoviy xossasi gidrolizlanish (sovunlanish) xususiyatidir. Gidroliz katalizatorlar – kislota, ishqorlar, magniy, kalsiy, rux oksidlari ishtirokida qizdirilganda oson boradi:



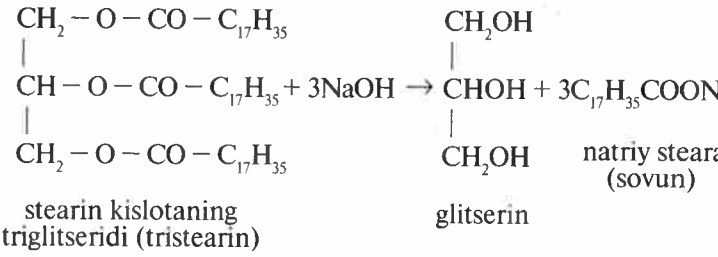
Yog‘larning gidrolizlanish reaksiyasi qaytar jarayondir. Lekin u ishqorlar ishtirokida amalda oxiriga qadar boradi — hosil bo‘lgan kislotalarni ishqorlar tuzga aylantiradi va bu bilan kislotalarning glitserin bilan reaksiyaga kirishish (teskari reaksiya) imkoniyatini yo‘qqa chiqaradi.

Yog‘lar – ovqatning zaruriy tarkibiy qismi. Ulardan sanoatda (glitserin, yog‘ kislotalar, sovun olishda) keng ko‘lamda foydalaniladi.

## 17.15- §. Sovunlar va sun’iy yuvish vositalari

***Sovunlar*** **yuqori karbon kislotalarning tuzlaridir. Odatdagi sovunlar asosan palmitin, stearin va olein kislotalar tuzlarining aralashmasidan tarkib topgan. Natriyli tuzlar** ***qattiq sovunlarni,*** **kaliyli tuzlar –** ***suyuq sovunlarni*** **hosil qiladi.**

Sovunlar yog‘larning ishqorlar ishtirokida gidrolizlanishidan hosil bo‘ladi:

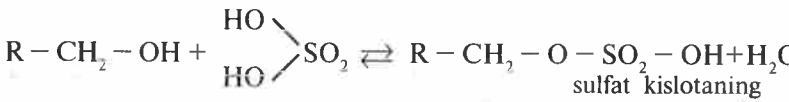


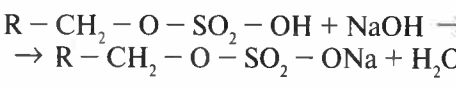

Ana shuning uchun ham eterifikatsiyaga teskari reaksiya sovunlanish reaksiyasi deb ataladi.

Yog'lar sulfat kislota ishtirokida ham sovunlanishi mumkin (kislotali sovunlanish). Bunda glitserin bilan yuqori karbon kislotalar olinadi. Bu kislotalar ishqor yoki soda ta'sirida sovunga aylantiriladi.

Sovun olish uchun xomashyo sifatida o'simlik moylari (kungaboqar moyi, paxta moyi va b.), hayvon yog'lari, shuningdek, natriy gidroksid yoki suvsizlantirilgan soda ishlatiladi. O'simlik moylari dastlab gidrogenlanadi, ya'ni ular qattiq yog'larga aylantiriladi. Yog'larning o'rniga molekular massasi katta bo'lgan sintetik karbon yog' kislotalari ham ishlatiladi.

Sovun ishlab chiqarishda ko'p miqdorlarda xomashyo talab qilinadi, shu sababli sovunlarni ovqat bo'lmaydigan mahsulotlardan olish masalasi qo'yilgan. Sovun ishlab chiqarish uchun zaruriy karbon kislotalar parafinni oksidlab olinadi. Molekulasida 10 dan 16 tagacha uglerod atomlari bo'ladigan kislotalarni neytrallash yo'li bilan atirsovun, molekulasida 17 dan 21 tagacha uglerod atomlari bo'ladigan kislotalarni neytrallab – kirsovun va texnika maqsadlari uchun ishlatiladigan sovunlar olinadi. Sintetik sovun ham, yog'lardan olinadigan sovun ham qattiq suvda (13.9-§ ga q.) kirni yaxshi ketkazmaydi. Shu sababli sintetik kislotalardan olinadigan sovun bilan bir qatorda, xomashyoning boshqa turlaridan, masalan, alkilsulfatlardan – yuqori spirtlarning murakkab efirlari bilan sulfat kislotaning tuzlaridan ham yuvish vositalari ishlab chiqariladi. Bunday tuzlarning hosil bo'lishini umumiy holda ushbu tenglamalar bilan tasvirlash mumkin:



Bu tuzlarning molekulasida 12 dan 14 tagacha uglerod atomlari bo'ladi va ularning kir ketkazish xossalari juda yaxshidir. Kalsiyli va magniyli tuzlar suvda eriydi, shu sababli bunday sovunlar qattiq suvda ham kir ketkazadi. Alkilsulfatlar ko'pchilik kir yuvish kukunlari tarkibida bo'ladi.

Sintetik yuvish vositalari yuz ming tonnalab ovqat bo'ladigan xomashyoni – o'simlik moylari va yog'larni tejashga imkon beradi.

## 17.16- §. Uglevodlar

***Uglevodlar*** **– organik birikmalar bo'lib, tarkibi odatda umumiy $C_n(H_2O)_m$ ($n$ va $m \geq 4$) formula bilan ifodalanadi.**

Tarkibi bu umumiy formulaga to'g'ri kelmaydigan, lekin uglevodlar sinfiga kiradigan birikmalar ham ma'lum, masalan, ramnoza $C_6H_{12}O_5$.

Uglevodlar juda ko'p tarqalgan tabiiy birikmalar hisoblanadi, o'simlik va hayvon organizmlari tarkibiga kiradi. Ular o'simliklarda *fotosintez* natijasida hosil bo'ladi:

$$nCO_2 + mH_2O \xrightarrow{\text{yorug'lik}} C_n(H_2O)_m + nO_2$$

Uglevodlarning miqdori o'simliklarda quruq modda massasining 80% gacha, odam va hayvonlar organizmida – 20% gacha miqdorini tashkil etadi. Ular fiziologik jarayonlarda muhim rol o'ynaydi. Odam ovqatining taxminan 70% i uglevodlardan iborat.

Uglevodlar odatda monosaxaridlar, oligosaxaridlar (ikkita yoki bir nechta monosaxarid molekulasining kondensatlanish mahsulotlari) va polisaxaridlarga bo'linadi. Oligosaxaridlar orasida eng katta ahamiyatga ega bo'lganlari disaxaridlar (diozalar) – monosaxaridlar ikkita molekulasining kondensatlanish mahsulotlaridir.

## 17.17- §. Monosaxaridlar va disaxaridlar

**Glukoza.** Monosaxaridlar orasida eng muhimi glukoza $C_6H_{12}O_6$ bo'lib, u *uzum shakari* ham deyiladi. Bu shirin ta'mli oq kristall modda, suvda yaxshi eriydi. Glukoza o'simlik va hayvon organizmlarida bo'ladi, uning miqdori ayniqsa uzum sharbatida (shuning uchun uzum shakari deyiladi), asalda, shuningdek, pishgan mevalarda ko'p bo'ladi.

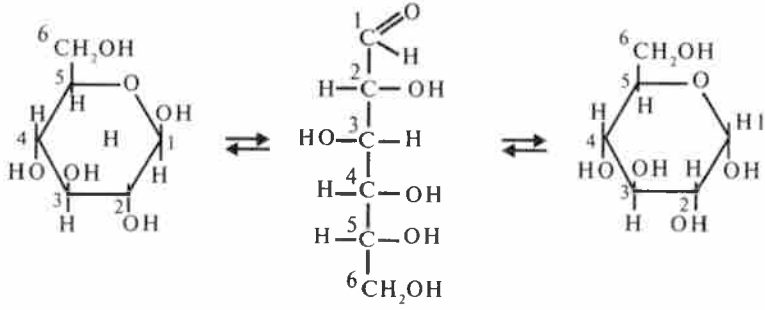
Glukozaning tuzilishi uning kimyoviy xossalarini o'rganish asosida keltirib chiqarilgan. Masalan, glukoza spirtlarga xos

xususiyatlarni namoyon qiladi: metallar bilan alkogolatlar (saxaratlar) hosil qiladi, molekulasida beshta kislota qoldig'i (gidroksid gruppalar soni) bor murakkab sirka kislotali efir hisoblanadi. Demak, glukoza – ko'p atomli spirt. U kumush oksidning ammiakdagi eritmasi ta'sirida „kumush ko'zgu" reaksiyasini beradi, bu esa uglerod zanjirining oxirida aldegid gruppa borligini bildiradi. Demak, glukoza – a l d e g i d - s p i r t, uning molekulasi quyidagicha tuzilgan bo'lishi mumkin:

$$CH_2OH - CHOH - CHOH - CHOH - CHOH - C(=O)H \quad \text{yoki}$$

$$CH_2OH - (CHOH)_4 - C(=O)H$$

Lekin glukozaning barcha xossalari ham uning aldegid-spirt sifatidagi tuzilishiga mos kelavermaydi. Masalan, glukoza aldegidlarning ba'zi reaksiyalariga kirishmaydi. Beshta gidroksiddan bittasining reaksiyaga kirishish xususiyati eng kuchli va undagi vodorodni metil radikaliga almashtirish moddaning aldegid xossalari yo'qolishiga olib keladi. Bularning hammasi glukozaning aldegid shakli bilan bir vaqtda, glukoza molekulalarining siklik shakllari (α-siklik va β-siklik) ham mavjud, degan xulosa chiqarishga asos bo'ldi; siklik shakllari gidroksid gruppalarning halqa tekisligiga nisbatan joylashuvi bilan bir-biridan farq qiladi. Kristall holatida glukozaning molekulalari siklik tuzilgan bo'ladi, suvdagi eritmalarida esa u bir-biriga aylanib turadigan turli shakllarda bo'ladi:



β-siklik shakli aldegid shakli α-siklik shakli

Ko'rinib turibdiki, siklik shakllarda aldegid gruppa bo'lmaydi. Birinchi uglerod atomidagi gidroskid gruppa reaksiyaga eng ko'p

kirishuvchan. Uglevodlarning ko'pchilik kimyoviy xossalari molekulasining siklik shakli bilan tushuntiriladi.

Sanoat miqyosida glukoza kraxmalni kislotalar ishtirokida gidrolizlash yo'li bilan olinadi. Uni yog'ochdan (sellulozadan) ishlab chiqarish ham yo'lga qo'yilgan.

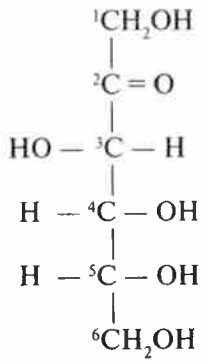
Glukoza – qimmatli oziq modda. U to'qimalarda oksidlanganda organizmning normal hayot faoliyati uchun zaruriy energiya ajralib chiqadi. Oksidlanish reaksiyasini quyidagi umumiy tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

Glukoza tibbiyotda dori-darmonlar tayyorlash, qonni konservalash, venaga quyish va boshqa maqsadlarda ishlatiladi. U qandolatchilikda, ko'zgu va o'yinchoqlar ishlab chiqarishda (kumushlash) ko'p ishlatiladi. Glukozadan gazlama va terini bo'yashda (ishlov berish uchun) foydalaniladi.

**Fruktoza.** Fruktoza – glukozaning izomeri, shirin mevalarda va asalda glukoza bilan birga bo'ladi. U glukoza va saxarozadan shirinroq (quyiroqqa q.).

Fruktoza keton-spirt hisoblanadi. Uning molekulasining tuzilishini ushbu formula bilan ifodalash mumkin:



Gidroksil gruppalari borligi tufayli fruktoza ham glukoza kabi saxaratlar va murakkab efirlar hosil qila oladi. Lekin aldegid gruppasi yo'qligi sababli u glukozaga qaraganda kamroq darajada oksidlanadi. Glukoza kabi fruktoza ham gidrolizlanmaydi.

**Saxaroza.** Disaxaridlar gruppasida eng katta ahamiyatga ega bo'lgan modda saxarozadir, u *lavlagi shakari* yoki *qamish shakari* ham deyiladi. Saxarozaning empirik formulasi $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Qandlavlagi va shakarqamishda saxarozaning miqdori ko'p bo'ladi. U qayin, zarang shirasida, ko'pchilik meva va sabzavotlarda bo'ladi.

Saxaroza (odatdagi shakar) – oq kristall modda, glukozadan shirinroq, suvda yaxshi eriydi.

Saxarozaning muhim kimyoviy xossasi – qizdirilganda vodorod ionlari ishtirokida gidrolizlanish xususiyatidir. Bunda saxarozaning bitta molekulasidan glukoza bilan fruktoza molekulalari hosil bo'ladi:

$$\underset{\text{saxaroza}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{glukoza}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fruktoza}}{C_6H_{12}O_6}$$

Vodorod ionlari gidrolizlanish jarayonida katalizator vazifasini o'taydi.

Saxaroza „kumush ko'zgu" reaksiyasini bermaydi va qaytaruvchilik xossalariga ega emas. Shu bilan u glukozadan farq qiladi. Saxaroza molekulasi siklik shakldagi glukoza va fruktoza molekulalarining qoldiqlaridan tarkib topgan; ular bir-biri bilan kislorod atomi orqali bog'langan.

## 17.18- §. Polisaxaridlar

**Kraxmal.** Kraxmal, shuningdek, selluloza (keyinroqqa q.) uglerodlarning uchinchi gruppasiga – polisaxaridlarga kiradi.

Bu moddaning molekular massasi aniq topilmagan, lekin uning juda kattaligi ma'lum va har xil namunalarida turlicha bo'lishi (100 000 gacha) mumkin. Shu sababli boshqa polisaxaridlar singari kraxmalning formulasi ham $(C_6H_{10}O_5)_n$ tarzida ifodalanadi. Har qaysi polisaxarid uchun $n$ ning qiymati turlicha bo'ladi.

Kraxmal ta'msiz, oq kukun bo'lib, sovuq suvda erimaydi. Qaynoq suvda kleyster hosil qiladi.

Kraxmal tabiatda keng tarqalgan. U turli xil o'simliklar uchun zaxira oziq ashyo hisoblanadi va ularda kraxmal donachalari holida bo'ladi. Quyidagi boshoqli o'simliklar donlarida kraxmal eng ko'p bo'ladi: guruch (86% gacha), bug'doy (75% gacha), jo'xori (72% gacha), shuningdek, kartoshka tugunaklari (24% gacha). Kartoshka tugunaklarida kraxmal donlari hujayra shirasida suzib yuradi, boshoqlilarda esa ular kleykovina deyiladigan oqsil modda vositasida bir-biriga zich yopishgan bo'ladi. Kraxmal fotosintez mahsulotlaridan biri hisoblanadi.

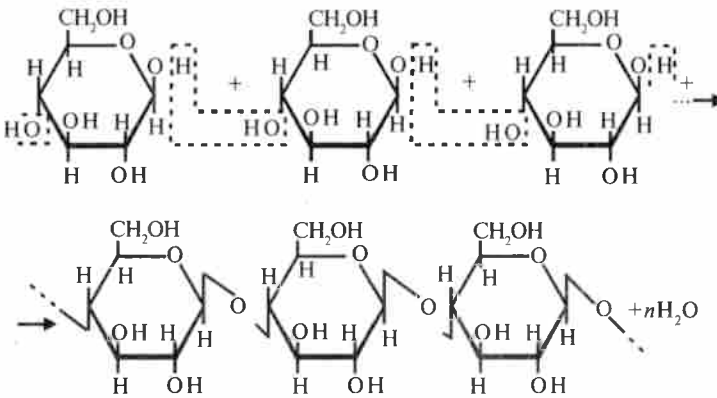
O'simliklardan hujayralarini buzish va suv bilan yuvib olish orqali kraxmal ajratib olinadi. Sanoat miqyosida u asosan kartoshka tugunaklaridan (kartoshka uni holida), shuningdek, jo'xoridan ham olinadi.

Barcha murakkab uglevodorodlar singari kraxmal ham fermentlar ta'sir ettirilganda yoki kislotalar bilan qizdirilganda (vodorod ionlari katalizator bo'lib xizmat qiladi) gidrolizlanadi. Bunda dastlab eruvchan kraxmal, so'ngra unchalik murakkab bo'lmaydigan moddalar – dekstrinlar hosil bo'ladi. Gidrolizning oxirgi mahsuloti glukoza hisoblanadi. Reaksiyaning umumiy tenglamasini shunday ifodalash mumkin:

$$(C_6H_{10}O_6)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

Kraxmalning gidrolizlanishi uning muhim kimyoviy xossasidir.

Kraxmal „kumush ko'zgu" reaksiyasini bermaydi, lekin uning gidrolizlanish mahsulotlari shunday reaksiya beradi. Kraxmal makromolekulalari siklik α-glukozaning ko'p molekulalaridan tarkib topgan. Shunga asosan kraxmalning hosil bo'lish jarayonini shunday tasvirlash mumkin:



Ko'rinib turibdiki, glukoza molekulalarining birlashishi eng reaksiyaga kirishuvchan gidroksil gruppalar ishtirokida sodir bo'ladi, bunday gruppalarning yo'qolishi aldegid gruppalar hosil bo'lish ehtimolligini yo'qqa chiqaradi va ular kraxmal molekulasida yo'q. Kraxmalning kimyoviy xossalari uning tuzilishi asosida ana shunday izohlanadi.

Yod eritmasi kraxmalni ko'k rangga kiritadi. Qizdirilganda bu rang yo'qoladi, sovitilganda yana paydo bo'ladi. Yod eritmasidan kraxmalni aniqlash uchun, kraxmal eritmasidan (kleysterdan) esa – yodni aniqlash uchun foydalaniladi.

Kraxmal turli-tuman maqsadlarlda ishlatiladi. U odamlar ovqatidagi –non, krupa, kartoshkadagi asosiy uglevod hisoblanadi. Anchagina miqdori qayta ishlanib, qandolatchilikda foydalaniladigan

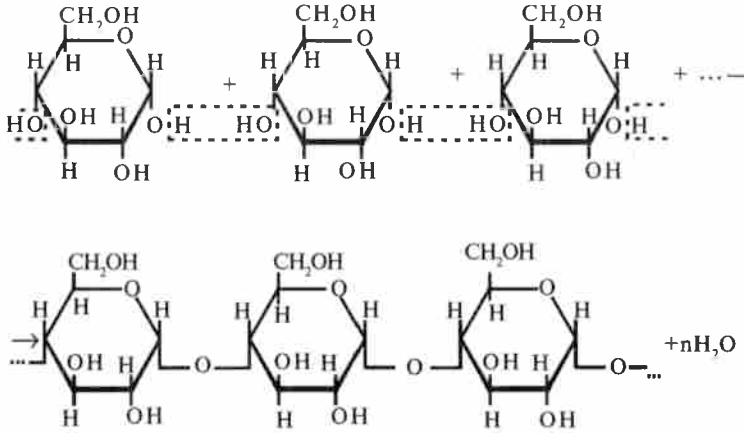
dekstrinlar, patoka va glukozaga aylantiriladi. Kartoshkadagi va boshoqlilar donidagi kraxmaldan etil spirt olinadi. Kraxmaldan yelimlovchi vosita sifatida foydalaniladi. Gazlamalarga pardoz berishda, kiyim-kechakni kraxmallashda ishlatiladi. Tibbiyotda kraxmal asosida malham dorilar va b. tayyorlanadi.

**Selluloza.** Selluloza kraxmalga qaraganda ham ko'p tarqalgan uglevod. O'simlik hujayralarining devorlari asosan sellulozadan tarkib topgan. Yog'ochda 60% gacha, paxta va filtr qog'ozda – 90% gacha selluloza bo'ladi.

Sof selluloza – suvda va odatdagi organik erituvchilarda erimaydigan oq qattiq modda, mis (II) gidroksidning ammiakdagi eritmasida (*Shveytser reaktivida*) yaxshi eriydi. Bu eritmadan kislotalar sellulozani tolalar holida (gidratselluloza) cho'kmaga tushiradi.

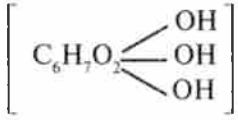
Kraxmal kabi sellulozaning tarkibi ham $(C_6H_{10}O_5)_n$ formula bilan ifodalanadi. Sellulozaning ba'zi turlarida $n$ ning qiymati 40 mingga, molekular massasi esa bir necha millionga yetadi. Uning molekulalari esa ham chiziqsimon, ham tarmoqlangan strukturaga ega. Kraxmalning sellulozadan asosiy farqi ana shundadir.

Bu moddalarning tuzilishida ham farq bor: kraxmal makromolekulalari α-glukoza molekulalarining qoldiqlaridan, selluloza makromolekulalari esa – β-glukoza molekulalarining qoldiqlaridan tarkib topgan. Selluloza makromolekulasining hosil bo'lish jarayonini ushbu sxema bilan tasvirlash mumkin:




Molekulalarning tuzilishida ozgina farq borligi polimerlarning xossalaridan ancha farq bo'lishiga olib keladi: kraxmal – ovqatlanish mahsuloti, sellulozani esa ovqat sifatida ishlatib bo'lmaydi.

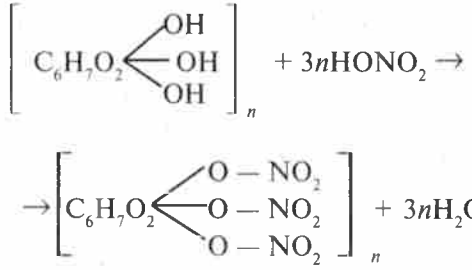
Selluloza ham „kumush ko'zgu" reaksiyasini bermaydi (aldegid gruppasi yo'q), lekin kislotalar bilan eterifikatsiya reaksiyasiga kirishadi. Bu hol har bir $C_6H_{10}O_5$ zvenoni glukozaning uchta gidroksil gruppasi bor qoldig'i sifatida qarashga asos bo'ladi. Bu gidroksil gruppalar selluloza formulasida ko'pincha ajratib ko'rsatiladi.




yoki $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$

Gidroksil gruppalar hisobiga selluloza oddiy va murakkab efirlar hosil qilishi mumkin.

Selluloza suvni tortib oluvchi vosita sifatidagi konsentrlangan sulfat kislota ishtirokida konsentrlangan nitrat kislota bilan o'zaro ta'sir ettirilganda murakkab efir – selluloza trinitrati hosil bo'ladi:




Bu – o'q-dori tayyorlash uchun ishlatiladigan portlovchi modda.

Odatdagi temperaturada selluloza faqat konsentrlangan kislotalar bilangina reaksiyaga kirishadi.

Kraxmal kabi selluloza ham suyultirilgan kislotalar bilan qizdirilganda gidrolizlanadi va glukoza hosil qiladi:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

Sellulozaning gidrolizi shakarlanish ham deyiladi va sellulozaning juda muhim xossasi hisoblandi, u yog'och qipiqlari va qirindilaridan glukoza olishga imkon beradi, glukozani bijg'itish yo'li bilan esa etil spirt olinadi. Yog'ochdan olingan etil spirt gidroliz spirti deyiladi.

Gidroliz zavodlarida 1 t yog'ochdan 200 l gacha etil spirt olinadi, bu esa 1,5 t kartoshkani yoki 0,7 t donni tejashga imkon beradi.

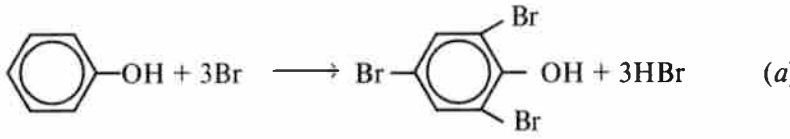
Yog'ochdan olingan tozalanmagan glukozani mollarga oziq sifatida berish mumkin.

Bular sellulozaning ishlatilishiga doir ayrim misollargina, xolos. Paxta, zig'ir va kanop tola holidagi selluloza gazlamalar – ip-gazlama va zig'ir tolali gazlamalar tayyorlashga sarflanadi. Ko'plab miqdorda selluloza qog'oz ishlab chiqarishda ishlatiladi. Qog'ozning arzon navlari ignabargli daraxtlar yog'ochidan, yaxshi navlari – zig'ir yoki ip-gazlama parchalaridan tayyorlanadi. Sellulozani kimyoviy qayta ishlab, bir necha xil sun'iy ipaklar, plastmassalar, kinoplyonka, tutunsiz o'q-dori, loklar va ko'pgina boshqa mahsulotlar olinadi.

## 17.19- §. Namunaviy masalalar yechish

**1-masala.** Fenolning etanoldagi 16,3 g eritmasi 48 g brom bilan qoldiqsiz reaksiyaga kirishadi. Fenolning etanoldagi xuddi shunday 65,2 g eritmasiga mo'l natriy metali ta'sir ettirilganda qancha hajm vodorod ajralib chiqadi (hajmni normal sharoit uchun hisoblang).

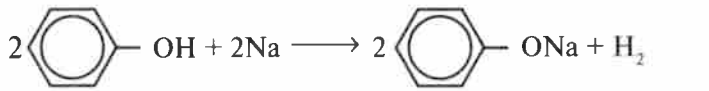
*Yechish.* Etanol brom bilan reaksiyaga kirishmaydi, fenol esa oson reaksiyaga kirishadi:




(*a*)

Bromning molyar massasi 160 g/mol, demak, uning 48 gramida 48/160 = 0,3 mol brom bor. Reaksiyaning tenglamasi (a) dan ko'rinib turibdiki, 0,3 mol $Br_2$ 0,1 mol fenol bilan reaksiyaga kirishadi. Fenolning molyar massasi 94 · 0,1 g = 9,4 g. Etanolning massasi (16,3 – 9,4) g = 6,9 g ga teng. Etanolning molyar massasi 46 g/mol ga teng, demak, spirtning mollar soni 6,9/46 mol = =0,15 mol bo'ladi. 65,2 g eritmada ikkala moddadan 16,3 g ga qaraganda 65,2/16,3 = 4 marta ko'p, ya'ni 0,1 · 4 mol = 0,4 mol fenol va 0,15 · 4 mol = 0,6 mol etanol bo'ladi.

Natriy metali fenol bilan ham, etanol bilan ham reaksiyaga kirishadi:




(*b*)

$$2C_2H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_2H_5 - ONa + H_2 \qquad (d)$$

(b) tenglamadan ko'rinib turibdiki, 0,4 mol fenoldan 0,2 mol $H_2$ ajralib chiqadi. Tenglama (*d*) dan ko'rinishicha, 0,6 mol

etanoldan 0,3 mol $H_2$ ajralib chiqadi. Demak, ajralib chiqqan vodorodning miqdori (0,2 + 0,3) mol = 0,5 molga teng, uning normal sharoitdagi hajmi esa 0,5 · 22,4 l = 11,2 l ga teng.

**2-masala.** Etandan foydalanib, qaysi yo'l bilan etilasetat olish mumkin? Tegishli reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Dastlab etanni bromlash yo'li bilan brometan olamiz:

$$C_2H_6 + Br_2 \rightarrow C_2H_5Br + HBr$$

Brometanni ishqor ishtirokida gidrolizlab, etanol olamiz:

$$C_2H_6Br + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + HBr$$

(ishqor muvozanatni spirt tomoniga siljitish uchun zarur).

Spirtdan ikki xil yo'l bilan aldegid olish mumkin:

a) spirtni degidrogenlash:

$$C_2H_5OH \xrightarrow{Cu,\ t^\circ} CH_3 - C\begin{matrix}=O\\ \diagdown H\end{matrix} + H_2$$

b) spirtni oksidlash:

$$2C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{Cu,\ t^\circ} 2CH_3 - C\begin{matrix}=O\\ \diagdown H\end{matrix} + 2H_2O$$

Aldegidni oksidlab (istalgan oksidlovchi bilan), sirka kislota olish mumkin:

$$5CH_3CHO + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 5CH_3COOH + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$$

Murakkab efir – etilasetatni etanol bilan sirka kislotani katalizator – konsentrlangan sulfat kislota ishtirokida eterifikatsiya reaksiyasiga kiritish yo'li bilan hosil qilamiz:

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \overset{H^+}{\rightleftarrows} C_2H_5OCOCH_3 + H_2O$$

**3-masala.** 26 g triglitseridni sovunlash uchun natriy gidroksidning 20% li eritmasidan (zichligi 1,22 g/ml) 49,2 ml kerak bo'ldi. Reaksiya uchun olingan murakkab efirning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Triglitseridning formulasini quyidagicha yozamiz:

$$\begin{matrix}CH_2 - O - CO - R\\ |\\ CH - O - CO - R\\ |\\ CH_2 - O - CO - R\end{matrix}$$

bunda R – tarkibi $C_nH_{2n+1}$ bo'lgan uglevodorod radikali (masalan: $CH_3$, $C_2H_5$, $C_3H_7$ va h.k.). Sovunlanish reaksiyasini quyidagicha ko'rsatish mumkin:

$$\begin{array}{l} CH_2-O-CO-R \\ | \\ CH-O-CO-R \\ | \\ CH_2-O-CO-R \end{array} + 3NaOH \rightarrow \begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + 3RCOONa$$

Faraz qilaylik, $x$ – radikal R ning g/mol hisobidagi molyar massasi bo'lsin. U holda triglitseridning molyar massasi $(173 + 3x)$ g/mol bo'ladi. NaOH ning molyar massasi – 40 g/mol. Reaksiya uchun NaOH eritmasidan $49{,}2 \cdot 1{,}22\ g = 60{,}0$ olingan edi, unda $\frac{60{,}0 \cdot 20}{100}\ g = 12\ g$ NaOH bo'ladi.

Reaksiya tenglamasiga ko'ra $1 \cdot (173 + 3x)\ g = (173 + 3x)\ g$ triglitseridni sovunlash uchun $3 \cdot 40\ g = 120\ g$ NaOH kerak bo'ladi:

$$(173 + 3x)\ g \text{ glitserid} - 120\ g\ NaOH$$
$$26\ g \text{ glitserid} - 12\ g\ NaOH$$

Proporsiya tuzamiz: $(173 + 3x) : 120 = 26 : 12$, bundan

$$12 \cdot (173 + 3x) = 26 \cdot 120 \text{ va } x = 29.$$

Radikal R ning formulasi $C_nH_{2n+1}$, C atomlarining molyar massasi 12 g/mol, H – 1 g/mol. Bundan quyidagicha yozish mumkin $12 \cdot n + (2n + 1) \cdot 1 = 29$; $n = 2$, ya'ni uglevodorod radikalining formulasi $C_2H_5$, triglitseridning formulasi esa:

$$\begin{array}{l} CH_2-O-CO-C_2H_5 \\ | \\ CH-O-CO-C_2H_5 \\ | \\ CH_2-O-CO-C_2H_5 \end{array}$$

## 17- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**17.1.** Massasi 276,8 g bo'lgan spirt bilan natriy orasidagi reaksiya natijasida 100 l vodorod ajralib chiqqan bo'lsa, hosil bo'lgan alkogolat tarkibidagi natriyning massa ulushini hisoblang va spirtning formulasini toping.

A) 0,41, propandiol; B) 0,43, etilenglikol;
C) 0,47, butandiol; D) 0,49, etilenglikol;
E) 0,5, etilenglikol;

*Yechish*: Umumiy ko'rinishda reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$C_nH_{2n}(OH)_2 + 2Na = C_nH_{2n}(ONa)_2 + H_2$$

Reaksiyada hosil bo'lgan vodorodning mol miqdori $n(H_2) = 100\ l : 22,4\ l/mol = 4,46$ mol, $m = 8,92$ g. Natriyning massasi $2n(Na) \cdot 23 = 2 \cdot 4,46 \cdot 23 = 205$ g. Spirtning mol miqdori vodorodning mol miqdoriga teng ekanligi reaksiya tenglamasidan ma'lum. Spirtning molekular massasini topamiz:

$$M(spirt) = \frac{m(spirt)}{n(spirt)} = \frac{276,8g}{4,46mol} = 62\ g/mol$$

Uning formulasidagi $n$ ning qiymatini hisoblaymiz:

$C_nH_{2n}(OH)_2 = 62$

$12n + 2n + 34 = 62$ dan $n = \frac{62-34}{14} = 2$ bo'ladi.

Formulasi: $C_2H_4(OH)_2$ yoki $\begin{matrix} CH_2 - CH_2 \\ | \quad\quad | \\ OH - OH \end{matrix}$ — etilenglikol ekan.

Alkogolatning molyar massasini topamiz:

M (alkogolat) = M(spirt) + $m$(Na) — $m(H_2)$ = 62 + 46 − 2 = = 160 g/mol

$m$(alkogolat) = 4,46 · 106 = 473 g.

Natriyning massa ulushi:

$$\omega(Na) = \frac{m(natriy)}{n(alkogolat)} = \frac{205}{473} = 0,43 \text{ bo'ladi.}$$

*Javob:* **B** bo'ladi.

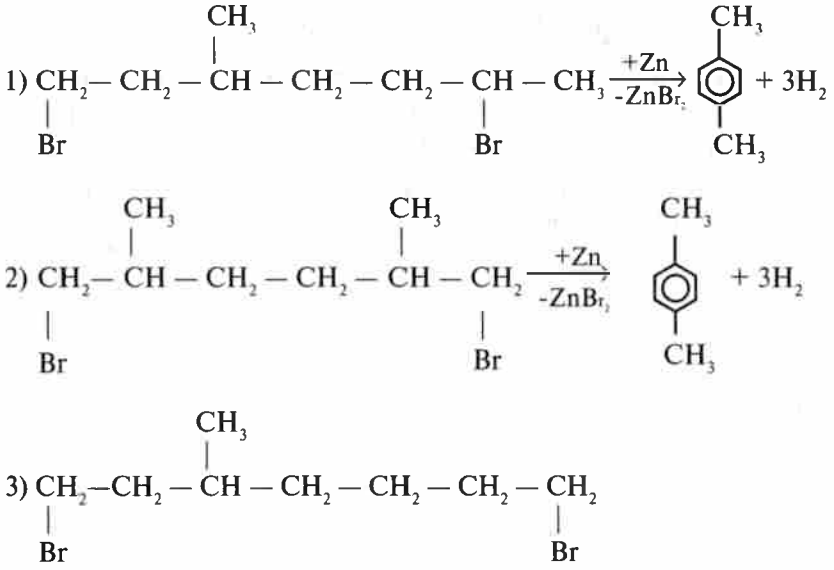
**17.2.** Degidrosikllash mahsuloti $n$-metiltoluol bo'lsa, boshlang'ich modda tarkibini toping.

1) 1,6-dibrom-3-metilgeptan; 2) 1,5-dibrom-3,5-dimetilgeksan; 3) 1,6-dibrom-2,5-dimetilgeksan; 4) 3-metil-1,6-dibromgeptan.

A) 1,3; B) 1,4; C) 1,2; D) 2,3; E) 2,4.

*Yechish*. Testda olish talab etiladigan $n$-metiltoluol tarkibidagi metil radikallari oralig'ida ikkita uglerod atomi bo'lishi kerak.

Bundan tashqari, ikkita brom atomi orasida birikkan uglerod atomlari orasida 4 ta uglerod atomlari bo'lishi kerak. Bunday vaziyat 1, 3 va 4-moddalarda mavjud. *n*-metiltoluolning shu birikmalardan hosil bo'lish reaksiya tenglamasini quyida keltiramiz:



bu modda halqasida 7 ta uglerod atomi bo'lishi kerakli mahsulotni olishga olib kelmaydi.

*Javob:* **A** bo'ladi.

**17.3.** Qaysi sikloalkanning yoki uning gomologining bir hajm bug'ining yonishi uchun 45 hajm havo talab etiladi?

A) siklopropan; B) metilsiklopropan;
C) siklobutan; D) siklopentan;
E) metilsiklopentan.

*Yechish.* Sikloalkanlarning yonish reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$C_nH_{2n} + 1{,}5nO_2 = nCO_2 + nH_2O$$

Test shartida qatnashgan havo hajmini kislorodga hisoblasak 45 hajm · 0,2 = 9 hajm bo'ladi. Unda shartga binoan $1{,}5n = 9$ bo'lsa, $n = 9 : 1{,}5 = 6$ bo'ladi.

Unda $C_6H_{12} + 9O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$

Reaksiya uchun olingan modda metilsiklopentan bo'ladi.

*Javob:* **E** bo'ladi.

**17.4.** Moy kislotaning natriyli tuzini kaliy ishqor kristallari bilan qizdirilganda quyidagilarning qaysi biri hosil bo'ladi?

1) propan kislotaning natriyli hosilasi; 2) propen; 3) propin; 4) propan; 5) propen; 6) butan; 7) butin.

A) 1, 3; B) 2, 4; C) 5; D) 4; E) 6, 7.

*Yechish.* Karbon kislotalarning ishqoriy metall tuzini kristall holidagi ortiqcha miqdorda olingan ishqor bilan qizdirilganda soda (kislotaning karboksil gruppasi hisobiga) hosil bo'ladi va alkan molekulasi hosil bo'ladi:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COONa + NaOH \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + Na_2CO_3$$

Bu usul laboratoriyada to'yingan uglevodorod olish uchun qo'llanadi.

*Javob:* **D** bo'ladi.

**17.5.** Massasi 100 g bo'lgan etil spirtning 94% li eritmasidan 0,4 massa ulushli eritmasini olish uchun talab etiladigan suv massasini hisoblang. (Spirt bilan suv aralashtirilganda hajm o'zgarishini hisobga olmang.)

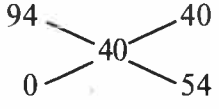
A) 225; B) 135; C) 155; D) 140; E) 150.

*Yechish.* Bu testni uchta usulda yechish mumkin, ularni ko'rib o'tamiz.

1) Berilgan 100 g spirt eritmasida 94 g toza spirt bo'lsa, shu massa tayyorlanishi kerak bo'lgan eritmaning 40% ini tashkil etishi kerak, hosil bo'ladigan eritmaga qancha suv qo'shilganda umumiy massa 100% ni tashkil etsa, $x$ g eritma 100% bo'ladi.

$x = \frac{94 \cdot 100\%}{40\%} = \frac{9400}{40} = 235$ g. Qo'shiladigan suv massasi $235 - 100 = 135$ g bo'ladi.

2) Krest qoidasidan foydalanamiz:




40 massa birlik 100 g bo'lsa,
54 massa birlik $x$ g bo'ladi.

Bunda $x$ qo'shiladigan suv massasiga teng bo'ladi:

$$x = \frac{54 \cdot 100}{40} = 135 \text{ g bo'ladi.}$$

3) Tayyor formula

$$\omega = \frac{m(\text{spirt}) \cdot 100\%}{m(\text{spirt eritmasi}) + x}$$ dan foydalanamiz.

Unda ω – tayyorlanadigan eritmaning massa ulushi (40%), $x$ – qo'shiladigan suv massasi.

Bu formulada ω = 40% va $m$ (spirt) = 94 ga teng.

Bu formulaga tegishli qiymatlarni qo'yib yechamiz

$$40 = \frac{94 \cdot 100}{100 + x} \text{ dan } 4000 + 40x = 9400,\ x = 135 \text{ g bo'ladi.}$$

*Javob:* **B** bo'ladi.

## *18- BOB.* AZOTLI ORGANIK BIRIKMALAR

## 18.1- §. Nitrobirikmalar

**Molekulasida uglerod atomida nitrogruppa – $NO_2$ bo'lgan organik moddalar *nitrobirikmalar* deyiladi.**

Ularni uglerodlarning vodorod atomi o'rnini nitrogruppa olgan hosilalari sifatida qarash mumkin. Nitrogruppalarning soniga qarab mono-, di-, va polinitrobirikmalar bo'ladi.

Nitrobirikmalarning nomi boshlang'ich uglevodorodlar nomiga *nitro* – old qo'shimchani qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi. Masalan:

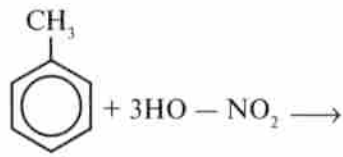
$CH_3NO_2$ nitrometan

$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ 2-nitropentan

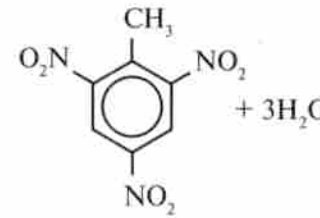
$C_6H_5-NO_2$ nitrobenzol

Bu birikmalarning umumiy formulasi $R-NO_2$.

Organik moddaga nitrogruppani kiritish *nitrolash* deyiladi. Uni turli usullar bilan amalga oshirish mumkin. Aromatik birikmalarga konsentrlangan nitrat va sulfat kislotalarning aralashmasini (birinchisi – nitrolovchi agent, ikkinchisi – suvni tortib oluvchi modda) ta'sir ettirish yo'li bilan ularni oson nitrolash mumkin:




toluol




trinitrotoluol
(trotil)

Trinitrotoluol portlovchi modda sifatida yaxshi ma'lum. U faqat detonatsiyadan portlaydi. Tutaydigan alanga berib, portlamasdan yonadi.

To'yingan uglevodorodlarni nitrolash uchun uglevodorodlarga qizdirib turib va yuqori bosimda suyultirilgan nitrat kislota ta'sir ettiriladi (*M. I. Konovalov reaksiyasi*):

$$\underset{\text{geksan}}{C_6H_{14}} + HNO_3 \rightarrow \underset{\text{nitrogeksan}}{C_6H_{13}NO_2} + H_2O$$

Nitrobirikmalar ko'pincha alkilgalogenidlarni kumush nitrit bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi:

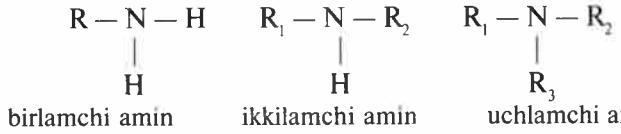
$$C_3H_7I + AgNO_2 \rightarrow C_3H_7NO_2 + AgI$$

Nitrobirikmalar qaytarilganda aminlar hosil bo'ladi.

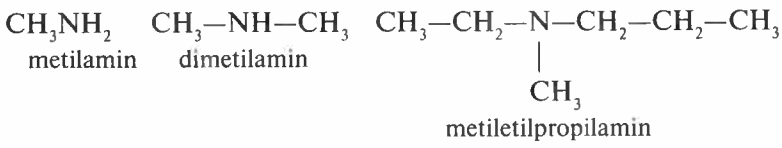
## 18.2- §. Aminlar

**Ammiakning bitta, ikkita yoki uchala vodorod atomi organik radikallarga almashingan hosilalari *aminlar* deyiladi.**

Radikallar soniga qarab, aminlar birlamchi (bitta radikalli), ikkilamchi (ikkita radikalli) va uchlamchi (uchta radikalli) bo'ladi. Aminlarning umumiy formulalari.




Aminlarning nomi odatda ularning molekulasi tarkibiga kirgan radikallarning nomiga – *amin* qo'shimchasini qo'shib hosil qilinadi. Masalan:




Diaminlar – bular molekulasida ikkita aminogruppa – $NH_2$ bo'ladigan organik birikmalardir. Masalan: etilendiamin $H_2N - CH_2 - NH_2$, geksametilendiamin $H_2N-(CH_2)_6 - NH_2$, bu sintetik neylon tola olishda ishlatiladi.

Aminlar ammiakning hosilalari bo'lgani sababli ularda ammiakning kimyoviy xossalari takrorlanadi. Quyi aminlar (metilamin, dimetilamin, trimetilamin) odatdagi sharoitda – ammiak hidi keladigan gazlar, aminlar qatorining o'rta a'zolari – salgina hidi bor suyuqliklar, yuqori a'zolari – hidsiz, qattiq moddalar.

Ammiak kabi aminlar ham suvda eriganda asoslar hosil qiladi:

$$CH_3NH_2 + H_2O \rightarrow [CH_3NH_3]OH$$

metilammoniy gidroksid

$$(CH_3)_2NH + H_2O \rightarrow [(CH_3)_2NH_2]OH$$

dimetilammoniy gidroksid

$$(CH_3)_3N + H_2O \rightarrow [(CH_3)_3NH]OH$$

trimetilammoniy gidroksid

Aminlar asos xossalariga ega bo'lganligi (proton biriktirib oladi) tufayli ular ko'pincha *organik asoslar* deyiladi.

Ammiak singari aminlar ham kislotalar bilan reaksiyaga kirishib, tuzlar hosil qiladi:

$$CH_3NH_2 + HCl \rightarrow [CH_3NH_3]Cl$$

metilammoniy xlorid

$$(CH_3)_2NH + HCl \rightarrow [(CH_3)_2NH_2]Cl$$

dimetilammoniy xlorid

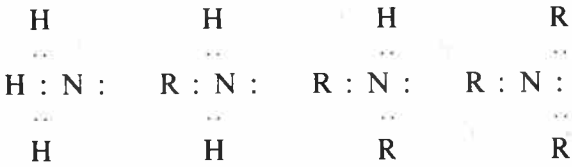
$$(CH_3)_3N + HCl \rightarrow [(CH_3)_3NH]Cl$$

trimetilammoniy xlorid

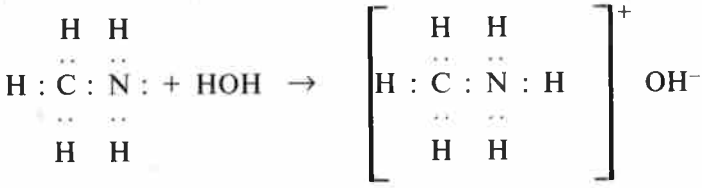
Ammoniy tuzlari kabi aminlarning tuzlari ham – suvda eriydigan kristall moddalar. Ularning suvdagi eritmalari elektr tokini o'tkazadi, chunki ular ionlarga yaxshi dissotsilanadi:

$$[(CH_3)_2NH_2]Cl \rightarrow [(CH_3)_2NH_2]^+ + Cl^-$$

Aminlarning xossalari bilan ammiakning xossalari o'xshashligi ularning elektron tuzilishi bilan izohlanadi. Ma'lumki, ammiakning va aminlarning molekulalarida bo'linmagan erkin elektronlar jufti bor azot bo'ladi:



Suvda eritilganda azot bilan suvning protoni orasida donor-akseptorli mexanizm bo'yicha kovalent bog'lanish vujudga keladi, masalan:



Aminlarning tuzlariga ishqorlar ta'sir ettirilganda aminlar ajralib chiqadi:

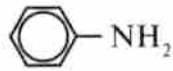
$$[CH_3NH_3]Cl + NaOH \rightarrow CH_3NH_2 + NaCl + H_2O$$

Aminlar havoda yonadi:

$$4CH_3NH_2 + 9O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2N_2 + 10H_2O$$

## 18.3- §. Anilin

Aromatik aminlarning eng oddiy vakili anilin $C_6H_5NH_2$ dir. Uni benzolning molekulasidagi vodorod atomining o'rnini aminogruppa olgan hosilasi yoki ammiakning bitta vodorod atomi fenil radikaliga almashingan hosilasi sifatida qarash mumkin. Anilinning struktura formulasi quyidagicha:



Anilin – o'ziga xos salgina hidi bor, rangsiz, moysimon suyuqlik. U suvdan og'irroq va suvda kam eriydi, lekin spirtda, efirda va benzolda yaxshi eriydi. Zaharli.

Anilinning xossalariga benzol yadrosi ta'sir ko'rsatadi. Benzol yadrosining π-elektronlari azotning bo'linmagan elektronlar jufti bilan o'zaro ta'sirlashib, uni o'z doirasiga tortadi. Buning natijasida azotda elektronlar zichligi kamayadi, proton kuchsizroq bog'lanadi va erkin gidroksil ionlar kam hosil bo'ladi. Shuning uchun anilin juda kuchsiz asos xossalarini namoyon qiladi (bu xossalar to'yingan qator aminlaridagiga va ammiakdagiga qaraganda kuchsiz

bo'ladi). Masalan, anilin eritmasi lakmusni ko'k rangga kiritmaydi, lekin kuchli kislotalar bilan o'zaro ta'sir ettirilganda anilin (to'yingan qator aminlari singari) tuzlar hosil qiladi:

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow \underset{\text{fenilammoniy xlorid}}{[C_6H_5NH_3]Cl} \quad \text{yoki} \quad \underset{\text{anilin xlorid}}{C_6H_5NH_2 \cdot HCl}$$

Anilin xlorid suvda yaxshi eriydi. Agar shunday eritmaga yetarli miqdorda ishqor eritmasidan qo'shilsa, u holda anilin yana erkin holda ajralib chiqadi:

$$C_6H_5NH_2 \cdot HCl + NaOH \rightarrow C_6H_5NH_2 + NaCl + H_2O$$

Benzol halqasiga aminogruppa ancha ta'sir etadi. Bu vodorod atomlari harakatchanligining benzoldagiga nisbatan kuchayishida ko'rinadi. Masalan, anilin odatdagi sharoitda – katalizatorsiz va qizdirmasdan turib bromli suv bilan oson reaksiyaga kirishadi:

$$C_6H_5NH_2 + 3Br_2 \rightarrow C_6H_5Br_3NH_2 + 3HBr$$

Xuddi shu sababli anilin oson oksidlanadi. Havoda anilin oksidlanishi tufayli tez qo'ng'ir rangga kiradi. Boshqa oksidlovchilar bilan ham oson reaksiyaga kirishib, turli xil rangli moddalar hosil qiladi. Masalan, anilin xlorli ohak bilan reaksiyaga kirishganda o'ziga xos gunafsharang paydo bo'ladi. Bu anilinga eng seziluvchan sifat reaksiyalardan biridir. Anilin xromli aralashma (konsentrlangan sulfat kislota bilan kaliy dixromat $K_2Cr_2O_7$ aralashmasi) bilan reaksiyaga kirishganda *qora anilin* deyiladigan qora cho'kma hosil bo'ladi. Bu modda mustahkam bo'yoq sifatida (gazlamalar va mo'ynani qora rangga bo'yash uchun) ishlatiladi. Odatda gazlamaga oldin oksidlovchining eritmasi shimdiriladi. Hosil bo'lgan qora anilin tola g'ovaklariga o'tiradi. U suvda erimaydi va sovun hamda yorug'lik ta'siriga ancha chidamlidir.

**Olinishi.** Anilin va aromatik qatorning boshqa birlamchi aminlari 1842- yilda rus kimyogari N. N. Zinin kashf etgan reaksiya yordamida olingan. Zinin reaksiyasi – bu nitrobirikmalarni qaytarish yo'li bilan aromatik aminlar (shu jumladan, anilin) olish usulidir. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, nitrobirikmalarni qaytarish aminlar olishning umumiy usuli, lekin yagona usuli emas.

N. N. Zinin qaytaruvchi sifatida ammoniy sulfiddan foydalandi:

$$C_6H_5NO_2 + 3(NH_4)_2S \rightarrow C_6H_2NH_2 + 3S + 6NH_3 + 2H_2O$$

Lekin keyinchalik qaytaruvchi sifatida vodorod ishlatila boshlandi. Hozirgi vaqtda sanoatda anilin olishning asosiy usuli nitrobenzolni ozroq miqdordagi xlorid kislota (uning o'rniga ammoniy xlorid ishlatish ham mumkin) ishtirokida cho'yan qirindilari bilan qaytarishdir. Bu jarayonni quyidagi tenglama bilan ko'rsatish mumkin:

$$4C_6H_5NO_2 + 9Fe + 4H_2O \rightarrow 4C_6H_2NH_2 + 3Fe_3O_4$$

Hozirda bu usulni (kontakt usul) nitrobenzol bilan vodorod bug'lari aralashmasini 300°C da katalizator ustidan o'tkazib anilin olish usuli asta-sekin siqib chiqarmoqda:

$$C_6H_5NO_2 + 3H_2 \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$

N. N. Zinin reaksiyasi yordamida anilin ko'plab miqdorlarda olinadi. Boshqa aromatik aminlar, masalan, nitrotoluollardan toluidinlar ham shu yo'l bilan olinadi. Anilin va toluidinlar anilinli bo'yoqlar, dori-darmonlar va ko'pgina qimmatli birikmalar olishda boshlang'ich moddalar hisoblanadi.

Aromatik nitrobirikmalarni aminlarga aylantirishning Zinin kashf etgan usuli kimyo sanoatida yangi davrni boshlab berdi va organik sintez sanoatining, ayniqsa, anilin-bo'yoq va farmatsevtika sanoatining jadal rivojlanishi uchun turtki bo'ldi.

## 18.4- §. Aminokislotalar

**Molekulasida bir vaqtning o'zida ham aminogruppa – $NH_2$, ham karboksil gruppa – COOH bo'lgan organik birikmalar *aminokislotalar* deyiladi.**

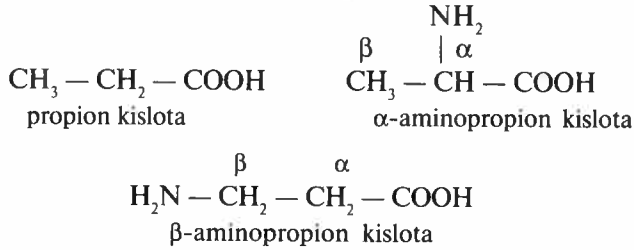
Ularni karbon kislotalarning uglevodorod radikalidagi bitta yoki bir necha vodorod atomlari o'rnini aminogruppa olishidan hosil bo'lgan hosilalari sifatida qarash mumkin. Masalan:

| $CH_3COOH$ | $H_2N-CH_2-COOH$ |
|---|---|
| sirka kislota | aminosirka kislota |

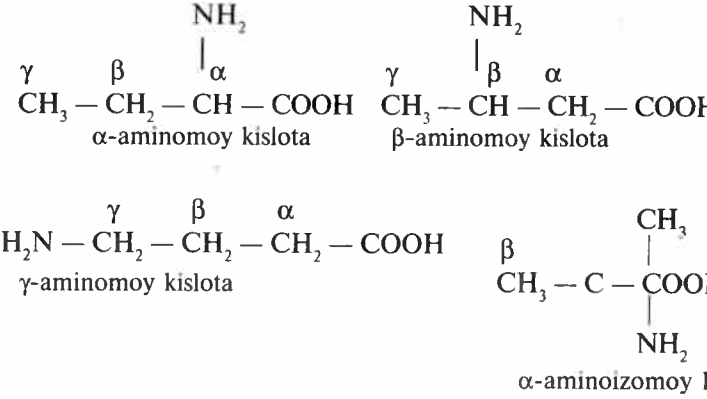
Aminokislotalarning nomi tegishli kislota nomidan *amino-* old qo'shimcha qo'shish bilan hosil qilinadi. Lekin oqsillar tarkibiga kiradigan aminokislotalarning tarixan tarkib topgan amaliy nomlari ham bor, masalan, aminosirka kislota glikokol yoki glitsin, aminopropion kislota – alanin ham deyiladi va h. k.

Aminokislotalarning izomeriyasi aminogruppaning joylashgan o'rniga va uglevodorod radikalining tuzilishiga bog'liq. Amino-

gruppaning karboksilga nisbatan joylashuviga qarab, quyidagicha aminokislotalar bo'ladi: α-aminokislotalar (karboksil gruppadan boshlab hisoblaganda aminogruppa birinchi uglerod atomida bo'ladi), β-aminokislotalar (aminogruppa ikkinchi uglerod atomida bo'ladi), γ-aminokislotalar (aminogruppa uchinchi uglerod atomida bo'ladi) va h. k. Masalan:



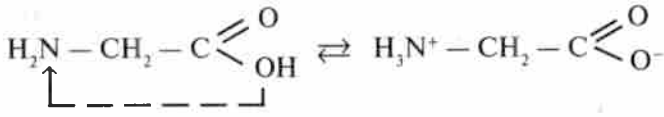

Uglevodorod radikalining tarmoqlanishi bilan bog'liq bo'lgan izomeriya ilgari ko'rib chiqilgan edi. Misol tariqasida $C_3H_6(NH_2)COOH$ tarkibli izomer birikmalarining formulalarini yozamiz:




α-aminokarbon kislotalar eng muhim ahamiyatga ega. Ular tabiatda keng tarqalgan — oqsillar shu kislotalardan tuzilgan. Oksidlardan gidroliz yo'li bilan 22 xil α-aminokislotalar ajratib olingan.

Aminokislotalar – rangsiz kristall moddalar, yuqori temperaturalarda (250°C dan yuqorida) parchalanib, suyuqlanadi. Suvda yaxshi eriydi va efirda erimaydi.

Kimyoviy xossalari jihatidan aminokislotalar – o'ziga xos amfoter birikmalar. Amfoterlik xossalari aminokislotalar molekulalarida aminogruppa bilan karboksil gruppaning bir-biriga ta'siri bilan tushuntiriladi:

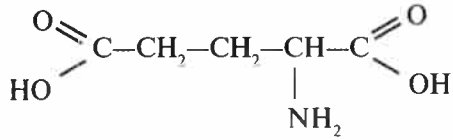


Buni shunday tushuntirish mumkin. Aminokislotaning karboksil gruppasi vodorod ionini ajratadi, so'ngra u o'sha molekulaning aminogruppasiga – azotning bo'linmagan elektron jufti bor joyiga birikadi. Natijada funksional gruppalarning ta'siri neytrallanadi, *ichki tuz* hosil bo'ladi, eritmada vodorod ionlari yoki gidroksilning ortiqchasi bo'lmaydi, shu sababli u indikatorga ta'sir etmaydi. Suvdagi eritmalarda α-aminokislotalar ichki tuz yoki bipolar ion holida bo'ladi:

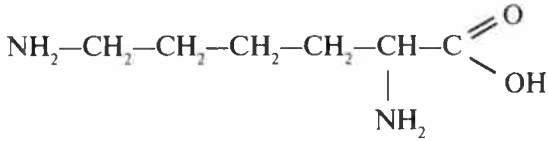
$$H_3N^+ - CH_2 - COO^-$$

Eritmada ionlar borligi sababli u elektr tokini o'tkazadi.

Lekin molekulasida aminogruppa bilan karboksil gruppalarning soni turlicha bo'lgan aminokislotalarning eritmalari indikatorga ta'sir etadi. Masalan, glutamin kislotaning



suvdagi eritmasi kuchli kislotali muhitga ega bo'ladi (karboksil gruppalarning miqdori ko'proq), lizinning



suvdagi eritmasi esa kuchsiz ishqoriy muhitga ega bo'ladi (aminogruppalar ko'proq). Aminokislotalarning amfoter xususiyati ularning ishqorlar va kislotalar bilan reaksiyaga kirishib, tuzlar hosil qilishidan isbotlanadi. Masalan:

$$H_2N-CH_2-COOH + NaOH \rightarrow \underset{\text{glitsinning natriyli tuzi}}{H_2N-CH_2-COONa} + H_2$$

$$H_2N{-}CH_2{-}COOH + HCl \rightarrow HCl{\cdot}H_2N{-}CH_2{-}COOH$$

glitsinning vodorod xloridli tuzi

Shunday qilib, $OH^-$ ionlarning konsentratsiyasi ortganda aminokislotalar anion shaklida (kislota sifatida), $H^+$ ionlarning konsentratsiyasi ko'payganda esa kation shaklida (asos sifatida) reaksiyaga kirishadi, ya'ni,

$$\underset{\text{anion (ishqoriy muhitda)}}{H_2N{-}CH_2{-}COO^- + H_2O} \xrightarrow{OH^-} \underset{\text{bipolar ion}}{[H_3\overset{+}{N}{-}CH_2{-}COO^-]} \xrightarrow{H^+} \rightleftarrows$$

$$\rightleftarrows \underset{\text{kation (kislotali muhitda)}}{H_3\overset{+}{N}{-}CH_2{-}COOH}$$

Aminokislotalar metallar, metallarning oksidlari bilan reaksiyaga kirishib tuzlar, spirtlar bilan reaksiyaga kirishib, murakkab efirlar hosil qiladi.

Aminokislotalar oqsillar gidrolizlanganda gidrolizning oxirgi mahsulotlari sifatida hosil bo'ladi. Lekin ular sintetik yo'l bilan ham olinishi mumkin: masalan, ammiak kislotalarning galogenli hosilalari bilan o'zaro ta'sir ettirilganda aminokislotalar olinadi. Galogenli hosilalar kislotalarni xlorlash yo'li bilan olinadi:

$$CH_3COOH + Cl_2 \rightarrow \underset{\displaystyle Cl}{\overset{\displaystyle |}{CH_2}}{-}COOH + HCl$$

va so'ngra

$$\underset{\text{xlorsirka kislota}}{ClH_2COOH} + 2NH_3 \rightarrow \underset{\displaystyle NH_2}{\overset{\displaystyle |}{CH_2}}{-}COOH + NH_4Cl$$

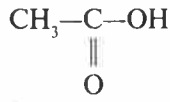
glitsin

Aminokislotalar tirik organizm oqsillarining tuzilishi uchun zarur. Odam va hayvonlar ularni oqsilli ovqat tarkibidan oladi. Ko'pchilik aminokislotalar tibbiyotda dori-darmon sifatida ishlatiladi, ba'zilaridan qishloq xo'jaligida hayvonlar yemiga qo'shib berish uchun foydalaniladi. Tarmoqlanmagan aminokislotalar bifunksional (molekulasida ikkita funksional gruppa bor) monomerlar sifatida sintetik tolalar, shu jumladan, kapron va enant ishlab chiqarish uchun foydalaniladi.

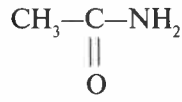
## 18.5- §. Kislotalarning amidlari

**Kislotalarning gidroksil gruppasi aminogruppaga almashingan hosilalari shu *karbon kislotalarning amidlari* deyiladi.**

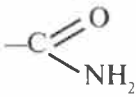
Masalan:



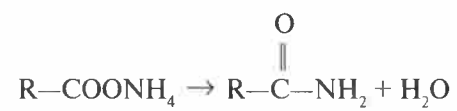
sirka kislota



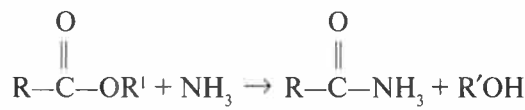
sirka kislotaning amidi

Amidlarning umumiy formulasi $RCONH_2$. Funksional gruppa  *aminogruppa* deyiladi. Amidlarning nomi ular hosil bo'lgan kislotalarning nomiga *amid* so'zini qo'shib hosil qilinadi.

Amidlar karbon kislotalarning ammoniyli tuzlarini qizdirish yo'li bilan olinadi:

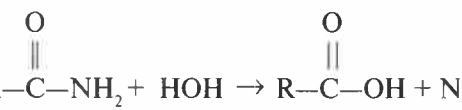


yoki murakkab efirlarga ammiak ta'sir ettirib olinadi:

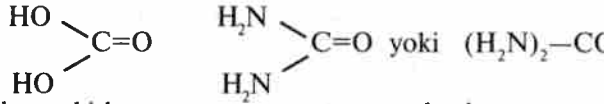


Chumoli kislotaning amidi – suyuqlik, qolgan barcha kislotalarning amidlari – oq kristall moddalar. Quyi amidlar suvda yaxshi eriydi. Amidlarning suvdagi eritmalari lakmusga neytral reaksiya beradi.

Amidlarning juda muhim xossasi – ularning kislota va ishqorlar ishtirokida gidrolizlana olish xususiyatidir. Bunda kislota bilan ammiak hosil bo'ladi:



Kislotalarning amidlari qatoriga m o c h e v i n a kiradi. Bu odam va hayvonlar organizmidagi azot almashinishining oxirgi mahsulotidir. Mochevinani karbonat kislotaning to'liq amidi sifatida qarash mumkin:




karbonat kislota mochevina

Mochevina, boshqacha aytganda, karbamid – suvda yaxshi eriydigan oq kristall modda. Uni dastlab 1828- yilda nemis olimi Vyoler ammoniy sianatdan olgan edi:

$$NH_4OCN \rightarrow H_2N-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$$

Bu sintetik yo'l bilan olingan birinchi organik birikmadir. Sanoatda mochevina uglerod (IV) oksid bilan ammiakdan qizdirib turib (150°C) va yuqori bosimda olinadi:

$$CO_2 + 2NH_3 \rightarrow H_2N-CO-NH_2 + H_2O$$

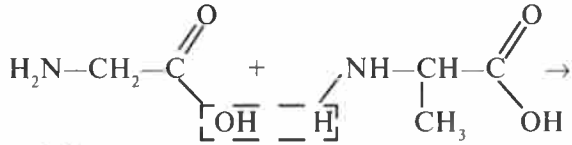
Kuchli mineral kislotalar bilan mochevina tuzlar hosil qiladi.

$$H_2N-CO-NH_2 + HNO_3 \rightleftarrows H_2N-CO-NH_2 \cdot HNO_3$$

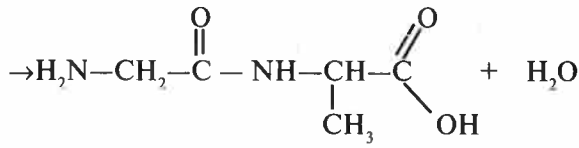
Mochevina – qimmatli, juda konsentrlangan azotli o'g'it (46,6% azot), barcha tuproqlarda va hamma ekinlar uchun keng foydalaniladi. U azot manbayi sifatida hayvonlar ozig'iga qo'shib beriladi. Mochevina – formaldegid smolalar va dori-darmonlar (luminal, veronal va b.) olishda boshlang'ich modda sifatida ham ishlatiladi.

## 18.6-§. Oqsillar

Oqsillar – α-aminokislotalardan tuzilgan murakkab, yuqori molekular tabiiy birikmalardir. Hozirgi tasavvurlarga ko'ra oqsillarga aminokislotalar bir-biri bilan *peptid* (amid) bog'lanishlar (—NH—CO—) orqali bog'lanib, peptid zanjirlar hosil qiladi. Peptid bog'lanishlar bitta aminokislota karboksilining boshqa kislotaning aminogruppasi bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida hosil bo'ladi. Bunda ikkita α-aminokislotadan bir molekula suv ajralib chiqib, peptidlar hosil bo'ladi:



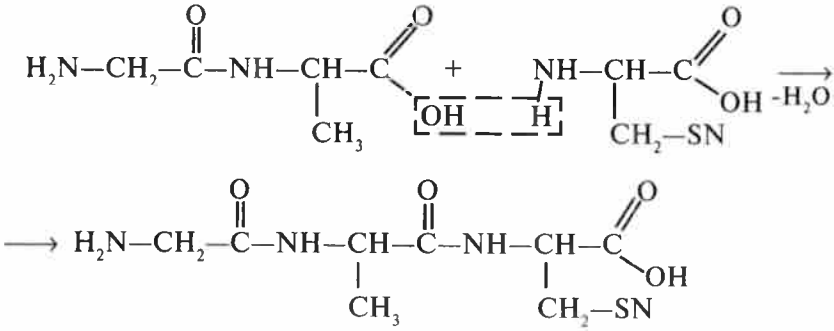

glitsin alanin



*dipeptid (glitsil-alanin)*

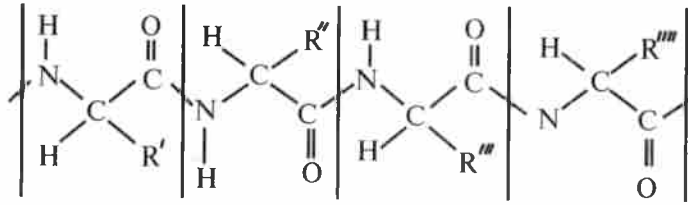
Uchta aminokislotadan tripeptidlar, ko'p sonli aminokislotalardan – polipeptidlar hosil bo'ladi.

Hosil bo'lgan dipeptidda molekulaning uchlarida har qaysi aminokislotadagi kabi funksional gruppalar – karboksil bilan aminogruppa qoladi. Shu sababli, dipeptid o'zining bitta uchi orqali uchinchi aminokislota bilan reaksiyaga kirishib, tripeptid hosil qilishi mumkin:



*Tripeptid (glitsil-alanil-sistein)*

Xuddi shu yo'l bilan tripeptidga, so'ngra pentapeptidga aylanadi va h. k. Nazariy jihatdan polipeptid zanjirning uzunligi istalgancha katta bo'lishi mumkin. Bunday zanjirning tuzilishini umumiy holda ushbu sxema bilan ifodalash mumkin:

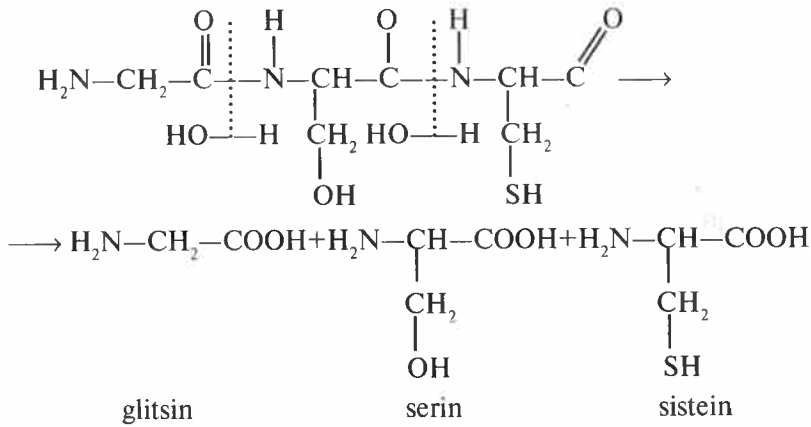


bunda R', R'', R''', R'''' – aminokislotalarning yon radikallari, vertikal chiziqlar bilan alohida aminokislota qoldiqlari ajratib ko'rsatilgan.

Rus biokimyogar olimi A. Y. Danilevskiy o'zining tajribalari asosida 1888- yilda oqsil molekulasida aminokislotalar qoldiqlari orasida peptid bog'lanishlar borligi haqida gipotezani birinchi bo'lib ilgari surdi. Keyinchalik XX asrning boshlarida nemis olimi E. Fisher peptid bog'lanish mavjudligini tajribada tasdiqladi. U 19 ta aminokislota qoldig'idan tarkib topgan polipeptidni sintez qilishga muvaffaq bo'ldi.

Alohida oqsillar molekulalari tarkibiga kiradigan aminokislotalar qoldiqlarining soni turli-tuman bo'lishi mumkin: ular insulinda— 51 ta, mioglobinda – 140 ta atrofida. Oqsillarning molekular massasi shuning uchun ham juda keng chegarada – 20 000 dan bir necha milliongacha o'zgarib turadi. Molekular massasini aniqlash va element analiz qilish asosida oqsil – qon gemoglobini molekulasining empirik formulasi $(C_{738}H_{1166}O_{208}S_2Fe)_4$ aniqlangan.

Oqsillarning tarkibi va tuzilishi haqidagi ma'lumotlar ularning gidrolizlanish mahsulotlarini o'rganish vaqtida olingan. Gidroliz oqsillar kislota yoki ishqorlarning eritmalari bilan qizdirilganda yoki fermentlar ta'sir ettirilganda sodir bo'ladi. Gidrolizning oxirgi mahsulotlari α-aminokislotalar hisoblanadi. Masalan, bitta tripeptidning to'liq gidrolizlanishi uchta aminokislota hosil bo'lishiga olib keladi:




Hozirgi vaqtda oqsillarning ko'pchiligi sifat jihatdan turlicha bo'lgan 22 xil α-aminokislotalardan tarkib topganligi aniqlangan. Bundan oqsillarning makromolekulalarida aminokislotalarning alohida qoldiqlari turli-tuman birikmalar holida ko'p marta takrorlanishi lozim degan xulosa kelib chiqadi. Turli xil oqsillar sonining juda ko'pligiga sabab ana shudir.

Oqsillardan ajratib olingan ba'zi eng muhim aminokislotalarning tuzilishi va nomlarini keltiramiz:

Glitsin $H_2N-CH_2-COOH$

Valin $H_2N-\underset{\displaystyle CH_2-CH(CH_3)_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$

Alanin $H_2N-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$

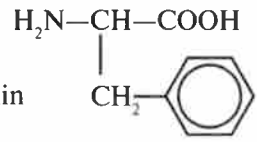
Leysin $H_2N-\underset{\displaystyle CH_2-CH(CH_3)_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$

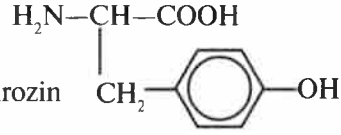
Izoleysin $H_2N-\underset{\displaystyle CH(CH_3)C_2H_5}{\underset{|}{CH}}-COOH$

Serin $H_2N-\underset{\displaystyle CH_2OH}{\underset{|}{CH}}-COOH$

Lizin $H_2N-\underset{\displaystyle CH(CH_2)_3-NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$

Sistein $H_2N-\underset{\displaystyle CH_2SH}{\underset{|}{CH}}-COOH$

Fenilalanin 

Tirozin 

Glutamin kislota $H_2N-\underset{\displaystyle CH_2-CH_2-COOH}{\underset{|}{CH}}-COOH$

Oqsillarni hosil qiladigan aminokislotalarning tarkibi quyidagi umumiy formula bilan ifodalanadi:

$$H_2N-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-COOH$$

bunda radikalda turli xil funksional gruppalar (—CH, —OH, —COOH, $-NH_2$) va halqalar bo'lishi mumkin.

Oqsillarning gidrolizi aslida polipeptid bog'lanishlarning gidrolizidan iborat. Oqsillarning hazm bo'lishi ham ana shunga asoslangan. Ovqat hazm bo'lishida oqsil molekulalari aminokislotalarga qadar gidrolizlanadi, bu kislotalar suvli muhitda yaxshi eriganligi sababli qonga o'tadi va organizmning barcha hujayra hamda to'qimalariga yetib boradi. Bu yerda aminokislotalarning eng ko'p

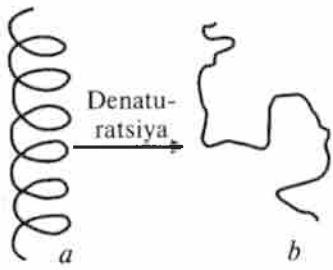
qismi turli a'zo va to'qimalarda oqsillar sintez bo'lishiga, bir qismi – gormonlar, fermentlar va boshqa biologik muhim moddalar sintez bo'lishiga sarflanadi, qolgani esa energiya materiali sifatida xizmat qiladi.

Organik kimyoda tadqiqotning tajribaga asoslangan yangi usullarining paydo bo'lishi va rivojlanishi oqsil strukturasini o'rganishga ancha yutuqlarga erishilishiga sabab bo'ldi. Hozirgi vaqtda oqsil molekulasining birlamchi, ikkilamchi va uchlamchi strukturalari bir-biridan farq qilinadi.

Oqsilning birlamchi strukturasi – uning kimyoviy strukturasi, ya'ni ushbu oqsilning polipeptid zanjirida aminokislotalar qoldiqlarining navbatlashib kelishidir.

Oqsilning ikkilamchi strukturasi – polipeptid zanjirning fazodagi shakli. Rentgen-struktura analizi va tekshirishning boshqa fizika usullari yordamida tabiiy oqsillarning polipeptid zanjirlari buralgan holatda – spiral ko'rinishida bo'lishi aniqlangan. Spiral struktura spiralning yonma-yon o'ramlaridagi aminokislotalar qoldiqlaridagi CO va NH gruppalar orasida vujudga keladigan vodorod bog'lanishlar bilan tutib turiladi (18.1-rasm, *a* da punktir bilan belgilangan). Bunday ikkilamchi struktura α-spiral deb ataladi (18.1- rasm, *a*). Unda vodorod bog'lanishlar spiralning uzun o'qiga parallel yo'nalgan (α-spirallar amorf qismlari bilan navbatlashib keladi).

Hozirgi vaqtda bunday tasavvur jamoatchilik tomonidan e'tirof etilgan. Faqat ozroq sondagi oqsillardagina uzun polipeptid zanjirlar bo'ladi; masalan, tabiiy ipak oqsili – qovushoq sharbatsimon suyuqlik bo'lgan fibroin ana shunday oqsillar qatoriga kiradi, u havoda puxta, erimaydigan ip hosil qilib qotadi.




**18.1-rasm.** Denaturatsiyada oqsil molekulasi konfiguratsiyasining o'zgarishi:

*a* – α-spiral; *b* – tartibi buzilgan oqsil zanjiri.

Oqsilning uchlamchi strukturasi – real uch o'lchamli konfiguratsiya bo'lib, polipeptid zanjirning buralgan spirali fazoda ana shunday shaklga kiradi. Eng oddiy hollarda uchlamchi strukturani o'zi yana spiral bo'lib o'ralgan spiral shaklida tasavvur qilish mumkin. Bunday strukturada fazoda bo'rtib chiqqan va botiq joylari bo'lib, funksional gruppalari tashqariga qaragan bo'ladi. Oqsil

molekulasining o'ziga xosligi, uning biologik faolligi uchlamchi struktura bilan tushuntiriladi.

Oqsillarda uchlamchi strukturani hosil qiluvchi va saqlab turadigan asosiy omillar aminokislotalar qoldiqlarining yonaki radikallari orasidagi bog'lanishlardir (oltingugurt atomlarining disulfid hosil bo'lgan ko'prikchalari —S—S—, aminogruppa bilan karboksildan hosil bo'lgan tuz ko'prikchalari, vodorod ko'prikchalari va h. k.).

Oqsillarning juda turli-tuman xossalari ularning tuzilishi bilan izohlanadi. Ularning eruvchanligi turlicha: ba'zilari suvda eriydi, boshqalari – neytral tuzlarning suyultirilgan eritmalarida eriydi, ayrimlari esa umuman erimaydi (masalan, qoplovchi to'qimalarning oqsillari). Oqsillar suvda eriganida o'ziga xos molekulardispers sistema (yuqori molekular moddaning eritmasi) hosil bo'ladi. Ba'zi oqsillarni (tovuq tuxumining oqsili, qon gemoglobini) kristallar holida ajratib olish mumkin.

Kimyoviy tarkibi jihatdan oqsillar ikki guruhga bo'linadi: a) oddiy oqsillar – *proteinlar*, ular gidrolizlanganda faqat aminokislotalarga ajraladi; b) murakkab oqsillar – *proteidlar*, ular gidrolizlanganda aminokislotalar bilan oqsilmas tabiatli moddalar (uglevodlar, nuklein kislotalar va b.) hosil qiladi; bular oqsil moddalar bilan oqsilmas moddalarning birikmalaridir.

Oqsillar tarkibida karboksil bilan aminogruppa borligi sababli ular aminokislotalar kabi amfoter xossalarni namoyon qiladi. Masalan, ishqorlar ta'sir ettirilganda oqsil anion shaklida reaksiyaga kirishadi – ishqorning kationi bilan birikadi va *albuminat* tuzini hosil qiladi:

$$H_2N-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-COOH + NaOH \rightarrow H_2O + H_2N-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-COONa$$

Kislotalar ta'sir ettirilganda esa oqsil kation sifatida bo'ladi va *sintonin* hosil qiladi:

$$H_2N-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-COOH + HCl \rightarrow \left[H_3\overset{+}{N}-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-COOH\right]Cl^-$$

Agar oqsil molekulasida karboksil gruppalar ko'p bo'lsa, u kislota xossalarini, aminogruppalar ko'p bo'lganda esa – asos xossalarini namoyon qiladi.

Ayrim omillar ta'sirida oqsillarning ikkilamchi va uchlamchi strukturasi buziladi – *oqsilning denaturatsiyasi* sodir bo'ladi. Oqsil denaturatsiyasining mohiyati molekulaning ikkilamchi va uchlamchi strukturasiga sabab bo'ladigan bog'lanishlarning (vodorod ko'prikchasi, tuz ko'prikchasi va boshqa ko'prikchalarning) uzilishidan iborat. Bu esa oqsil molekulasi konfiguratsiyasining buzilishiga olib keladi (18.1- rasm, *b*). Oqsillarning denaturatsiyasiga turli xil reagentlar va sharoitlar: kuchli kislota va ishqorlarning, etil spirtning, og'ir metallar tuzlarining ta'siri, radiatsiya, qizdirish, kuchli chayqalish va b. sabab bo'ladi.

## 18.7- §. Namunaviy masalalar yechish

**1- masala.** Metandan foydalanib va boshqa organik birikmalar ishlatmay turib, qanday qilib anilin olish mumkin? Reaksiyalarning sodir bo'lish shart-sharoitlarini ko'rsating.

*Yechish.* Metanning pirolizini amalga oshirib, asetilen olish mumkin:

$$2CH_4 \xrightarrow{t^\circ} C_2H_2 + 3H_2$$

Asetilendan ko'mir katalizatori ishtirokida benzol olish mumkin:

$$3C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t^\circ} C_6H_6$$

Benzolga nitrolovchi aralashma (konsentrlangan nitrat va sulfat kislotalar aralashmasi) ta'sir ettirilganda nitrobenzol hosil bo'ladi:

$$C_6H_6 + HNO_3 \longrightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$$

Nitrobenzoldan N. N. Zinin reaksiyasi bo'yicha anilin olish mumkin, bunda qaytaruvchi sifatida ammoniy sulfid, kislotali muhitdagi temir yoki katalizator ishtirokida vodoroddan foydalaniladi, masalan:

$$C_6H_5NO_2 + 3H_2 \longrightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$

**2- masala.** 12,8 g kalsiy karbiddan olingan aminosirka kislotani neytrallash uchun kaliy gidroksidning 15% li eritmasidan (zichligi 1,14 g/ml) qancha hajm talab qilinadi?

*Yechish.* Kalsiy karbiddan aminosirka kislota sintez qilish reaksiyalarining tenglamalarini tuzamiz:

a) kalsiy karbiddan asetilen olish

$$CaC_2+2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2+C_2H_2$$

b) aldegidning olinishi (Kucherov reaksiyasi)

$$C_2H_2+H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}} CH_3COH$$

d) asetaldegidni istalgan oksidlovchi bilan oksidlash

$$CH_3COH+[O] \rightarrow CH_3COOH$$

e) sirka kislotani xlorlash

$$CH_3COOH+Cl_2 \rightarrow ClCH_2COOH+HCl$$

f) xlorsirka kislotaning ammiak bilan o'zaro ta'siri

$$ClCH_2COOH+2NH_3 \rightarrow H_2NCH_2COOH+NH_4Cl$$

Kalsiy karbidning molyar massasi 64 g/mol, ya'ni reaksiya uchun quyidagi miqdorda $CaC_2$ olingan:

$$\frac{12,8}{64} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol } CaC_2$$

Reaksiyalarning tenglamalaridan ko'rinib turibdiki, 1 mol $CaC_2$ dan 1 mol aminosirka kislota olinishi mumkin. Demak, 0,2 mol kalsiy karbiddan 0,2 mol kislota olish mumkin.

Kaliy gidroksid bilan neytrallash reaksiyasi:

$$H_2NCH_2COOH+KOH \rightarrow H_2NCH_2COOK+H_2O$$

0,2 mol kislotani neytrallash uchun 0,2 mol KOH kerak bo'ladi. Kaliy gidroksidning massasi $0,2 \cdot 56$ g = 11,2 g, 15% li KOH eritmasining massasi esa

$$\frac{11,2 \cdot 100}{15} \text{ g} = 74,67 \text{ g}$$

KOH eritmasining hajmini topamiz:

$$\frac{74,67}{1,14} \text{ ml} = 65,5 \text{ ml}$$

**3- masala.** Birlamchi amin vodorod bromid bilan hosil qilgan tuzning tarkibida 63,5% brom bo'ladi. Aminni molyar massasining formulasini aniqlang.

*Yechish.* Aminning formulasini $RNH_2$ holida tasavvur qilamiz, bunda R – molyar massasi $x$ g/mol bo'lgan uglevodorod radikali. Amin vodorod bromid bilan reaksiyaga kirishadi:

$$RNH_2+HBr\rightarrow RNH_3Br$$

$RNH_3Br$ ning molyar massasini $(x+97)$ g/mol holida tasavvur qilamiz. Brom atomlarining molyar massasini (80 g/mol) bilgan holda va olingan tuzning 1 moli tarkibida 1 mol brom atomlari borligini e'tiborga olsak, $1\cdot80$ g=80 g 63,5% bo'ladi, $1\cdot(x+97)=$ $=(x+97)$ g–100%, ya'ni

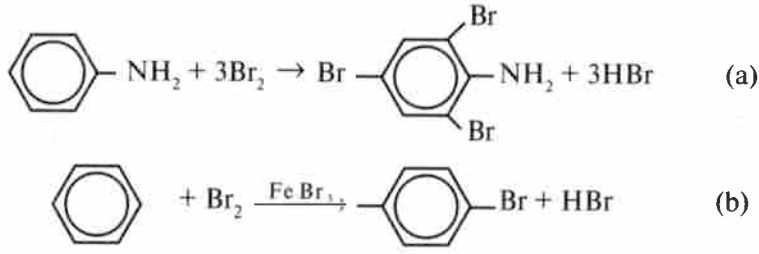
$$80\text{ g} - 63{,}5\%$$
$$(x+97)\text{ g} - 100\%$$

Proporsiya tuzamiz: $80:(x+97)=63{,}5:100$ va uni yechsak, $x=29$ g/mol ekanligini topamiz.

Bunday molyar massa alifatik radikal $C_nH_{2n+1}$ ga to'g'ri kelishi mumkin. Demak, $n\cdot12+(2n+1)\cdot1=29$, bundan $n=2$; u holda radikal – $C_2H_5$. Aminning formulasi $C_2H_5NH_2$, uning molyar massasi esa 45 g/mol ga teng.

**4- masala.** Benzol bilan anilinning 10,9 g aralashmasiga temir (III) bromid ishtirokida 1 kg 3,2% li bromli suv ta'sir ettirib rangsizlantirildi. Aralashmadagi har qaysi moddaning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Anilin va benzol temir (III) bromid ishtirokida bromli suvda erigan brom bilan reaksiyaga kirishadi:




Reaksiyaga kirishgan bromning massasi

$$\frac{1000\cdot3{,}2}{100}\text{ g}=32\text{ g}$$

Shunday belgilashlar kiritamiz: $x$ g – reaksiyaga kirishgan anilinning massasi; $y$ g – (a) sxema bo'yicha reaksiyaga kirishgan bromning massasi. U holda aralashmadagi benzolning massasi $(10{,}9-x)$ g, (b) reaksiyada ishtirok etgan bromning massasi esa $(32-y)$ g ta teng.

Moddalarning molyar massalari: anilinniki – 93, benzolniki – 78, bromniki – 160 g/mol.

Tenglama (a) dan ko'rinib turibdiki, $1 \cdot 93\ g = 93\ g$ anilin bilan reaksiyaga kiritish uchun $3 \cdot 160\ g = 480\ g\ Br_2$ kerak.

U holda

$$93\ g \text{ anilin} - 480\ g\ Br_2$$
$$x\ g \text{ anilin} - y\ g\ Br_2$$

Proporsiya tuzamiz: $93 : 480 = x : y$, bundan

$$93y = 480x$$

(b) tenglamaga ko'ra $1 \cdot 78\ g = 78\ g$ benzol bilan reaksiyaga kiritish uchun $1 \cdot 160\ g = 160\ g\ Br_2$ kerak, u holda (d)

$$78\ g \text{ benzol} - 160\ g\ Br_2$$
$$(10{,}9 - x) \text{ benzol} - \text{„}(32 - y)\text{“}\ g\ Br_2$$

Proporsiya tuzamiz: $78 : 160 = (10{,}9 - x) : (32 - y)$, bundan

$$78(32 - y) = 160(10{,}9 - x) \qquad (e)$$

(d) ham (e) tenglamalar sistemasini yechib, $x = 3{,}1\ g$ ekanligini topamiz. Demak, aralashmada 3,1 g anilin bor, uning massa ulushi quyidagicha:

$$\frac{3{,}1 \cdot 100}{10{,}9} = 22{,}44\ \%$$

Aralashmadagi benzolning miqdori $10{,}9 - 3{,}1 = 7{,}8\ g$, uning massa ulushi:

$$\frac{7{,}8 \cdot 100}{10{,}9} = 71{,}56\ \%$$

## 18- BOBGA DOIR TESTLAR VA ULARNING YECHIMLARI

**18.1.** Tarkibi $C_4H_9N$ bo'lgan moddalar orasida nechta uchlamchi amin mavjud?

A) 3; B) 2; C) 1; D) yo'q.

*Yechish.* Molekulada 4 ta uglerod atomi bo'lsa, ularning azot bilan ikkita $CH_3$ radikalidan tashqari, uchinchi radikalda ikkita uglerod atomli to'yinmagan $—C_2H_3$ radikal bo'lishi mumkin

$$H_3C—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}}—CH=CH_2$$ Boshqa uchlamchi amin yo'q.

*Javob*: **C** bo'ladi.

**18.2.** Quyidagi moddalarning qaysilari bilan oqsil moddalari uchun ksantoprotein reaksiyasini amalga oshirish mumkin?

1) ammiak; 2) magniy gidroksid; 3) dolomit; 4) natriy gidroksid; 5) natriy sulfat; 6) kaliy nitrat; 7) mis (II) sulfat.

A) 1,3; B) 2,5; C) 3,7; D) 4,6.

*Yechish.* Oqsil moddalar tarkibidagi azot atomini aniqlash uchun mistetraammiakatning o'ziga xos rangi paydo bo'lishidan foydalaniladigan jarayonni ksantoprotein reaksiyasi deb ataladi. Shu maqsadda oqsil modda solingan probirkaga ishqor eritmasidan qo'shib unga mis (II) ioni tutgan eritmadan bir necha tomchi qo'shilganda intensiv ko'k tusli eritma hosil bo'ladi.

*Javob:* **E** bo'ladi.

**18.3.** Quyida keltirilgan uglevodorodlardan qaysi birida uglerodning massa ulushi 50% ga teng?

A) $CH_4$; B) $CH_3D$; C) $CT_4$; D) $CD_2T_2$.

*Yechish.* Formulalari keltirilgan moddalarning har biri uglevodorod va ulardagi uglerod atomlari bittadan. Shu sababli birikmadagi uglerod massasiga qolgan vodorodning turli massali atomlari soni ham 12 ga teng bo'lgan massaga ega bo'lishi kerak. Bunday xususiyatga faqat tritiymetan $CT_4$ gina ega bo'ladi.

*Javob*: **C** boladi.

**18.4.** Tarkibi $C_3H_5NO_2$ bo'lgan moddalar nechta bo'lishi mumkin?

A) 9; B) 8; C) 10; D) 7.

*Yechish.* Formulasidan ko'rinishicha, bu moddaning radikali to'yinmagan bo'lishi kerak. Nitrobirikmalarni ko'rib chiqamiz:

1) $CH_3—CH=CH—NO_2$

1-nitropropen-1 (*sis*- va *trans*-izomerlar)

2) $CH_3—C(NO_2)=CH_2$

2-nitropropen-1

3) $CH_2(NO_2)—CH=CH_2$

3-nitropropen-1

4) 

nitrosiklopropan

Bu formula quyidagi aminokislotalarga ham taalluqli

1) $CH_2=\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}-COOH$ 2-aminopropen-2 (2-aminoakril kislota)

2) $CH=CH-COOH$ (3-aminopropen-2-kislota, 3-aminoakril kislota)
$\quad\quad\;\;|$
$\quad\quad NH_2$

3) $CH_2=CH-CH-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow O-NH_4\end{matrix}$

– akril kislotaning ammoniyli tuzi.

*Javob:* **B** bo'ladi.

**18.5.** Formulasi $C_xH_yO_zN_p$ bo'lgan dipeptidning 1,62 g miqdori yetarli miqdordagi kislorodda yonishi natijasida olingan mahsulotlar kalsiy gidroksidi orqali, so'ngra fosfor (V) oksid ustida quritildi. Ortiqcha kisloroddan tozalangan gaz hajmi 2,464 l (n. sh.) bo'lgan. Fosfor (V) oksid massasi 0,9 g ga ortgan, kalsiy gidroksid eritmasidan 5,0 g cho'kma ajratib olingan. Kimyoviy jarayonlarda qatnashmay qolgan inert xususiyatiga ega bo'lgan gazning havoga nisbatan zichligi 0,965, uning hajmi esa 224 ml bo'lgan. Dipeptid tarkibidagi aminokislotaning biri serin ($HO-CH_2-CH(NH_2)COOH$) ekanligi ma'lum bo'lsa, ikkinchi aminokislotani aniqlang.

A) alanin; B) sistein; C) leysin; D) glitsin; E) valin.

*Yechish.* Oxirgi inert xususiyatiga ega bo'lgan gaz moddaning nisbiy molekular massasi $M = 29 \cdot 0{,}965 = 28$ bo'lib, uning modda miqdori $n(N_2) = 0{,}01$ mol, massasi esa 0,28 g ekan.

Fosfor (V) oksidiga yutilgan modda 0,9 g massadagi suv bo'lib, uning miqdori 0,05 mol yoki vodorod massasi $m(H) = 0{,}1$ g bo'ladi.

Kalsiy gidroksid bilan $CO_2$ reaksiyasi mahsuloti $CaCO_3$ dan $n(C) = 0{,}05$ mol, uglerod massasi esa 0,6 g ga teng. Analiz natijasida olingan mahsulotlarni umumiy massasi $0{,}28 + 0{,}10 + 0{,}6 = 0{,}98$ g bo'ladi, boshlang'ich modda tarkibidagi kislorod massasi esa $m(O) = 1{,}62 - 0{,}98 = 0{,}64$ g bo'lib, uning miqdori $n(O) = 0{,}04$ molga teng.

Undan $x$; $y$; $z$; $p$ = 0,05:0,10:0,02:0,04 yoki $C_5H_{10}N_2O_4$ formulani olamiz. Serin tarkibidagi atomlar soni $C_3H_7NO_2$ bo'lib, noma'lum aminokislota tarkibidagi atomlar soni esa $C_2H_3NO_2$ yoki $H_2N-CH_2-COOH$, ya'ni olingan dipeptid serilglitsin yoki glitsilserin ekan.

## UMUMIY KIMYODAN MUSTAQIL YECHISH UCHUN TEST SAVOLLARI

**1.** 18.5. Test savolining javobida keltirilgan kislorod hajmidagi kislorod molekulalari soni nechta bo'ladi?
A) $1{,}6 \cdot 10^{22}$; B) $1{,}8 \cdot 10^{24}$; C) $2{,}1 \cdot 10^{24}$;
D) $2{,}4 \cdot 10^{24}$; E) $1{,}8 \cdot 10^{21}$.

**2.** Ozonning necha gramida kislorod atomlarining soni $2{,}71 \cdot 10^{24}$ dona bo'ladi?
A) 172; B) 260,2; C) 216; D) 164; E) 280.

**3.** Kalsiy gidroksidning necha mol miqdori ortofosfat kislotaning ikki ekvivalenti bilan reaksiyasi oxirigacha sodir bo'ladi?
A) 1,0; B) 2,4; C) 2,8; D) 3,0; E) 1,5.

**4.** Davriy sistemadagi berelliydan poloniygacha o'tkazilgan diagonal chiziq va uning yonlarida joylashgan asosiy gruppacha elementlarining ko'pchilik xususiyatlari (masalan, oksidlari va gidroksidlarining amfoter xususiyatlari) o'zaro juda o'xshash bo'ladi. Bu hodisani tushuntirishda element atomlarining qaysi xususiyatlariga tayanish o'rinli bo'ladi?
1) nisbiy elektrmanfiyliklar qiymati bir-birinikiga yaqin bo'lishi;
2) atom radiuslarining qiymati o'zaro yaqin bo'lishi;
3) ion zaryadining ion radiusiga nisbati yaqin bo'lishi;
4) yadro zaryadining atom radiusiga nisbati yaqin bo'lishi;
5) har bir element atomining elektronga moyilligi yaqin bo'lishi;
6) ionlanish potensiallarining o'zaro yaqin qiymatga ega bo'lishi.
A) 1, 2, 6; B) 1, 3, 5; C) 1, 3, 6;
D) 2, 3, 6; E) 3, 5, 6.

**5.** Quyidagi birikmalarda element atomining valentligi va oksidlanish darajalarining mutlaq (absolut, ya'ni oksidlanish darajasining zaryadini hisobga olinmagan) qiymati bir xil emas?
1) ammoniy ioni; 2) azot (II) oksid; 3) azot (I) oksid; 4) uglerod (II) oksid; 4) azot; 5) vodorod peroksid; 6) etan; 7) benzol; 8) 2,2- dimetilpropan; 9) metan; 10) suv.
A) 1, 4, 5, 6, 7, 9, 10; B) 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10;
C) 4, 5, 7, 8, 9, 10; D) 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8;
E) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

**6.** Perxlorat kislotaning necha molida 4 mol kislorod atomi mavjud?
A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.

**7.** Oksidlanish darajasi +4 bo'lgan *p*-element atomida qolgan valent elektroni soni ikkita bo'lsa, uning minimal va maksimal oksidlanish darajasini toping.
A) −1, +7; B) −2, +6; C) −3, +5; D) −4, +4; E) +2, +6.

**8.** Davriy sistemadagi 3-davr elementlari qatorida o'ngdan chap tomonga o'tishda ularning qaysi xususiyatlari kamayib boradi?
1) ionlanish potensiali; 2) valent elektronlar soni; 3) atom radiusi; 4) protonlar soni; 5) neytronlar soni; 6) energetik pog'onachalar soni; 7) elektronga moyillik; 8) oksidlanish darajasining maksimal musbat qiymati.
A) 1, 2, 4, 6, 8; B) 1, 2, 4, 5, 7; C) 2, 3, 5, 6, 7; D) 1, 3, 5, 6, 8; E) 1, 2, 5, 7, 8.

**9.** Oksidlanish darajasi −3 bo'lgan elementdagi elektronlar soni protonlar sonidan 42 ta ortiq bo'lgan elementning atom massasini toping.
A) 89; B) 56; C) 75; D) 77; E) 96.

**10.** Quyida keltirilgan molekulalardagi (juft) bog'lar soni qatorini toping.
1) kaliy gidrofosfat; 2) ammoniy sulfat; 3) temir (II) fosfat; 4) kaliy permanganat; 5) ammoniy bixromat; 6) kaliy asetat; 7) kalsiy ortofosfat.
A) 7, 6, 4, 2; B) 3, 4, 2, 1;
C) 6, 7, 4, 5; D) 1, 3, 4; E) 2, 4, 7, 6.

**11.** Quyidagi elementlardan qaysilarining asosiy holatida juftlashmagan elektronlari soni bir xil?
1) kaliy; 2) kremniy; 3) ftor; 4) kislorod; 5) vodorod; 6) yod.
A) 2, 4, 5, 6; B) 1, 2, 5, 6;
C) 2, 3, 5; D) 1, 3, 5, 6; E) 1, 2, 5, 6.

**12.** Mendeleyev davriy sistemasining 3-davridagi **A**, **B** va **C** elementlari quyidagi xossalari asosida qaysi ketma-ketlikda joylashgan?
1) **A** oksidning asosli xossasi **B** elementnikidan kuchliroq;
2) **C** elementning qaytaruvchilik xossasi **B** elementnikidan kuchliroq.

A) **A, B, C**; B) **B, A, C**; C) **A, C, B**;
D) **B, C, A**; E) **C, A, B**.

**13.** Oksidlanish darajasi +2 bo'lgan qaysi elementning elektron konfiguratsiyasining oxiri ...$4s^0 3d^4$ bo'ladi?
A) mis; B) xrom; C) temir; D) marganes; E) vanadiy.

**14.** Radioaktiv yemirilish jarayonida $^{226}_{88}Ra$ izotopidan $^{222}_{86}Rn$ izotopi hosil bo'lsa, yadrodan qaysi zarracha ajralib chiqqan?
A) ikkita neytron; B) alfa zarracha; C) ikkita proton;
D) beta zarracha va alfa zarracha; E) pozitron.

**15.** Quyida keltirilgan qatorlarning qaysi birida molekulaning qutblilik darajasi kamayib boradi?
A) vodorod xlorid, fosfin, vodorod sulfid, silan; B) silan, fosfin, vodorod sulfid, vodorod xlorid; C) vodorod xlorid, vodorod sulfid, fosfin, silan; D) fosfin, vodorod sulfid, silan, vodorod xlorid; E) vodorod sulfid, fosfin, silan, vodorod xlorid.

**16.** Quyidagi moddalar orasidan molekular kristall panjaraga ega bo'lganlarini tanlang:
1) oltingugurt (IV) oksid; 2) osh tuzi; 3) vodorod xlorid; 4) kislorod; 5) grafit; 6) oq fosfor; 7) suv.
A) 1, 2, 3, 5, 6; B) 1, 2, 4, 6, 7; C) 2, 3, 4, 6, 7;
D) 3, 4, 5, 6, 7; E) 1, 3, 4, 6, 7.

**17.** Davriy sistemaning bitta gruppasida joylashgan **A** va **B** elementlar o'zaro hosil qilgan birikmasi suvda to'liq gidrolizga uchraydi. Shu reaksiyada hosil bo'lgan gaz modda $BH_n$ ning tarkibida 94,12% vodorod bo'lsa, **A** ning atom massasini toping.
A) 27; B) 40; C) 45; D) 52; E) 65.

**18.** Quyidagi juftlar orasida hosil bo'lgan molekulalardagi kimyoviy bog'lanish hosil qiluvchi umumiy elektron juft biridan ikkinchisiga mutlaqo siljimaganini toping:
1) uglerod-vodorod; 2) uglerod-kremniy; 3) uglerod-oltingugurt; 4) kislorod-ftor; 5) kalsiy-vodorod; 6) xlor-ftor; 7) kislorod-vodorod; 8) azot-xlor.
A) 3, 8; B) 7, 2; C) 3, 7; D) 6, 5; E) 3, 5.

**19.** Quyidagi zarrachalarning qaysilarida elektron konfiguratsiya ...$3s^2 3p^6$ bilan tugallanadi?
1) xlor; 2) argon; 3) kaliy ioni; 4) neon; 5) kalsiy ioni; 6) xlor anioni; 7) gipoxlorit kislotasidagi xlor atomi.
A) 1, 5, 6, 7; B) 2, 3, 5, 6; C) 2, 4, 5, 6; D) 2, 3, 6, 7; E) 1, 3, 4, 6.

*IV QISM*

# KIMYODAN MASALALAR VA ULARNING YECHIMLARI

# UMUMIY KIMYO

## 1. KIMYONING ASOSIY TUSHUNCHA VA QONUNLARI

### Mol. Molyar massa

Molyar massa — bu, modda massasining modda miqdoriga bo'lgan nisbatidir, ya'ni

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}, \qquad (1.1)$$

bunda $M(X)$ — $X$ moddaning molyar massasi; $m(X)$ — $X$ moddaning massasi: $n(X)$ — $X$ moddaning miqdori. Molyar massaning SI birligi — kg/mol, lekin odatda g/mol birligi qo'llaniladi. Massa birligi — g, kg. Modda miqdorining SI birligi — mol.

**1.1.** Massasi 10,8 g bo'lgan metall namunasida aluminiy moddasining qanday miqdori bor?

*Yechish.* Aluminiyning molyar massasi quyidagini tashkil qiladi:

$$M(Al) = 27 \text{ g/mol}.$$

(1.1) tenglama bo'yicha namunadagi aluminiy moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Al) = \frac{m(Al)}{M(Al)}; \qquad n(Al) = \frac{10,8}{27} \text{ mol} = 0,4 \text{ mol}.*$$

**1.2.** Massasi 12 g bo'lgan oltingugurt (VI) oksidda qancha miqdor modda bor?

*Yechish.* Oltingugurt (VI) oksidning molyar massasi:

$M(SO_3) = M(S) + 3M(O)$; $M(SO_3) = (32 + 3 \cdot 16)$ g/mol = 80 g/mol, bunda M(S) va M(O) — atomar oltingugurt va kislorodning molyar massalari.

Oltingugurt (VI) oksid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

---

* Bu va bundan keyingi misollarda birlik belgisi qiymatni belgilovchi sondan keyin, hisoblash oxirida, shuningdek, barcha oraliq hisoblashlardan keyin (qabul qilingan standartga muvofiq) qo'yiladi. Kimyodan o'quv adabiyotlarida quyidagicha yozish ham uchraydi:

$$n(Al) = \frac{10,8}{27 \text{g/mol}} = 0,4 \text{ mol}.$$

$$n(SO_3) = \frac{m(SO_3)}{M(SO_3)}; \quad n(SO_3) = \frac{12}{80}\ \text{mol} = 0,15\ \text{mol}.$$

**1.3.** 0,25 mol miqdordagi moddada natriy karbonat massasini aniqlang.

*Yechish.* Natriy karbonatning molyar massasi:

$M(Na_2CO_3) = 2M(Na) + M(C) + 3M(O);$

$M(Na_2CO_3) = (2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16)$ g/mol = 106 g/mol. $Na_2CO_3$ ning massasini aniqlaymiz:

$$m(Na_2CO_3) = n(Na_2CO_3) \cdot M(Na_2CO_3);$$
$$m(Na_2CO_3) = 0,25 \cdot 106\ \text{g} = 26,5.$$

**1.4.** Massasi 12,8 g bo'lgan molekular bromdagi $Br_2$ brom moddasining miqdorini aniqlang. *Javob*: 0,08 mol.

**1.5.** Miqdori 0,6 mol bo'lgan moddadagi natriy yodid NaI massasini aniqlang. *Javob*: 90 g.

**1.6.** Massasi 22 g bo'lgan temir (II) sulfidda atomar oltingugurt moddasidan qancha miqdorda bor?

*Yechish.* Temir (II) sulfid FeS ning molyar massasi 88 g/mol. FeS moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(FeS) = \frac{m(FeS)}{M(FeS)}; \quad n(FeS) = \frac{22}{88}\ \text{mol} = 0,25\ \text{mol}.$$

Temir (II) sulfidning oddiy formulasidan atomar oltingugurt moddasining miqdori sulfid moddasining miqdoriga tengligi kelib chiqadi, ya'ni

$$n(S) = n(FeS); \qquad n(S) = 0,25\ \text{mol}.$$

**1.7.** Massasi 40,4 g bo'lgan natriy tetraborat $Na_2B_4O_7$ dagi atomar bor moddasining miqdorini aniqlang. *Javob:* 0,8 mol.

**1.8.** Massasi 50,8 g bo'lgan molekular yodda qancha struktura birlik bor?

*Yechish.* $I_2$ ning molyar massasi 254 g/mol ga teng. Molekular yod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(I_2) = \frac{m(I_2)}{M(I_2)}; \quad n(I_2) = \frac{50,8}{254}\ \text{mol} = 0,2\ \text{mol}.$$

Yodning struktura birliklari sonini (berilgan misolda — molekulalarini) Avogadro doimiysi — $N_A$ dan foydalanib aniqlash mumkin:

$$N(I_2) = n(I_2)N_A,$$

bunda $N(I_2)$ — yod (molekulalari)ning struktura birliklari soni $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ 1/mol.

Binobarin,

$$N(I_2) = 0{,}2 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} = 1{,}2 \cdot 10^{23}.$$

**1.9.** Massasi 155 g bo'lgan tetrafosfor — $P_4$ da fosforning qancha atomi bor? *Javob*: $3 \cdot 10^{24}$.

**1.10.** Oltingugurt (IV) oksidning qanday miqdorida oltingugurt massasi 24 g bo'lgan pirit ($FeS_2$) dagidek miqdorda bo'ladi? *Javob:* 0,4 mol.

## Kimyoviy formulalar bo'yicha hisoblash. Massa ulushi

Moddaning massa ulushi sistemadagi berilgan moddaning massasi barcha sistemaning massasiga bo'lgan nisbatidir, ya'ni

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m}, \qquad (1.2)$$

bunda $\omega(X)$ — X moddaning massa ulushi; $m(X)$ — X moddaning massasi; $m$ — barcha sistemaning massasi. Massa ulushi — o'lchamsiz kattalik. U birdan kichik ulushlarda yoki foizlarda ifodalanadi. Atomar xlorning natriy xloriddagi massa ulushi 0,607 yoki 60,7 dir, ya'ni $\omega(Cl) = 0{,}607$*.

**1.11.** Kalsiy karbid ($CaC_2$)dagi uglerodning massa ulushini hisoblang.

*Yechish.* Moddalarning molyar massalari quyidagilarga teng: $M(C) = 12$ g/mol, $M(CaC_2) = 64$ g/mol. Hisoblashlar uchun kalsiy karbidning 1 mol miqdordagi modda namunasini tanlab olamiz, ya'ni $n(CaC_2) = 1$ mol. Bu holda kalsiy karbidning massasi: $m(CaC_2) = n(CaC_2) \cdot M(CaC_2)$; $m(CaC_2) = 1 \cdot 64$ g $= 64$ g ga teng bo'ladi.

Kalsiy karbid $CaC_2$ formulasidan atomar uglerod moddasining miqdori $CaC_2$ moddasining miqdoridan ikki marta ko'p ekanligi ko'rinib turibdi, ya'ni

---

* Bu yerda va keyingi hisoblashlardan $\omega(X)$ qiymatlari faqat ulushlarda qo'llaniladi. Masalalar shartida massa ulushi ulushlarda ham, shuningdek, foizlarda ham beriladi.

$$n(C) = 2n(CaC_2); \qquad n(C) = 2 \text{ mol}.$$

Uglerod massasini aniqlaymiz:

$$m(C) = n(C) \cdot M(C); \qquad m(C) = 2 \cdot 12 \text{ g} = 24 \text{ g}.$$

Karbiddagi uglerodning massa ulushini topamiz:

$$\omega(S) = \frac{m(C)}{m(CaC_2)}; \quad \omega(C) = \frac{24}{64} = 0,375 \text{ yoki } 37,5\%.$$

**1.12.** Marganes (IV) oksid va marganes (VII) oksiddagi marganesning massa ulushini hisoblang. *Javob:* $MnO_2$ da 63,2% va $Mn_2O_7$ da 49,5%.

**1.13.** Bariy digidrat xlorid $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ dagi kristallizatsiya suvining massa ulushini aniqlang. *Javob:* 14,75 %.

**1.14.** Ammofosning mineral o'g'iti tarkibiga ammoniy digidrofosfat $NH_4H_2PO_4$ (massa ulushi 85%), ammoniy gidrofosfat $(NH_4)_2HPO_4$ (8%) va tarkibida azot bo'lmagan aralashmalar kiradi. Ammofosdagi azotning massa ulushini va massasi 200 kg o'g'itdagi atomar azotning miqdorini aniqlang.

*Yechish.* Ammofosdagi ammoniy digidrofosfat va ammoniy gidrofosfat moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$m(NH_4H_2PO_4) = m(\text{ammofos}) \cdot \omega(NH_4H_2PO_4);$$

$$m(NH_4H_2PO_4) = 200 \cdot 0,85 \text{ kg} = 170 \text{ kg};$$

$$m[(NH_4)_2HPO_4] = m(\text{ammofos}) \cdot \omega[(NH_4)_2HPO_4];$$

$$m[(NH_4)_2HPO_4] = 200 \cdot 0,08 \text{ kg} = 16 \text{ kg};$$

$$n(NH_4H_2PO_4) = \frac{m(NH_4H_2PO_4)}{M(NH_4H_2PO_4)};$$

$$n(NH_4H_2PO_4) = \frac{170}{115} \text{ k mol} = 1,48 \text{ k mol};$$

$$n[(NH_4)_2HPO_4] = \frac{m(NH_4H_2PO_4)}{M(NH_4H_2PO_4)};$$

$$n[(NH_4)_2HPO_4] = \frac{16}{132} \text{ k mol} = 0,12 \text{ k mol}.$$

Ammoniy digidrofosfat formulasidan:

$n_1(N) = n(NH_4H_2PO_4)$; $n_1(N) = 1,48$ k mol kelib chiqadi. Ammoniy gidrofosfat formulasidan:

$n_2(N) = 2n[(NH_4)_2HPO_4]$; $n_2(N) = 2 \cdot 0{,}12$ k mol = 0,24 k mol kelib chiqadi.

Massasi 200 kg ammofosdagi atomar azot moddasining umumiy miqdori:

$n(N) = n_1(N) + n_2(N)$; $n(N) = (1{,}48 + 0{,}24)$ k mol = 1,72 k mol bo'ladi.

Azot massasini topamiz:

$m(N) = n(N) \cdot M(N)$; $m(N) = 1{,}72 \cdot 14$ g = 24,1 g.

Ammofosdagi azotning massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(N) = \frac{m(N)}{m(ammofos)}; \quad \omega = (N) = \frac{24{,}1}{200} = 0{,}12 \text{ yoki } 12\ \%.$$

**1.15.** Xromit temirtoshi namunasi tarkibida $Fe(CrO_2)_2$ (massa ulushi 94 %) va $Mg(CrO_2)_2$ (massa ulushi 6%) bor. Massasi 500 kg bo'lgan xromit temirtoshi tarkibidagi xromning massasini toping. *Javob:* 234 kg.

**1.16.** Tarkibida argentit $Ag_2S$ minerali bo'lgan 25 g massa tog' jinsi namunasidan massasi 5,4 g bo'lgan kumush ajratib olingan. Namunadagi argentitning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 24,8 %.

**1.17.** Massasi 500 g bo'lgan marganes (III) oksid va marganes (IV) oksid aralashmasidan qancha massa maganes olish mumkin bo'ladi? Aralashmadagi $Mn_2O_3$ ning massa ulushi 80 %, $MnO_2$ = 20 %. *Javob:* 342 g.

**1.18.** Ba'zi bir metall oksidi tarkibini $Me_2O_3$ eng oddiy formula bilan ifodalash mumkin. Ma'lumki, massasi 76,5 g bo'lgan oksidning tarkibida massasi 40,5 g bo'lgan metall bor. Bu qaysi metall?

*Yechish.* Massasi 76,5 g bo'lgan oksiddagi kislorodning massasini aniqlaymiz:

$m(O) = m(Me_2O_3) - m(Me)$; $m(O) = (76{,}5 - 40{,}5)$g = 36,0 g.

Kislorod moddasining miqdorini topamiz:

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)}; \qquad n(O) = \frac{36{,}0}{16} = 2{,}25 \text{ mol}.$$

Formuladan 1 mol oksid tarkibida 3 mol atomar kislorod moddasi borligi ma'lum bo'lsa, u holda:

$$n(Me_2O_3) = \frac{n(O)}{3}; \qquad n(Me_2O_3) = \frac{2{,}25}{3} \text{mol} = 0{,}75 \text{ mol}.$$

0,75 mol — massasi 76,5 g bo'lgan oksid namunasidagi oksid moddasining miqdori.

Oksidning molyar massasini hisoblaymiz:

$$M(Me_2O_3) = \frac{m(Me_2O_3)}{n(Me_2O_3)};$$

$$M(Me_2O_3) = \frac{76,5}{0,75}\ g/mol = 102\ g/mol.$$

Endi metallning molyar massasini aniqlaymiz:

$$M(Me) = \frac{M(Me_2O_3) - 3M(O)}{2};$$

$$M(Me) = \frac{102 - 3 \cdot 16}{2}\ g/mol = 27 g/mol.$$

Shunday qilib, noma'lum metall — aluminiydir.

**1.19.** Ba'zi bir element oksidda +4 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Bu elementning oksiddagi massa ulushi 71,17%. Bu qanday element? *Javob:* selen.

**1.20.** Element oksidi $EO_3$ tarkibga ega. Bu oksiddagi kislorodning massa ulushi 60%. Qanday element oksid hosil qilgan? *Javob:* oltingugurt.

**1.21.** Massasi 16 g bo'lgan element, massasi 6,4 g bo'lgan molekular kislorod bilan birikib, EO tarkibli oksid hosil qiladi. Bu qanday element ekanligini aniqlang. *Javob:* kalsiy.

### Birikmalarning formulalarini keltirib chiqarish

**1.22.** Oltingugurt oksididagi oltingugurt va kislorodning massa ulushlari 40% va 60%. Bu oksidning eng oddiy formulasini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblash uchun massasi 100 g ga teng, ya'ni $m$(oksid) = 100 g bo'lgan oksid massasini tanlab olamiz. Unda oltingugurt va kislorod massalari:

$m(S) = m(\text{oksid}) \cdot \omega(S)$; $\quad m(S) = 100 \cdot 0,4\ g = 40\ g$;

$m(O) = m(\text{oksid}) \cdot \omega(O)$; $\quad m(O) = 100 \cdot 0,6\ g = 60\ g$.

Atomar oltingugurt va kislorod moddalarining miqdorlari:

$$n(S) = \frac{m(S)}{M(S)}; \qquad n(S) = \frac{40}{32}\ mol = 1,25\ mol;$$

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)}; \qquad n(O) = \frac{40}{32}\ mol = 3,75\ mol\ bo'ladi.$$

Oltingugurt va kislorod moddalarining miqdorlari nisbatini topamiz:

$$n(S) : n(O) = 1,25 : 3,75.$$

Tenglikning o'ng qismini kichik son (1,25)ga bo'lib, $n(S) : n(O) = 1 : 3$ ni hosil qilamiz, ya'ni birikmaning eng oddiy formulasi $SO_3$.

**1.23.** Fosfor xloriddagi xlorning massa ulushi 77,5%. Xloridning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $PCl_3$.

**1.24.** Kimyoviy birikma tarkibiga natriy, fosfor va kislorod kiradi. Elementlarning massa ulushlari: natriyniki — 34,6%, fosforniki — 23,3%, kislorodniki — 42,1%. Birikmaning eng oddiy formulasini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblashlar uchun massasi 100 g, ya'ni $m = 100$ g ga teng bo'lgan birikmaning massasini tanlaymiz. Natriy, fosfor va kislorod massalari:

$m(Na) = m \cdot \omega(Na)$, $m(Na) = 100 \cdot 0{,}346\ g = 34{,}6\ g$;

$m(P) = m\ \omega(P)$; $m(P) = 100 \cdot 0{,}233\ g = 23{,}3\ g$;

$m(O) = m\ \omega(O)$; $m(O) = 100 \cdot 0{,}421\ g = 42{,}1\ g$

ga teng.

Atomar natriy, fosfor va kislorod moddalarining miqdorlarini aniqlaymiz:

$$n(Na) = \frac{m(Na)}{M(Na)}; \qquad n(Na) = \frac{34{,}6}{23}\ mol = 1{,}50\ mol;$$

$$n(P) = \frac{m(P)}{M(P)}; \qquad n(P) = \frac{23{,}3}{31}\ mol = 1{,}75\ mol;$$

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)}; \qquad n(O) = \frac{42{,}1}{16}\ mol = 2{,}63\ mol.$$

Moddalar miqdorlarining nisbatini topamiz:

$$n(Na) : n(P) : n(O) = 1{,}50 : 0{,}75 : 2{,}63.$$

Tenglikning o'ng qismini eng kichik son (0,75) ga bo'lib:

$n(Na) : n(P) : n(O) = 2 : 1 : 3{,}5$ ni hosil qilamiz.

Birikmalar formulalarida odatda, butun sonli koeffitsiyentlardan foydalanilgani uchun, tenglikning o'ng qismini ikkiga ko'paytirish zarur:

$$n(Na) : n(P) : n(O) = 4 : 2 : 7.$$

Demak, birikmaning eng oddiy formulasi $Na_4P_2O_7$.

**1.25.** Ba'zi bir kislotaning tarkibida vodorod massa ulushi (2,2%), yod (55,7%) va kislorod (42,1%) bor. Shu kislotaning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $H_5IO_6$.

**1.26.** Molibden oksidida molibden massasining atomar kislorod massasiga bo'lgan nisbati 2 ga teng. Oksidning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $MoO_3$.

**1.27.** Fosfor va brom birikmasining massasi 81,3 g bo'lgan namunasi tarkibida massasi 9,3 g bo'lgan fosfor bo'ladi. Shu birikmaning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $PBr_3$.

**1.28.** Azotning vodorodli birikmasining molyar massasi 32 g/mol ga teng. Birikmadagi azotning massa ulushi 87,5% bo'lsa, uning formulasini aniqlang. *Javob:* $N_2H_4$.

**1.29.** Aluminiyning uglerodli birikmasida aluminiyning massa ulushi 75% ekanligi ma'lum bo'lsa, birikmaning oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $Al_4C_3$.

**1.30.** Kaliyning marganes va vodorod bilan hosil qilgan birikmasining eng oddiy formulasini aniqlang. Bu moddadagi elementlarning massa ulushlari yuqoridagiga muvofiq 24,7; 34,8 va 40,5% ga teng. *Javob:* $KMnO_4$.

## Gazlarning molyar hajmi. Ideal gazlar qonunlari. Hajmiy ulush

Gazning molyar hajmi gaz hajmining shu gaz miqdoriga bo'lgan nisbatiga teng, ya'ni

$$V_m = \frac{V(X)}{n(X)}, \qquad (1.3)$$

bunda $V_m$ — gazning molyar hajmi — ayni sharoitda har qanday gaz uchun doimiy kattalik; $V(X)$ — $X$ gazning hajmi; $n(X)$ — $X$ gaz moddasining miqdori. Normal sharoitda ($p_n = 1011325$ Pa) $\approx$ 101,3 kPa normal bosim va $T_n = 273{,}15$ K $\approx$ 273 K temperaturada gazlarning molyar hajmi $V_m = 22{,}4$ l/mol* ni tashkil qiladi.

Gazlar bilan bog'liq bo'lgan hisoblashlarda ko'pincha berilgan sharoitdan normal sharoitga yoki aksincha o'tish kerak bo'ladi. Bu o'rinda Boyl-Mariott va Gey-Lyussakning birlashgan gaz qonunidan kelib chiqadigan formuladan foydalanish qulaydir:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_n V_n}{T_n}. \qquad (1.4)$$

*$V_m$ qiymatidan mumkin bo'lgan chetlanishlar bu nashrda hisobga olinmadi.

bunda $p$ — bosim; $V$ — hajm; $T$ — temperatura; „$n$“ — indeksi normal sharoitni ko‘rsatadi.

Gaz aralashmalar tarkibini ko‘pincha hajmiy ulush — berilgan komponentning hajmini sistemaning umumiy hajmiga bo‘lgan nisbati bilan ifodalanadi, ya’ni

$$\varphi = \frac{V(X)}{V}, \qquad (1.5)$$

bunda $\varphi(X)$ — X komponentning hajmiy ulushi; $V(X)$ — X komponentning hajmi; $V$ — sistemaning hajmi. Hajmiy ulush — o‘lchamsiz kattalik, uni birgacha bo‘lgan ulushlarda yoki foizlarda ifodalaydilar.

**1.31.** Hajmi normal sharoitda 30 l bo‘lgan azot qanday massaga ega bo‘ladi?

*Yechish.* Gazning normal sharoitdagi molyar hajmi $V_m = 22{,}4$ l/mol. (1.3) formulaga muvofiq, molekular azot moddasining miqdorini hisoblaymiz:

$$n(N_2) = \frac{V_n(N_2)}{V_m}; \qquad n(N_2) = \frac{30}{22{,}4}\ \text{mol} = 1{,}34\ \text{mol}.$$

Azot massasini aniqlaymiz:

$$n(N_2) = M(N_2) \cdot n(N_2); \qquad m(N_2) = 28 \cdot 1{,}34\ \text{g} = 37{,}52\ \text{g}.$$

**1.32.** Massasi 14,6 g bo‘lgan vodorod xlorid normal sharoitda qanday hajmni egallaydi?

*Yechish.* Vodorod xlorid massasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(HCl) = \frac{m(HCl)}{M(HCl)}; \qquad n(HCl) = \frac{14{,}6}{36{,}5}\ \text{mol} = 0{,}4\ \text{mol}.$$

(1.3) formulaga muvofiq, normal sharoitda vodorod xloridning hajmi:

$$V_n(HCl) = V_m n(HCl); \qquad V_n(HCl) = 22{,}4 \cdot 0{,}4\ \text{l} = 8{,}96\ \text{l}$$

bo‘ladi.

**1.33.** Massasi 51 g bo‘lgan ammiak 20°C temperatura va 250 kPa bosimda qanday hajmni egallaydi?

*Yechish.* Ammiak moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(NH_3) = \frac{m(NH_3)}{M(NH_3)}; \qquad n(NH_3) = \frac{51}{17}\ \text{mol} = 3\ \text{mol}.$$

Normal sharoitdagi ammiakning hajmi:

$V_n(NH_3) = V_m n(NH_3)$; $V_n(NH_3) = 22{,}4 \cdot 3$ l = 67,2 l ni tashkil etadi.

(1.4) formuladan foydalanib, ammiak hajmini ayni sharoitga [temperatura $T = (273 + 20)$ K = 293 K] keltiramiz:

$$V(NH_3) = \frac{p_n T V_n(NH_3)}{p T_n}; \quad V(NH_3) = \frac{101{,}3 \cdot 293 \cdot 67{,}2}{250 \cdot 273} = 29{,}2 \text{ l}.$$

**1.34.** Uglerod (IV) oksid 22°C temperaturada va 500 kPa bosimda hajmi 20 l bo'lgan idishda saqlanadi. Uglerod (IV) oksidning massasini aniqlang. *Javob:* 179,4 g.

**1.35.** Massasi 30,3 g gaz 18°C temperaturada hajmi 15 l bo'lgan idishga to'ldirilgan. Idish ichidagi gazning bosimi 122 kPa ga teng. Gazning molyar massasini aniqlang. *Javob:* 40 g/mol.

**1.36.** Vodorod bromidning vodorodga va havoga nisbatan zichligini aniqlang.

*Yechish.* Gazning nisbiy zichligini topish uchun gazlarning molyar massalarini bilish kerak: M(HBr) = 81 g/mol, $M(H_2) =$ = 2 g/mol. Havo — bu gazlar (asosan, kislorod va azotning) aralashmasidir. Gazlarning havodagi hajmiy ulushlarini bilgan holda, ularning o'rtacha molyar massasini hisoblash mumkin. U odatda 29 g/mol ga teng deb olinadi.

Vodorod bromidning vodorodga nisbatan zichligini aniqlaymiz:

$$D_{H_2}(HBr) = \frac{M(HBr)}{M(H_2)}; \qquad D_{H_2}(HBr) = \frac{81}{2} = 40{,}5.$$

Vodorod bromidning havoga nisbatan zichligini topamiz:

$$D_{havo}(HBr) = \frac{M(HBr)}{M_{havo}}; \qquad D_{havo}(HBr) = \frac{81}{29} = 2{,}8.$$

**1.37.** Vodorod selenidning vodorodga va havoga nisbatan zichligini aniqlang. *Javob:* vodorodga nisbatan — 40,5; havoga nisbatan — 2,8.

**1.38.** Vodorod galogenidning havoga nisbatan zichligi 4,41 ga teng. Shu gazning vodorodga nisbatan zichligini aniqlang va uning nomini ayting. *Javob:* 64, vodorod yodid.

**1.39.** Quyidagi gazlarning qaysilari havodan yengil: uglerod (II) oksid, uglerod (IV) oksid, neon, asetilen — $C_2H_2$, fosfin — $PH_3$? *Javob:* uglerod (II) oksid, neon, asetilen.

**1.40.** Hajmi 56 l bo'lgan argon va hajmi 28 l bo'lgan azotdan iborat gaz aralashmasining vodorodga nisbatan zichligini aniqlang. Gaz hajmlari normal sharoitga keltirilgan. *Javob:* 18.

**1.41.** Shunday gaz aralashmasi borki, undagi gazlarning massa ulushlari: vodorodniki — 35%, azotniki — 65% ga teng. Gazlarning aralashmadagi hajmiy ulushlarini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblash uchun massasi 100 g ga teng, ya'ni m = 100 g bo'lgan gaz aralashmasini tanlab olamiz. Bu holda molekular vodorod va azot moddalarining massalari va miqdorlari quyidagiga teng bo'ladi:

$m(H_2) = m\,\omega(H_2)$; $\quad m(H_2) = 100 \cdot 0{,}35\ g = 35\ g$;

$m(N_2) = m\,\omega(N_2)$; $\quad m(N_2) = 100 \cdot 0{,}65\ g = 65\ g$;

$n(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)}$; $\quad n(H_2) = \frac{35}{2}\ mol = 17{,}5\ mol$;

$n(N_2) = \frac{m(N_2)}{M(N_2)}$; $\quad n(N_2) = \frac{65}{28}\ mol = 2{,}32\ mol$.

Gazlarning molyar hajmi aralashma turgan sharoitda $V_m$ ga teng bo'lsin. U holda gazlarning hajmlari quyidagini tashkil qiladi:

$V(H_2) = V_m n(H_2)$; $\quad V(H_2) = V_m \cdot 17{,}5$;

$V(N_2) = V_m n(N_2)$; $\quad V(N_2) = V_m \cdot 2{,}32$.

Agar gazlar o'zaro kimyoviy birikmagan bo'lsa, u holda gaz aralashmasining hajmi gazlar hajmlarining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$V = V(H_2) + V(N_2)$; $\quad V = (V_m \cdot 17{,}5 + V_m \cdot 2{,}32)\ l = V_m \cdot 19{,}82\ l$.

Gazlarning hajmiy ulushlarini aniqlaymiz:

$\varphi(H_2) = \frac{V(H_2)}{V}$; $\quad \varphi(H_2) = \frac{V_m \cdot 17{,}5}{V_m \cdot 19{,}82} = 0{,}883$ yoki 88,3%;

$\varphi(N_2) = \frac{V(N_2)}{V}$; $\quad \varphi(N_2) = \frac{V_m \cdot 2{,}32}{V_m \cdot 19{,}82} = 0{,}117$ yoki 11,7%.

**1.42.** Teng ulushlardan iborat geliy va argon nodir gazlar aralashmasi bor. Aralashmadagi har bir gazning massa ulushini toping. *Javob:* 9,1% He va 90,9% Ar.

**1.43.** Aralashma uch xil gaz: uglerod (IV) oksid, azot va argondan iborat. Gazlarning hajmiy ulushlari tegishlicha 20, 50 va 30% ga teng. Aralashmadagi gazlarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* 25,3% $CO_2$; 40,2% $N_2$; 34,5% Ar.

**1.44.** Gaz aralashmasi 2,24 l hajmli kislorod va 3,36 l hajmli oltingugurt (IV) oksiddan iborat. Gaz hajmlari normal sharoitga keltirilgan. Aralashmaning massasini aniqlang. *Javob:* 12,8 g.

**1.45.** Massasi 1,4 g bo'lgan vodorod va massasi 5,6 g bo'lgan azotdan iborat gaz aralashmasining normal sharoitda egallaydigan hajmini aniqlang. *Javob:* 20,16 l.

## Kimyoviy tenglamalar bo'yicha hisoblashlar

Kimyoviy tenglamalar bo'yicha hisoblashlar (stexiometrik hisoblashlar) moddalar massasining saqlanish qonuniga asoslangan. Lekin real kimyoviy jarayonlarda reaksiyaning to'liq bormasligidan va moddalarning turlicha isrof bo'lishidan hosil bo'ladigan mahsulotning massasi ko'pincha moddalar massasining saqlanish qonuniga muvofiq bo'lgan miqdoridan kam bo'ladi. Reaksiya mahsulotining unumi real olingan mahsulot massasining uning nazariy hisoblarga muvofiq hosil bo'lishi kerak bo'lgan massasiga nisbatan foizlarda ifodalanishidir, ya'ni

$$\eta = \frac{m_r(X) \cdot 100}{m(X)}, \qquad (1.6)$$

bunda $\eta$ — mahsulotning unumi, %; $m_r(X)$ — real jarayonda olingan mahsulotning massasi; $m(X)$ — $X$ moddaning hisoblangan massasi.

Mahsulot unumi ko'rsatilmagan masalalarda u miqdoriy (nazariy), ya'ni $\eta = 100\%$ deb faraz qilinadi.

**1.46.** Temir, temir (III) oksidni aluminiy bilan qaytarib olish mumkin. Massasi 140 g bo'lgan temir olish uchun aluminiy va temir (III) oksiddan qanday massada olish mumkin?

*1- yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3.$$

Olinishi kerak bo'lgan temir moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Fe) = \frac{m(Fe)}{M(Fe)}; \qquad n(Fe) = \frac{140}{56} \text{ mol} = 2{,}5 \text{ mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan 2 mol miqdorida temir moddasini olish uchun 1 mol $Fe_2O_3$ va 2 mol aluminiy kerak bo'lishi ma'lum, ya'ni

$$\frac{n(Al)}{n(Fe)} = \frac{2}{2} = 1; \qquad \frac{n(Fe_2O_3)}{n(Fe)} = \frac{1}{2}.$$

Bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$n(Al) = n(Fe); \qquad n(Al) = 2{,}5 \text{ mol};$$

$$n(Fe_2O_3) = \frac{n(Fe)}{2}; \qquad n(Fe_2O_3) = \frac{2{,}5}{2} \text{ mol} = 1{,}25 \text{ mol}.$$

Aluminiy va temir (III) oksidning zarur bo'lgan massalarini aniqlaymiz:

$$m(Al) = n(Al) \cdot M(Al); \quad m(Al) = 2{,}5 \cdot 27 \text{ g} = 67{,}5 \text{ g};$$
$$m(Fe_2O_3) = n(Fe_2O_3) \cdot M(Fe_2O_3);$$
$$m(Fe_2O_3) = 1{,}25 \cdot 160 = 200 \text{ g}.$$

*2-yechish.* Masalani proporsiyalar tuzish yo'li bilan ham yechish mumkin.

Reaksiya tenglamasidan 2 mol miqdordagi temir moddasini olish uchun 2 mol aluminiy kerak ekanligi ma'lum:

$2 \cdot 56$ g = 112 g Fe olish uchun $2 \cdot 27$g = 54 g Al kerak bo'ladi.
„ 140 g Fe „ $m$(Al) „

Proporsiya tuzamiz: 112 : 54 = 140 : $m$(Al), bundan topamiz:

$$m(Al) = \frac{140 \cdot 54}{112} \text{ g} = 67{,}5 \text{ g}.$$

Reaksiya tenglamasidan 2 mol miqdordagi temir moddasini olish uchun 1 mol temir (III) oksid kerak bo'ladi.

$2 \cdot 56$ g = 112 g Fe olish uchun $1 \cdot 160$ g = 160 g · $Fe_2O_3$ kerak bo'ladi.
„ 140 g Fe „ $m(Fe_2O_3)$ „

Proporsiya tuzamiz: 112 : 160 = 140 : $m(Fe_2O_3)$, bundan topamiz:

$$m(Fe_2O_3) = \frac{140 \cdot 160}{112} \text{ g} = 200 \text{ g ekanini topamiz.}$$

**1.47.** Massasi 7,1 g bo'lgan fosfor (V) oksidni olish uchun fosforning qanday massasi yondirilishi kerak? *Javob:* 3,1 g.

**1.48.** Massasi 5,15 g bo'lgan natriy bromid — NaBr olish uchun natriy metalidan va bromdan qanday massada olish kerak? *Javob:* 1,15 g natriy va 4 g brom.

**1.49.** Massasi 64,2 g bo'lgan bariy xlorid eritmasi mo'l miqdor sulfat kislota bilan o'zaro ta'sirlashganda qanday massali bariy sulfat hosil bo'ladi? *Javob:* 69,9 g.

**1.50.** Massasi 10,8 g bo'lgan aluminiyni mo'l miqdor xlorid kislotada eritilganda, normal sharoitda qanday hajmda vodorod ajralib chiqadi?

*Yechich.* Aluminiy bilan xlorid kislotaning o'zaro ta'sir reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl + 3H_2\uparrow$$

Reaksiyaga kirishgan aluminiy moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Al) = \frac{m(Al)}{M(Al)}; \qquad n(Al) = \frac{10,8}{27}\ \text{mol} = 0,4\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan 2 mol aluminiy erishidan 3 mol vodorod $H_2$ hosil bo'lishi ma'lum. Binobarin,

$$\frac{n(H_2)}{n(Al)} = \frac{3}{2}.$$

Bundan:

$$n(H_2) = \frac{3n(Al)}{2}; \qquad n(H_2) = \frac{3 \cdot 0,4}{2}\ \text{mol} = 0,6\ \text{mol}.$$

Vodorodning normal sharoitdagi hajmini hisoblab topamiz:

$$V_n(H_2) = V_m n(H_2); \qquad V_n(H_2) = 22,4 \cdot 0,6\ \text{l} = 13,44\ \text{mol}.$$

**1.51.** Massasi 10,7 g bo'lgan ammoniy xlorid olish uchun mo'l miqdor vodorod xlorid bilan (normal sharoitda) ammiakning qanday hajmi reaksiyaga kirishishi kerak? *Javob:* 4,48 l.

**1.52.** Mo'l miqdor xlorid kislotada massasi 6 g bo'lgan magniy va massasi 6,5 g bo'lgan rux eritildi. Bunda normal sharoitda o'lchangan qancha hajmda vodorod ajralib chiqadi? *Javob:* 7,84 l.

**1.53.** Mahsulot unumi 80% ga teng bo'lsa, massasi 20 g bo'lgan oltingugurt (VI) oksid olish uchun qancha hajmdagi oltingugurt (IV) oksidni kislorod bilan oksidlash kerak bo'ladi? Hajmni normal sharoitda hisoblang.

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini tuzamiz:

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3.$$

Mahsulotning miqdoriy unumida hosil bo'ladigan oltingugurt (VI) oksidning massasini (1.6) formuladan foydalanib aniqlaymiz:

$$m(SO_3) = \frac{m_r(SO_3) \cdot 100}{\eta}; \qquad m(SO_3) = \frac{20 \cdot 100}{80}\ \text{g} = 25\ \text{g}.$$

Oltingugurt (VI) oksid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(SO_3)=\frac{m(SO_3)}{M(SO_3)}; \qquad n(SO_3)=\frac{25}{80}\ \text{mol} = 0{,}3125\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan:

$$\frac{n(SO_2)}{n(SO_3)}=\frac{2}{2}.$$

Bundan:

$$n(SO_2) = n(SO_3) = 0{,}3125\ \text{mol}.$$

Oltingugurt (IV) oksidning normal sharoitdagi hajmini hisoblaymiz:

$$V_n(SO_2) = V_m n(SO_2); \quad V_n(SO_2) = 22{,}4 \cdot 0{,}3125\ \text{l} = 7{,}1.$$

**1.54.** Massasi 145 g bo'lgan, tarkibida volfram (VI) oksid va massa ulushi 20% ga teng bo'lgan qaytarilmaydigan aralashmalari bo'lgan ruda konsentrati vodorod bilan qaytarilganda qanday massali volfram olinishi mumkin? Jarayonni amalga oshirish uchun vodorodning qanday minimal miqdori kerak bo'ladi? (Hajmni normal sharoitda hisoblang.) *Javob:* 92 g volfram, 33,6 l $H_2$.

**1.55.** Hajmi 2,8 l bo'lgan (normal sharoitda) vodorod sulfid mo'l miqdor mis (II) sulfat eritmasi orqali o'tkazilganda 11,4% massali cho'kma hosil bo'ladi. Reaksiya mahsulotining unumini aniqlang. *Javob:* 95%.

**1.56.** Massasi 50 g bo'lgan ko'mir yondirilganda uglerod (IV) oksidni bariy gidroksid eritmasi orqali o'tkazildi. Agar ko'mirdagi uglerodning massa ulushi 96% bo'lsa, qanday massali cho'kma hosil bo'lgan? *Javob:* 788 g.

**1.57.** Massasi 2 kg bo'lgan qum mo'l miqdor kaliy gidroksid bilan suyuqlantirildi. Reaksiya natijasida massasi 3,82 kg bo'lgan kaliy silikat olindi. Agar qumdagi kremniy (IV) oksidning massa ulushi 90% ga teng bo'lsa, reaksiya mahsulotining unumini aniqlang. *Javob:* 82,7%.

**1.58.** Tarkibida massasi 25,5 g kumush nitrat bo'lgan eritmaga tarkibida massasi 7,8 g natriy sulfid bo'lgan eritma qo'shildi. Bunda qancha massali cho'kma hosil bo'ladi?

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$2AgNO_3 + Na_2S = Ag_2S\downarrow + O_2 + 2NaNO_3.$$

Kumush nitrat va natriy sulfid moddalarining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(AgNO_3)=\frac{m(AgNO_3)}{M(AgNO_3)};\qquad n(AgNO_4)=\frac{25,5}{170}\ \text{mol}=0,15\ \text{mol}.$$

$$n(Na_2S)=\frac{m(Na_2S)}{M(Na_2S)};\qquad n(Na_2S)=\frac{7,8}{78}\ \text{mol}=0,1\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, kumush nitratning 2 mol miqdoriga 1 mol natriy sulfid kerak bo'ladi. Binobarin,

$$\frac{n'(AgNO_3)}{n'(Na_2S)}=2.$$

Agar $n'(AgNO_3)=n(AgNO_3)$; $n'(AgNO_3)=0,15$ mol bo'lsa, u holda

$$n'(Na_2S)=\frac{1}{2}\,n'(AgNO_3);\quad n'(Na_2S)=\frac{0,15}{2}\text{mol}=0,075\ \text{mol}.$$

0,075 mol — reaksiya uchun kerak bo'ladigan natriy sulfid moddasining miqdori, binobarin, u mo'l miqdorda olingan. Moddaning miqdori va mahsulot massasini hisoblashni kamroq olingan modda, ya'ni kumush nitratning miqdori va massasidan foydalangan holda olib borish zarurdir.

Reaksiya tenglamasidan:

$$\frac{n(AgNO_3)}{n(Ag_2S)}=\frac{2}{1}.$$

Bundan

$$n(Ag_2S)=\frac{n(AgNO_3)}{2};\qquad n(Ag_2S)=\frac{0,15}{2}\ \text{mol}=0,075\ \text{mol}.$$

Kumush sulfid massasini aniqlaymiz:

$m(Ag_2S)=n(Ag_2S)\cdot M(Ag_2S)$; $m(Ag_2S)=0,075\cdot 248\ \text{g}=18,6\ \text{g}$.

**1.59.** Tarkibida massasi 4,5 g bo'lgan kalsiy xlorid eritmasiga tarkibida massasi 4,1 g bo'lgan natriy fosfat eritmasi qo'shildi. Agar mahsulot unumi 88% ni tashkil qilsa, hosil bo'lgan cho'kmaning massasini aniqlang. *Javob:* 3,41 g.

**1.60.** Massasi 1,5 g bo'lgan mis va magniy qirindilari aralashmasiga mo'l miqdor xlorid kislota bilan ishlov berildi. Reaksiya natijasida hajmi 500 ml bo'lgan (normal sharoitda) vodorod ajralib chiqdi. Aralashmadagi misning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Ikkita metalldan faqat magniy xlorid kislota eritmasi bilan o'zaro ta'sir etadi:

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

Ajralib chiqqan vodorod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(H_2) = \frac{V_n(H_2)}{V_m}; \qquad n(N_2) = \frac{0{,}56}{22{,}4}\ \text{mol} = 0{,}025\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan:

$$n(Mg) = n(H_2); \quad n(Mg) = 0{,}025\ \text{mol}.$$

Magniy massasini topamiz:

$m(Mg) = n(Mg) \cdot M(Mg)$; $m(Mg) = 0{,}025 \cdot 24\ g = 0{,}6\ g$.

Aralashmadagi mis massasi quyidagiga teng bo'ladi:

$m(Cu) = m$ (aralashma) $- m(Mg)$; $m(Cu) = (1{,}5 - 0{,}6)g = 0{,}9\ g$.

Aralashmadagi misning massa ulushini hisoblaymiz.

$$\omega(Cu) = \frac{m(Cu)}{m(\text{aralashma})}; \qquad \omega(Cu) = \frac{0{,}9}{1{,}5}\ \text{mol} = 0{,}6 \text{ yoki } 60\%.$$

**1.61.** Kalsiy oksidning kalsiy karbonat bilan aralashmasidagi massa ulushini aniqlash uchun massasi 0,8 g bo'lgan aralashma namunasi mo'l miqdor xlorid kislota bilan ishlandi. Natijada hajmi 112 ml (normal sharoitda) bo'lgan gaz ajralib chiqdi. Aralashmadagi kalsiy oksidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 37,5%.

**1.62.** Hajmi 25 ml bo'lgan idishda vodorod va kislorod aralashmasi bor. Komponentlar orasidagi reaksiya natijasida hajmi 7 ml bo'lgan reaksiyaga kirishmagan kislorod qolgan. Agar barcha hajmlar bir xil sharoitga keltirilgan bo'lsa, aralashmadagi kislorodning hajmiy ulushini aniqlang. *Javob:* 52%.

**1.63.** Massasi 60 g bo'lgan mis va temir aralashmasini xlorlash uchun (normal sharoitda) qanday hajmda xlor kerak bo'ladi? Aralashmadagi misning massa ulushi 53,3%. *Javob:* 28 l.

**1.64.** Massasi 4,9 g bo'lgan ammoniy galogenid parchalanganda, normal sharoitda 1,12 l hajmli ammiak olindi. Qanday galogenid olingan? *Javob:* ammoniy bromid.

**1.65.** Massasi 14,4 g bo'lgan mis (II) oksidni qaytarish uchun kerak bo'ladigan vodorod olish uchun qancha massadagi ruxni sulfat kislotada eritish kerak? Qaytarish uchun vodorod ikki marta mo'l bo'lishi kerakligini hisobga oling. *Javob:* 23,4 g.

**1.66.** Massasi 10 g bo'lgan texnik oltingugurt yonganda ajralib chiqqan gaz mo'lroq natriy gidroksid eritmasi orqali o'tkazildi. Massasi 24 g bo'lgan gidroksid reaksiyaga kirishdi. Texnik mahsulotdagi oltingugurtning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 96%.

## 2. D.I.MENDELEYEVNING DAVRIY QONUNI VA ATOMLARNING TUZILISHI. KIMYOVIY BOG'LANISH

### D.I. Mendeleyevning davriy qonuni

**2.1.** Tartib raqami 42 bo'lgan element D.I.Mendeleyev davriy sistemasining qaysi gruppasida va qaysi davrida joylashgan?

*Yechish.* Elementlar atomlarining tuzilishiga ko'ra davriy sistemada quyidagicha joylashgan: birinchi davrda 2 ta, ikkinchi davrda 8 ta, uchinchi davrda 8 ta element bor. Uchinchi davr tartib raqami 18 bo'lgan element $(2 + 8 + 8 = 18)$ bilan tugaydi. To'rtinchi davrda 18 element bor, ya'ni u tartib raqami 36 bo'lgan element bilan tugaydi. Beshinchi davrda ham 18 element bo'lgani uchun 42- raqamli element beshinchi davrda joylashgan. U oltinchi o'rinni egallaydi, binobarin, oltinchi gruppada (qo'shimcha gruppada) turadi. Bu molibden Mo elementidir.

**2.2.** Tartib raqami 51 bo'lgan element davriy sistemaning qaysi gruppasida va qaysi davrida joylashgan?

**2.3.** Litiy yoki kaliy elementlarining qaysi birida metallik xossalar kuchliroq ifodalangan?

*Yechish.* Litiy yoki kaliy atomlari elektron qavatlarining tuzilishi quyidagicha: Li — $1s^2 2s^1$ va K — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ yoki qisqacha [He] $s^1$ va [Ar] $s^1$. Ikkala atomning tashqi energetik pog'onasida bittadan elektron joylashganligini ko'ramiz. Lekin kaliy atomida tashqi elektron yadrodan uzoqda joylashgan (to'rtinchi energetik pog'onada, litiyda esa — ikkinchida) va, binobarin, osonroq ajraladi. Metallik xossalari elektron berish xususiyatiga bog'liq bo'lganligi sababli, u kaliyda kuchliroq ifodalangan.

**2.4.** D.I. Mendeleyev davriy sistemasining to'rtinchi davridagi qaysi element eng tipik metalldir. Nima uchun?

**2.5.** VI gruppa asosiy gruppachasining elementlari vodorod bilan qanday birikmalar hosil qiladi? Ulardan eng barqarori va eng beqarorining nomini ayting.

*Yechish.* VI gruppa asosiy gruppasidagi elementlar *p*-elementlardir. Ular atomlarining tashqi energetik pog'onasida 6 tadan elektron bor: $ns^2np^4$. Binobarin, vodorodli birikmalarda ular —2 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Birikmalarning formulalari: $H_2O$, $H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$, $H_2Po$.

Elementlarning tartib raqami ortib borishi bilan (kisloroddan poloniygacha) atom radiusi kattalasha boradi, bu esa vodorodli birikmalarning barqarorligini kamaytiradi ($H_2O$ dan $H_2Po$ gacha).

Shunday qilib, yuqoridagi birikmalardan eng barqarori — suv $H_2O$, eng beqarori — $H_2Po$ dir.

**2.6.** Davriy sistemasining IV gruppa *p*- elementlarining vodorodli va kislorodli birikmalarining formulalarini yozing.

**2. 7.** Tartib raqami 23 bo'lgan elementning davriy sistemasidagi o'rniga qarab, kimyoviy xossalarini tushuntirib bering.

*Yechish.* Davriy sistemaga qarab, tartib raqami 23 bo'lgan element V gruppaning qo'shimcha gruppachasida joylashganligini aniqlaymiz. Bu element — V vanadiydir. V ning elektron formulasi: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6 3d^3 3s^2$ yoki qisqacha [Ar] $3d^3\,4s^2$. Binobarin, V — *d*- elementdir.

Bu element +2 oksidlanish darajasini namoyon qilib, 4- pog'onachadan 2 ta elektronni osonlikcha berishi mumkin. Bunda u asosli xossalarini namoyon qiladigan VO oksid va $V(OH)_2$ gidroksid hosil qiladi. Vanadiy qo'shimcha gruppachada joylashganligi uchun vodorodda gazsimon birikmalar hosil qilmaydi.

Vanadiy atomi, shuningdek, oxiridan oldingi energetik *d*- pog'onachadan ham elektronlar berishi mumkin (3 ta elektronni) va shunday qilib, +5 yuqori (element joylashgan gruppa raqamiga son jihatidan teng) oksidlanish darajasini namoyon qilishi mumkin. Yuqori oksidlanish darajasiga mos keladigan oksid $V_2O_5$. Bu oksid kislotali xossalarga ega. Bu oksidning gidroksidi sifatida beqaror bo'lgan metavanadat kislota — $HVO_3$ (uning tuzlari vanadatlar — barqaror birikmalardir) olish mumkin.

**2.8.** Kalsiyning D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasida joylashgan o'rniga asoslanib, uning yuqori oksid, gidroksid va xlorid formulalarini yozing.

**2.9.** Galliy elementining D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasida joylashgan o'rniga qarab, element birikmalarining va oddiy moddasining eng muhim xossalarini izohlab bering.

**2.10.** D.I.Mendeleyev oldindan aytib bergan elementlardan biri oksid hosil qilib, unda kislorodning massa ulushi 0,305 ni tashkil qiladi. Bu oksidda element +4 ga teng oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Shu elementning nisbiy atom massasini aniqlang va uning nomini ayting. *Javob:* 73; germaniy.

**2.11.** Element $EO_3$ tarkibli yuqori oksid hosil qiladi. Birikmada vodorodning massa ulushi 5,88%. Elementning nisbiy atom massasini hisoblang va nomini ayting. *Javob:* 32; oltingugurt.

**2.12.** D.I.Mendeleyev davriy sistemasining to'rtinchi davridagi qaysi element eng tipik metall hisoblanadi? Nima uchun?

## Izotoplar. Yadro reaksiyalari

Moddaning molyar ulushi deb, berilgan modda miqdorining sistemadagi moddaning umumiy miqdoriga bo'lgan nisbatiga aytiladi, ya'ni

$$\chi(A) = \frac{n(A)}{n}; \qquad (2.1)$$

bunda $\chi$ $(A)$ — $A$ moddaning molyar ulushi; $n(A)$ — $A$ moddaning miqdori; $n$ — sistemadagi moddaning umumiy miqdori. Agar, masalan, sistema ikkita modda — A va B dan iborat bo'lsa, unda $n = n(A) + n(B)$. Molyar ulush — o'lchovsiz kattalikdir, u ulushlarda yoki foizlarda ifodalanadi. Molyar ulush yordamida, masalan, tabiatdagi izotoplar miqdori ko'rsatiladi.

**2.13.** Agar $^{10}B$ izotopning molyar ulushi 19,6%, $^{11}B$ izotopniki esa 80,4% bo'lsa, borning nisbiy atom massasini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblashlar uchun $N$ atomlar soniga teng bo'lgan bor namunasini tanlab olamiz. Bunda sistema moddasining (bor elementining) umumiy miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$n = \frac{N}{N_A},$$

bunda $N_A$ — Avogadro doimiysi. $^{10}B$ va $^{11}B$ izotoplarining moddalar miqdorini aniqlaymiz:

$$n\,(^{10}B) = n\chi\,(^{10}B); \qquad n(^{10}B) = 0{,}196\,\frac{N}{N_A}\,\text{mol};$$

$$n\,(^{11}B) = n\chi\,(^{11}B); \qquad n(^{11}B) = 0{,}804\,\frac{N}{N_A}\,\text{mol}.$$

N bor atomidan $^{10}B$ va $^{11}B$ atomlarining sonini aniqlaymiz:

$$N(^{10}B) = n(^{10}B) \cdot N_A; \qquad N(^{10}B) = 0{,}196\ N;$$
$$N(^{11}B) = n(^{11}B) \cdot N_A; \qquad N(^{11}B) = 0{,}804\ N.$$

$^{10}B$ va $^{11}B$ atomlari massalarini nisbiy birliklarda hisoblab chiqaramiz:

$$m_r(^{10}B) = N(^{10}B) \cdot A_r(^{10}B); \qquad m_r(^{10}B) = 0{,}196\ N \cdot 10 = 1{,}96\ N;$$
$$m_r(^{11}B) = N(^{11}B) \cdot A_r(^{11}B); \qquad m_r(^{11}B) = 0{,}804\ N \cdot 10 = 8{,}844\ N;$$

$N$ bor atomi massasini nisbiy birliklarda hisoblaymiz:

$$m_r(B) = m_r(^{10}B) + m_r(^{11}B);$$
$$m_r(B) = 1{,}96\ N + 8{,}844\ N = 10{,}804\ N \approx 10{,}8\ N.$$

Bir atom borning o'rtacha nisbiy massasini, ya'ni bor kimyoviy elementining nisbiy atom massasini aniqlaymiz:

$$A_r(B)=\frac{m_r(B)}{N}; \qquad A_r(B)=\frac{10{,}8N}{N}=10{,}8.$$

**2.14.** Misning ikkita izotopi bor: $^{63}Cu$ va $^{65}Cu$. Tabiiy misda ularning molyar ulushlari 73 va 27% dir. Misning o'rtacha nisbiy atom massasini aniqlang. *Javob:* 63,5.

**2.15.** Kremniy uchta izotopdan iborat bo'lsa: $^{48}Si$ (molyar ulushi 92,3%), $^{29}Si$ (4,7%) va $^{30}Si$ (3,0%) kremniy elementining nisbiy atom massasini aniqlang. *Javob:* 28,1.

**2.16.** Tabiiy xlorning ikkita izotopi bor. $^{35}Cl$ va $^{37}Cl$. Xlorning nisbiy atom massasi 35,45 ga teng. Har bir xlor izotopining molyar ulushini aniqlang.

*Yechish.* $^{38}Cl$ izotopining tabiiy xlordagi molyar ulushini $x$ harfi bilan belgilaymiz, ya'ni $\chi(^{35}Cl) = x$. Unda $\chi(^{37}Cl) = 1-x$.

$N$ dona xlor atomidagi moddaning miqdori:

$$n=\frac{N}{N_A} \text{ bo'ladi.}$$

$$n(^{35}Cl) = n\chi(^{35}Cl); \qquad n(^{35}Cl) = \frac{N}{N_A}x;$$

$$n(^{37}Cl)\ n\chi(^{37}Cl); \qquad n(^{37}Cl) = \frac{N}{N_A}(1-x).$$

$N$ tabiiy xlor atomlaridagi $^{35}Cl$ va $^{37}Cl$ atomlarining bor sonini aniqlaymiz:

$$N(^{35}Cl) = n(^{35}Cl)\cdot N_A; \qquad N(^{35}Cl) = N_x;$$
$$N(^{37}Cl) = n(^{37}Cl)\cdot N_A; \qquad N(^{37}Cl) = N(1-x).$$

Atomlar massasi nisbiy birliklarda quyidagicha bo'ladi:

$$m_r(^{35}Cl) = N(^{35}Cl)\cdot A_r(^{35}Cl); \qquad m_r(^{35}Cl) = N_x\cdot 35;$$
$$m_r(^{37}Cl) = N(^{37}Cl)\cdot A_r(^{37}Cl); \qquad m_r(^{37}Cl) = N(1-x)37.$$

Bitta atomning o'rtacha massasini aniqlaymiz:

$$A_r(Cl)=\frac{m_r(Cl)}{N}; \qquad A_r(Cl)=\frac{N_x\cdot 35+N(1-x)37}{N} = 37-2x.$$

$A_r(Cl) = 35{,}45$ bo'lganidan, $35{,}45 = 37-2x$ tenglamasini tuzamiz.

Bu tenglamani yechib, quyidagini olamiz:

$$x = 0{,}775, \qquad 1-x = 1-0{,}775 = 0{,}225.$$

Shunday qilib, $\chi(^{35}Cl) = 0{,}775$ (77,5%); $\chi(^{37}Cl) = 0{,}225$ (22,5%).

**2.17.** Neonning nisbiy atom massasi 20,2 ga teng. Neon ikkita izotopdan tarkib topgan: $^{20}Ne$ va $^{22}Ne$. Tabiiy neondagi har qaysi izotopining molyar ulushini hisoblang. *Javob:* 90% $^{20}Ne$ va 10% $^{22}Ne$.

**2.18.** Tabiiy brom ikki izotopdan tashkil topgan. $^{79}Br$ izotopining molyar ulushi 55% ga teng. Agar bromning nisbiy atom massasi 79,9 ga teng bo'lsa, brom elementi tarkibiga yana qanday izotop kiradi? *Javob:* $^{81}Br$.

**2.19.** $^{12}C$ uglerod izotopidan va kislorodning uchta: $^{16}O$, $^{17}O$ va $^{18}O$ izotoplaridan uglerod (VI) oksid molekulalarining necha xilini olish mumkin? *Javob*: molekulalarning 6 xili.

**2.20.** $^{209}_{83}Bi$ izotopini α-zarrachalar bilan (geliy atomlari yadrolari bilan) nurlantirib, astat elementi ($^{211}_{85}At$ izotopi) olingan.

Yadro reaksiyasining tenglamasini to'liq va qisqartirilgan shakllarda yozing.

*Yechish.* Yadro reaksiyalari tenglamalarini tuzishda moddalar massasining saqlanish qonunini e'tiborga olish kerak (bunda elektronlar massasi e'tiborga olinmaydi). Bundan tashqari, tenglamaning chap va o'ng qismidagi barcha zarrachalarning zaryadlari o'zaro teng bo'lishi kerak.

Tenglamaning chap tomoniga reaksiyaga kirishadigan yadrolar, o'ng tomoniga — reaksiya mahsulotlarini yozamiz. Atomlarning tartib raqamlari va nisbiy massalarini hisobga olgan holda reaksiyaning sxemasini yozamiz:

$$^{209}_{83}Bi + \frac{4}{2}\alpha \rightarrow {}^{211}_{85}At + x.$$

Ravshanki, $x$ zarracha (chunki, $83 + 2 = 85$) zaryadi 0 va atom massasi $209 + 4 - 211 = 2$ ga teng bo'lishi kerak. Zaryadi 0 bo'lgan zarracha — bu, ${}^{1}_{0}n$ neytrondir, binobarin, ikkita neytron hosil bo'lishi kerak. Tenglamaning yakuniy ko'rinishi:

$$^{209}_{83}Bi + \frac{4}{2}\alpha = {}^{211}_{85}At + 2{}^{1}_{0}n$$

yoki qisqartirilgan shaklda:

$^{209}_{83}Bi\ (\alpha,\ 2n)\ ^{211}_{85}At.$

**2.21.** Quyidagi yadro reaksiyalarining tenglamalarini tugallang va ularni qisqartirilgan shaklda yozing:

a) $^{52}_{24}Cr + n \rightarrow ^{52}_{23}V + ...$; b) $^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + ...$ ;

d) $^{55}_{25}Mn + n \rightarrow ^{52}_{23}V + ...$ .

**2.22.** Texnetsiy atomi yadrosidagi (atom massasi 99 bo'lgan izotop) va radiy atomi yadrosidagi (atom massasi 226 bo'lgan izotop) protonlar va neytronlar sonini hisoblang. *Javob:* Tc (43 *p*, 56 *n*); (88 *p*, 138 *n*).

## Atomlar elektron qobiqlarining tuzilishi

**2.23.** Atomning 3*d*- pog'onachasida uchta elektron bo'lgan elementning elektron formulasini yozing. Bu element qaysi davr, gruppa va gruppachada joylashgan va bu element qanday ataladi?

*Yechish.* 4*s*- pog'onacha tugallangandan so'ng, 3*d*- pog'onacha elektronlar bilan to'lib boradi:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3 \quad \text{yoki} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2.$$

Atomdagi elektronlarning umumiy soni davriy sistemada elementning tartib raqamini belgilaydi — 23. Bu — vanadiy. Elektron formulasidan ko'rinib turibdiki, bu element to'rtinchi davrda, V gruppaning (beshta valent elektronlari: $3d^3$, $4s^2$) qo'shimcha gruppachasida (*d*- oila elementli joylashgan).

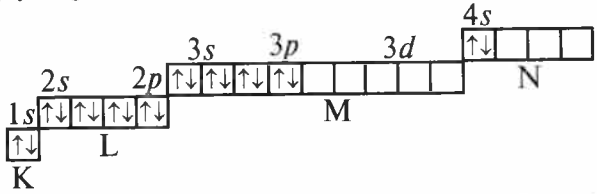
**2.24.** Tartib raqami 20 bo'lgan elementning elektron formulasini va qisqartirilgan elektron formulasini tuzing. Elektronlarning orbitallar bo'yicha taqsimlanishini ko'rsating.

*Yechish.* Tartib raqami bo'yicha xulosa chiqaramiz: atomda 20 ta elektron bor. Bu element — kalsiy. Elektron formulasi eng kichik energiya prinsipiga muvofiq, quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2\ (2 + 2 + 6 + 2 + 6 + 2) = 20.$$

Elektron formulasining kompakt (ixcham) ko'rinishda yozilishi — uning qisqartirilgan elektron formulasi deyiladi — bu $[Ar]4s^2$. Bunda inert gazlarning elektron pog'onalariga mos keladigan qismi (kvadrat qavslardagi) gazlarning simvoli bilan belgilanadi va uning yoniga boshqa elektronlarning tasviri chiziladi.

Kalsiyning elektron formulasi elektronlarning orbitallari bo'yicha quyidagicha taqsimlanadi:




**2.25.** Yod elementining elektron formulasini yozing. Elektronlarning orbitallari bo'yicha taqsimlanishini ko'rsating.

**2.26.** Tartib raqamlari 15, 29 va 51 bo'lgan elementlar atomlarida qancha elektron pog'onalari bo'ladi?

**2.27.** Tartib raqamlari 13, 27 va 56 bo'lgan elementlar uchun elektron formulalarni yozing va elektronlarning orbitallar bo'yicha taqsimlanishini tasvirlang.

**2.28.** Tartib raqami 32 va 40 bo'lgan elementlar uchun elektronlarning orbitallar bo'yicha taqsimlanishini tasvirlang.

**2. 29.** Elementning elektron formulasining oxiri ... $3d^6 4s^2$ bilan tugaydi. Shu elementning tartib raqamini aniqlang. *Javob:* 25.

**2.30.** $Fe^{3+}$ va $S^{2-}$ ionlarining elektron formulalarini yozing.

## Kimyoviy bog'lanish. Valentlik va oksidlanish darajasi

**2.31.** HF, HCl, HBr, HI qatorda birikmalar barqarorligi qanday o'zgarib boradi?

*Yechish.* Bu ikki atomli molekulalarda bog'lanishning barqarorligi bog'lanish uzunligiga bog'liqdir. Atom radiusi ftordan yodga tomon oshishi sababli, H — galogen bog'lanishning uzunligi bu yo'nalishda ortadi, ya'ni birikmalar barqarorligi ftordan yod tomon kamayadi.

**2.32.** Oltingugurt kaliy, vodorod, brom va uglerod bilan kimyoviy bog'lanish hosil qiladi. Bog'lanishlarning qaysi biri kuchli qutblangan va qaysi biri kuchsiz qutblangan bog'lanishdir? Bog'lanish elektronlarning zichligi qaysi atom tomoniga siljiganligini ko'rsating.

*Yechish.* Elementlar nisbiy elektrmanfiylik qiymatlaridan foydalanib, oltingugurt va u bilan kimyoviy bog'lanish hosil qiladigan elementlar nisbiy elektrmanfiyliklarining farqini topamiz:

a) oltingugurt — kaliy; 26 — 0,91 = 1,69 oltingugurt atomi tomoniga siljigan;

b) oltingugurt — vodorod; 2,6 — 2,1 = 0,5 oltingugurt atomi tomoniga siljigan;

d) oltingugurt — brom; 2,6 — 2,74 = 0,14 oltingugurt atomi tomoniga siljigan;

e) oltingugurt — uglerod; 2,6 — 2,5 = 0,1 oltingugurt atomi tomoniga siljigan.

Nisbiy elektrmanfiylik farqining absolut qiymati qancha katta bo'lsa, bog'lanish shuncha qutbli bo'ladi. Ushbu misolda oltingugurt — kaliy orasidagi bog'lanish kuchli qutblangan. Oltingugurt — uglerod orasidagi bog'lanish kuchsiz qutblangan.

**2.33.** Ushbu bog'lanishlardan qaysi biri kuchli qutblangan bog'lanishdir: H — Cl, H — Br, H — I, H — S, H — P? Bog'lanishning elektron zichligi atomlarning qaysi biri tomoniga siljishini ko'rsating. *Javob:* $H \rightarrow Cl$.

**2.34.** Quyida keltirilgan birikmalarda bog'lanish qaysi birida eng kuchli qutblangan va qaysi birida kuchsiz qutblangan (yechish uchun 4-ilovadan foydalaning)? *Javob:* NaBr da eng kuchli qutblangan, eng kuchsiz — NaI da.

**2.35.** Quyidagi moddalarda azotning oksidlanish darajasini aniqlang: a) $N_2O_4$; b) $(NH_4)2CO_3$; d) $NO_2^-$.

*Yechish.* 1. Azotning oksidlanish darajasi $x$, kislorodniki $-2$. Molekulalar neytralligini nazarga olib, quyidagi tenglamani tuzamiz:

$$2x + 4(-2) = 0,$$

bundan $x = +4$, ya'ni $N_2O_4$ da azotning oksidlanish darajasi +4 ga teng.

2. Vodorodning oksidlanish darajasi +1 ga, kislorodniki — 2 ga, karbonatlardagi uglerodniki (karbonat kislotaning $H_2CO_3$ tuzlarida) + 4 ga, azotniki $x$ ga teng. Tenglama tuzamiz:

$$2x + 2 \cdot 4(+1) + (+4) + 3(-2) = 0,$$

bundan $x = -3$, ya'ni $(NH_4)_2CO_3$ dagi azotning oksidlanish darajasi $-3$ ga teng.

Kislorod va azotning oksidlanish darajalari $-2$ va $x$. $NO_2^-$ ionining zaryadi $-1$ ga teng ekanligini hisobga olib, tenglama tuzamiz:

$$x + 2(-2) = -1,$$

bundan $x = +3$, ya'ni $NO^{2-}$ ionidagi azotning oksidlanish darajasi +3 ga teng.

**2.36.** Quyidagi birikmalarda temirning oksidlanish darajasini aniqlang: a)$Fe_3(PO_4)_2$; b)$K_2FeO_4$; d)$Fe(OH)SO_4$; e)$FePO_4$; f) $Fe_3O_4$. *Javob:* a)+2; b)+6; d)+3; e)+3; f)+8/3.

**2.37.** Quyidagi birikmalarda elementlarning oksidlanish darajasi nimaga teng: a)$Na_2B_4O_7$; b)$Bi_2(SO_4)_3$? *Javob:* a)Na +1; O −2; B +3; b) Bi +3; O −2; S +6 ga teng.

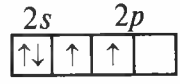
**2.38.** Quyidagi moddalarda xlorning oksidlanish darajalarini hisoblang: a)$KClO_3$; b)$Cl_2$; d)NaClO; e)$Ca(ClO)_2$; f)$AlCl_3$. *Javob:* a) +5; b) 0; d) +1; e) +1; f) −1.

**2.39.** a) $NH_4Cl$; b) $N_2H_4$; d)$NH_2OH$; e)$Ca(NO_3)_2$; f)$Pb(NO_2)_2$ birikmalarda azotning oksidlanish darajasini hisoblang. *Javob:* a) −3; b) −2; d) −1; e) +5; f)+3.

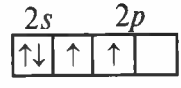
**2.40.** a) $H_2O_2$; b)$K_2Cr_2O_7$; d)$CaCO_3$; e)$Mg_3N_2$; f)$C_2H_4$ birikmalarda elementlarning oksidlanish darajalarini aniqlang. *Javob:* a) +1 va −2; b)+1, +6, −2; d) +2, +4, −2; e) +2, −3; f) −2, +1.

**2.41.** Nima uchun uglerod o'z birikmalarining ko'pchiligida to'rt valentlidir?

*Yechish.* Uglerodning qo'zg'almagan atomida elektronlar tashqi energetik pog'onada orbitallar bo'yicha shunday taqsimlanadi:

$_6C \quad n = 2$ 

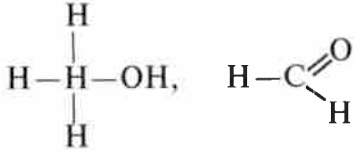

Bu sxemaga muvofiq, uglerod ikki valentli, chunki valentlik oddiy hollarda juftlashmagan elektronlar soni bilan aniqlanadi. Lekin uglerod atomiga bitta bo'sh 2*p*- orbital bo'lib, nisbatan ozgina energiya sarflanganda bitta 2*s*- elektron 2*p*- holatga o'tadi, natijada juftlanmagan elektronlar soni to'rtgacha ortadi:

$_6C^* \quad n = 2$ 


2*s* dan 2*p* elektronlar o'tishiga sarflangan energiya esa ikkita qo'shimcha bog'lanishlar yuzaga kelishi natijasida ajraladigan energiya bilan qoplanadi.

**2.42.** $CH_3OH$, HCOOH birikmalarda uglerodning valentligi va oksidlanish darajasini aniqlang.

*Yechish.* Bu birikmalarning struktura formulalari




dan bu birikmalarda uglerod to'rt

valentli ekanligi ma'lum, uning oksidlanish darajasi esa $CH_3OH$ da: $x + 3\ (+1) + (-2) + 1 = 0$; $x = -2$ ga, HCOH da: $1 + x + (-2) + 1 = 0$, $x = 0$ ga teng.

**2.43.** a) $C_2H_6$; b) $CO_2$; d) HCOOH birikmalarda uglerodning valentligi va oksidlanish darajasini aniqlang. *Javob:* a) 4 va −3; b) 4 va +4; d) 4 va +2.

**2.44.** Oltingugurt ftor bilan birikkanda yuqori musbat oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Hajm 1 litr bo'lgan (normal sharoitda) gaz holidagi oltingugurt (VI) ftoridning massasini va uning vodorodga nisbatan zichligini hisoblang. *Javob:* 6,5 g; 73.

**2.45.** +4 oksidlanish darajasini namoyon qiladigan metall, massa ulushi 40% bo'lgan kislorod bilan birikib, oksid hosil qiladi. Bu qaysi metall? *Javob:* titan.

## 3. KIMYOVIY REAKSIYALARNING TEZLIGI. KIMYOVIY MUVOZANAT

### Kimyoviy reaksiyalarning tezligi

**3.1**. Hajmi 2 litr bo'lgan idishda A gazning 4,5 mol miqdori B gazning 3 mol miqdori bilan aralashtirildi. A va B gazlar A + B = C tenglamaga muvofiq reaksiyaga kirishadi. 20 soatdan so'ng sistemada miqdori 2 mol bo'lgan C gazi hosil bo'ladi. Reaksiyaning o'rtacha tezligini aniqlang. Sistemada reaksiyaga kirishmagan A va B gazlarning qanday miqdori qolgan.

*Yechish.* Reaksiyaning tenglamasidan:

$$\frac{\Delta n(\mathrm{C})}{\Delta n(\mathrm{A})} = \frac{1}{1} = 1; \quad \Delta n(A) = n(C); \quad \Delta n(A) = 2 \text{ mol},$$

bu yerda $\Delta n$ — reaksiya borishida modda miqdorining o'zgarishi.

Shunga o'xshash:

$$\Delta n(B) = \Delta n(C); \quad \Delta n(B) = 2 \text{ mol}.$$

Binobarin, idishda qoldi:

$$n_2(A) = n_1(A) - \Delta n(A); \quad n_2(A) = (4{,}5 - 2)\text{mol} = 2{,}5 \text{ mol};$$
$$n_2(B) = n_1(B) - \Delta n(B); \quad n_2(B) = (4{,}5 - 2)\text{mol} = 2{,}5 \text{ mol}.$$

Reaksiya tezligining ta'rifiga asosan:

$$\upsilon = \frac{\Delta n(\mathrm{A})}{V\tau} \quad \text{ga teng.}$$

Bu yerda $\Delta n(A)$ — reaksiyada ishtirok etayotgan modda miqdorining o'zgarishi; $V$ — sistemaning hajmi; $\tau$ — reaksiya vaqti.

Reaksiya tezligini aniqlaymiz:

$$\upsilon = \frac{2\text{mol}}{2 \cdot 20\ 1 \cdot \text{s}} = 0{,}005 \frac{\text{mol}}{1 \cdot \text{s}}.$$

**3.2.** Ikki reaksiya turli tezlik bilan borib, vaqt birligi ichida birinchi reaksiyada massasi 3 g bo'lgan vodorod sulfid, ikkinchi reaksiyada massasi 10 g bo'lgan vodorod yodid hosil bo'ladi. Bu reaksiyalardan qaysi birining tezligi katta bo'lgan? *Javob:* birinchisi.

**3.3.** 50°C temperaturada reaksiya 2 min 15 s da tugaydi. 70°C temperaturada bu reaksiya qancha vaqtda tugaydi? Shu temperatura oralig'ida reaksiyaning tezlik koeffitsiyenti 3 ga teng.

*Yechish.* Temperatura 50°C dan 70°C gacha oshganda reaksiya tezligi Vant-Goff qoidasiga muvofiq ortadi:

$$\frac{\upsilon(t_2)}{\upsilon(t_1)} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

bunda, $t_2 = 70°C$; $t_1 = 50°C$; $\upsilon(t_2)$ va $\upsilon(t_1)$ esa berilgan temperatura oralig'idagi reaksiya tezligi:

$\frac{\upsilon(t_2)}{\upsilon(t_1)} = 3^{\frac{70-50}{10}} = 3^2 = 9$ bo'ladi, ya'ni reaksiya tezligi 9 marta ortadi.

Ta'rifga ko'ra, reaksiya tezligi reaksiya vaqtiga teskari proporsionaldir, binobarin:

$$\frac{\upsilon(t_2)}{\upsilon(t_1)} = \frac{\tau(t_1)}{\tau(t_2)},$$

bunda $\tau(t_1)$ va $\tau(t_2)$ lar $t_1$ va $t_2$ temperatura oralig'idagi reaksiya vaqti. Bundan:

$$\tau(t_2) = \tau(t_1) \frac{\upsilon(t_1)}{\upsilon(t_2)}$$ ni topamiz.

$\tau(t_1) = 135$ s (2 min · 15 s) ni hisobga olgan holda, temperaturadagi reaksiya vaqtini aniqlaymiz:

$$\tau(t_1) = 135 \cdot \frac{1}{9} \text{S} = 15 \text{ s}.$$

**3.4.** Reaksiya tezligini 27 marta oshirish uchun temperaturani

necha gradus ko'tarish kerak? Reaksiyaning temperatura koeffitsiyenti 3 ga teng. *Javob*: 30°C.

**3.5.** Reaksiya 20°C da 2 minut ichida tugallanadi. Reaksiya tezligining temperatura koeffitsiyenti 2ga teng bo'lsa, shu reaksiya: a) 0°C da, b) 50°C da necha minutda tugaydi. *Javob*: a) 8 min; b) 15 s.

**3.6.** Reaksiya 30°C da 25 minut ichida, 50°C da 4 minut ichida tugaydi. Reaksiya tezligining temperatura koeffitsiyentini hisoblab toping. *Javob:* 2,5.

**3.7.** Reaksiya tezligi 0°C da 1 mol/(1 · s) ga teng. Agar reaksiya tezligining temperatura koeffitsiyenti 3 ga teng bo'lsa, shu reaksiyaning 30°C dagi tezligini hisoblab toping. *Javob:* 27 mol/(1 · s).

## Kimyoviy muvozanat

**3.8.** $A + B \rightleftarrows \Delta C$, $\Delta H^\circ < 0$ sistemada: $A$, $B$ va $C$ gazlar orasida muvozanat qaror topdi. Sistemaning hajm birligida C moddaning muvozanatdagi miqdoriga: a) bosimning ortishi; b) sistemadagi $A$ modda konsentratsiyasining ko'payishi; d) temperaturaning ko'tarilishi qanday ta'sir etadi?

*Yechish.* a) Reaksiya borayotganda gaz moddalarining umumiy miqdori kamayadi (2 moldan 1 molgacha).Le Shatelye prinsipiga muvofiq, bosimning ortishi muvozanatni gaz moddalari miqdorining kamayishi tomoniga, ya'ni $C$ moddasining hosil bo'lish tomoniga siljiydi. Binobarin, $n(C)$ ortib boradi;

b) $n(A)$ ko'payib borsa, reaksiya muvozanati $n(A)$ ning kamayish tomoniga siljiydi, ya'ni $C$ moddaning hosil bo'lish tomoniga. Binobarin, $n(C)$ ortib boradi;

d) $\Delta H^\circ < 0$ bo'lgani sababli, to'g'ri reaksiyaning borishida issiqlik ajraladi. Bu ekzotermik reaksiyadir. Teskari reaksiya endotermik bo'ladi. Temperaturaning ko'tarilishi doimo issiqlik yutilishi bilan boradigan reaksiyalarning ketishiga imkon beradi, ya'ni muvozanat $A$ va $B$ moddalar tomoniga siljiydi va $n(C)$ kamayadi.

**3.9.** Ma'lum sharoitda vodorod xloridning kislorod bilan o'zaro ta'siri qaytar reaksiyadir:

$$4HCl\ (g) + O_2 \rightleftarrows 2Cl_2\ (g) + 2H_2O\ (g),\quad \Delta H^\circ = -116{,}4\ kJ.$$

Sistemaning muvozanat holatiga: a) bosimning ortishi, b) temperaturaning ko'tarilishi, d) katalizator ishlatilishi qanday ta'sir etadi?

*Yechish.* 1. Sistemadagi hamma moddalar — gazlardir. Le Shatelye prinsipiga muvofiq, bosimning ortishi muvozanatni reaksiyaning gaz moddalari miqdorining kamayishi tomoniga, ya'ni $Cl_2$ va $H_2O$ hosil bo'lish tomoniga siljitadi.

2. To'g'ri reaksiya ekzotermik bo'lganligi sababli, temperaturaning ko'tarilishi issiqlikning yutilishi bilan boradigan jarayonlarga imkon beradi, ya'ni muvozanat endotermik reaksiya HCl va $O_2$ hosil bo'lish tomoniga siljiydi.

3. Katalizator to'g'ri va teskari reaksiyalarni bir xilda tezlashtiradi, shuning uchun uning ishtirokida moddalarning muvozanatdagi miqdori o'zgarmaydi.

**3.10.** Bosimning ko'tarilishi quyidagi qaytar sistemaning kimyoviy muvozanatiga qanday ta'sir etadi:

$$Fe_2O_3\ (k) + 3N_2\ (g) \rightleftarrows 2Fe\ (k) + 3H_2O\ (g).$$

*Yechish.* Geterogen muvozanat sistemasida bosimning ortishi doimo gaz moddalarning kam miqdorda hosil bo'lish tomoniga muvozanatni siljitishi kerak. To'g'ri va teskari reaksiyalar davomida hosil bo'layotgan gaz moddalarining miqdori bir xil bo'lganligi sababli, bosimning o'zgarishi ushbu muvozanatning siljishiga olib kelmaydi.

**3.11.** Reaksiya quyidagi tenglama bo'yicha ketadi:

$$2SO_2\ (g) + O_2\ (g) \rightleftarrows 2SO_3\ (s),\ \Delta H^\circ = -284{,}2\ kJ.$$

Qaysi parametrlarni o'zgartirish bilan muvozanatni oltingugurt (VI) oksidi hosil bo'lish tomoniga siljitish mumkin bo'ladi? *Javob:* $SO_2$ yoki $O_2$ moddalar miqdorini, bosimni oshirish, temperaturani kamaytirish bilan.

**3.12.** Bosimning ortishi quyidagi sistemalar muvozanatiga qanday ta'sir etadi:

a) $SO_2\ (g) + Cl_2\ (g) \rightleftarrows SO_2Cl_2\ (g)$

b) $H_2\ (g) + Br_2\ (g) \rightleftarrows 2HBr\ (g)$

*Javob:* a) $SO_2Cl_2$ hosil bo'lish tomoniga siljiydi; b) siljimaydi.

**3.13.** Temperaturaning kamayishi quyidagi sistemalar muvozanatiga qanday ta'sir etadi.

a) $A + B \rightleftarrows 2C,\ \Delta H^\circ = 50\ kJ.$

b) $2D + E \rightleftarrows 2F,\ \Delta H^\circ = -80\ kJ.$

*Javob:* a) *A* va *B* moddalar hosil bo'lish tomoniga siljiydi; b) F moddasi tomoniga siljiydi.

**3.14.** Kalsiy karbonatning parchalanish reaksiyasida:

$$CaCO_3\ (k) \rightleftarrows CaO\ (k) + CO_2\ (g),\ \Delta H^\circ = 178\ kJ$$

muvozanatni parchalanish mahsulotlari tomoniga siljitish uchun temperatura va bosimni qanday o'zgartirish (oshirish yoki kamaytirish) kerak?

*Javob:* temperaturani ko'tarish, bosimni kamaytirish.

**3.15.** Bosimning kamayishi ushbu reaksiyalarning muvozanatiga qanday ta'sir etadi:

a) $N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$

b) $2NO + O_2 \rightleftarrows 2NO_2$

d) $3Fe_2O_3\ (k) + CO\ (g) \rightleftarrows 2Fe_3O_4\ (k) + CO_2\ (g)$

*Javob:* a) $NO_2$ tomoniga siljiydi; b) NO va $O_2$ tomoniga siljiydi; d) siljimaydi.

## 4. ERITMALAR. ELEKTROLITIK DISSOTSILANISH

### Eritma komponentining massa ulushi

**4.1.** Massa ulushi 8% bo'lgan, 250 g massadagi $K_3PO_4$ eritmasini tayyorlash uchun kaliy fosfat va suvning qanday massasi olinishi kerak?

*Yechish.* (1.2) formuladan foydalanib, massasi 250 g bo'lgan $\omega(K_3PO_4) = 0{,}08(8\%)$ li eritma tayyorlash uchun qanday massada tuz kerakligini aniqlaymiz:

$$m(K_3PO_4) = m\omega(K_3PO_4) \cdot m(K_4PO_4) = 250 \cdot 0{,}08\ g = 20\ g.$$

Eritma tayyorlash uchun zarur bo'ladigan suvning massasini topamiz:

$$m(H_2O) = m - m(K_3PO_4);\quad m(H_2O) = (250 - 20)\ g = 230\ g.$$

**4.2.** Massa ulushi 0,12 bo'lgan 40 kg massali natriy sulfat eritmasini tayyorlash uchun kerak bo'ladigan tuz va suvning massasini toping. *Javob:* 4,8 kg natriy sulfat, 35,2 kg suv.

**4.3.** Hajmi 200 ml bo'lgan suvda massasi 40 g bo'lgan tuz eritildi. Hosil qilingan eritmada suvning zichligini 1 g/ml ga teng deb olib, tuzning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Erituvchi (suvning) massasini aniqlaymiz:

$$m(H_2O) = V(H_2O) \cdot \rho(H_2O);\ m(H_2O) = 200 \cdot 1\text{g} = 200\text{ g}.$$

Bunda $V(H_2O)$ — suvning hajmi; $\rho(H_2O)$ — suvning zichligi.

Hosil qilingan eritmaning massasi:

$$m = m(\text{tuz}) + m(H_2O);\ m = (40 + 200)\text{g} = 240\text{ g}.$$

Tuzning eritmadagi massa ulushini hisoblab topamiz:

$$\omega(\text{tuz}) = \frac{m(\text{tuz})}{m};\quad \omega(\text{tuz}) = \frac{40}{240} = 0{,}167 \text{ yoki } 16{,}7\%.$$

**4.4.** Hajmi 170 ml bo'lgan benzolda massasi 1,8 g bo'lgan oltingugurt eritildi. Benzolning zichligi 0,88 g/ml. Oltingugurtning eritmadagi massa ulushini aniqlang. *Javob:* 1,19%.

**4.5.** Natriy sulfat eritmasi bug'latilganda $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ tuzi kristallogidrat ko'rinishida ajralib chiqadi. 20 ml hajmli natriy sulfatning massa ulushi 15%, zichligi 1,14 g/ml bo'lgan eritmasidan qanday massali kristallogidrat olish mumkin?

*Yechish.* Natriy sulfat eritmasining massasi:

$$m = V\rho;\ m = 200 \cdot 1{,}14\text{ g} = 228\text{ g}.$$

Bunda $V$ — eritma hajmi; $\rho$ — uning zichligi.

Massasi 228 g bo'lgan eritmadan olinishi kerak bo'lgan $Na_2SO_4$ massasini hisoblab topamiz:

$$m(Na_2SO_4) = m\omega(Na_2SO_4);\ m(Na_2SO_4) = 228 \cdot 0{,}15\text{ g} = 34{,}2\text{ g}.$$

Natriy sulfat moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Na_2SO_4) = \frac{m(Na_2SO_4)}{M(Na_2SO_4)};\ n(Na_2SO_4) = \frac{34{,}2}{142}\text{ mol} = 0{,}241\text{ mol}.$$

$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ kristallogidrat formulasidan:

$$n(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) = n(Na_2SO_4);$$
$$n(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) = 0{,}241\text{ mol}.$$

Olinishi mumkin bo'lgan kristallogidrat massasini aniqlaymiz:

$$m(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) = n(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) \cdot M(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O);$$
$$m(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) = 0{,}241 \cdot 332 = 80{,}0\text{ g}.$$

**4.6.** $CuSO_4$ massa ulushi 2% bo'lgan 40 kg massali mis (II) sulfat eritmasini tayyorlash uchun olinishi kerak bo'lgan mis kuporosi $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ va suvning massasini toping.

*Javob:* 1,25 kg mis kuporosi va 38,75 kg suv.

**4.7.** Massasi 40 g bo'lgan suvda massasi 3,5 g bo'lgan temir kuporosi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ eritildi. Eritmadagi temir (II) sulfatning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 4,4%.

**4.8.** $H_2SO_4$ massa ulushi, 40% zichligi 1,3 g/ml bo'lgan 300 ml hajmdagi kislota eritmasini tayyorlash uchun massa ulushi 88%, zichligi 1,8 g/ml bo'lgan $H_2SO_4$ olindi. Kislota eritmasining hajmini aniqlang.

*Yechish.* Tayyorlash kerak bo'ladigan kislota eritmasining massasi:

$$m = V\rho; \quad m = 300 \cdot 1{,}3 \text{ g} = 390 \text{ g bo'ladi.}$$

Erigan moddaning massasini topamiz:

$$m(H_2SO_4) = m\omega(H_2SO_4); \quad m(H_2SO_4) = 390 \cdot 0{,}4 \text{ g} = 156 \text{ g.}$$

$H_2SO_4$ ning shunday massasi $\omega(H_2SO_4) = 0{,}88$ (88%)m' massali eritma tarkibida bo'lishi kerak. Shuning uchun:

$$m' = \frac{m(H_2SO_4)}{\omega'(H_2SO_4)}; \quad m' = \frac{156}{0{,}88} = 177{,}3 \text{ g.}$$

Kislota eritmasining hajmini hisoblab topamiz:

$$V' = \frac{m'}{\rho'}; \quad V' = \frac{177{,}3}{1{,}8} = 98{,}5 \text{ ml.}$$

**4.9.** Zichligi 1,1 g/ml va $H_2SO_4$ massa ulushi 0,15 bo'lgan 400 ml hajmdagi sulfat kislota eritmasiga massasi 60 g bo'lgan suv qo'shildi. Hosil bo'lgan eritmadagi sulfat kislotaning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Dastlabki eritmasining massasi:

$$m = V\rho; \quad m = 400 \cdot 1{,}1 \text{ g} = 440 \text{ g.}$$

Dastlabki eritmadagi erigan moddaning massasini aniqlaymiz:

$$m(H_2SO_4) = \omega(H_2SO_4) \cdot m; \quad m(H_2SO_4) = 0{,}15 \cdot 440 \text{ g} = 66 \text{ g.}$$

Kislotaning xuddi shuncha massasi suv qo'shilgandan keyingi eritma tarkibida bo'ladi. Suv qo'shilgandan keyingi eritmaning massasi $m'$ ni hisoblab topamiz:

$$m' = m + m(H_2O); \quad m' = (440 + 60) \text{ g} = 500 \text{ g.}$$

Hosil bo'lgan eritmadagi sulfat kislotaning massa ulushini hisoblaymiz:

$$\omega'(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m'}; \quad \omega'(H_2SO_4) = \frac{66}{500} = 0{,}132 \text{ yoki } 13{,}2\%.$$

**4.10.** Laboratoriyada natriy gidroksidning massa ulushi 30%, zichligi 1,33 g/ml bo'lgan eritmasi bor. Shu eritmada massa ulushi 14%, zichligi 1,15 g/ml bo'lgan 250 ml hajmli eritma tayyorlash uchun qancha hajm olish kerak? *Javob:* 100,9 ml.

**4.11.** Tuzning massa ulushi 10% bo'lgan 250 g massali eritmaga 150 ml hajmda suv quyildi. Suvning zichligini 1 g/ml ga teng deb, hosil qilingan eritmadagi tuzning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 6,25%.

**4.12.** Hajmi 200 ml bo'lgan suvda tuz namunasi eritildi, natijada erigan moddaning massa ulushi 20% ga teng eritma hosil qilindi. Bu eritmaga yana 150 ml hajmda suv qo'shildi. Hosil bo'lgan eritmadagi tuzning massa ulushini aniqlang. Suvning zichligi 1 g/ml ga teng. *Javob:* 12,5%.

**4.13.** Massasi 600 g bo'lgan suvda hajmi 560 ml (normal sharoitda) bo'lgan ammiak eritildi. Hosil qilingan eritmadagi ammiakning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* (1.3) formuladan ammiak moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(NH_3) = \frac{V(NH_3)}{Vm}; \quad n(NH_3) = \frac{0,56}{22,4}\ \text{mol} = 0,025\ \text{mol}.$$

Ammiak massasi:

$$m(NH_3) = n(NH_3) \cdot M(NH_3); \; m(NH_3) = 0,025 \cdot 17\ \text{g} = 0,425\ \text{g}.$$

Eritma massasini aniqlaymiz:

$$m = m(NH_3) + m(H_2O); \qquad m = (0,425 + 600) \approx 600,4\ \text{g}.$$

Eritmadagi ammiakning massa ulushini hisoblab topamiz:

$$\omega(NH_3) = \frac{m(NH_3)}{m}; \; \omega(NH_3) = \frac{0,425}{600,4} = 7,1 \cdot 10^{-4} \text{ yoki } 0,071\%.$$

**4.14.** Massa ulushi 10% bo'lgan ammiakning suvdagi eritmasi novshadil spirt deb ataladi. Zichligi 0,96 g/ml bo'lgan 200 ml hajmdagi novshadil spirt hosil qilish uchun (normal sharoitda) qanday hajmli gaz kerak bo'ladi? *Javob:* 25,3 l.

**4.15.** Massasi 400 g bo'lgan suvda 12 ml hajmdagi (normal sharoitda) vodorod sulfid eritildi. Eritmadagi vodorod sulfidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 0,0046%.

**4.16.** $K_2CO_3$ ning massa ulushi 15% bo'lgan eritmasini hosil qilish uchun, massasi 500 g bo'lgan suvda massa ulushi 40% bo'lgan kaliy karbonat eritmasidan qanday massada qo'shish kerak?

*Yechish.* Kerak bo'ladigan eritmaning massasi $\omega(K_2CO_4) = 0{,}4(40)\%$ ni $m$ harfi bilan belgilaymiz. Erigan moddaning massasini aniqlaymiz:

$$m(K_2CO_3) = \omega(K_2CO_3) \cdot m; \quad m(K_2CO_3) = 0{,}4\ m.$$

Dastlabki eritmaga massasi 500 g bo'lgan suv qo'shilgandan keyingi eritmaning massasi $m'$ ni topamiz:

$$m' = m + (H_2O); \quad m' = m + 500.$$

Shunday qilib, $m' = m + 500$ massali eritmada 0,4 $m$ massali $(K_2CO_3)$ bor. Quyidagini hosil qilamiz:

$$\omega'(K_2CO_3) = \frac{m(K_2CO_3)}{m'}.$$

$\omega'(K_2CO_3) = 0{,}15$ ni hisoblab olgan holda, $m'$ ning $m(K_2CO_3)$ uchun topilgan qiymatlarini qo'yib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$0{,}15 = \frac{0{,}4\ m}{m + 500}.$$

Tenglamani yechib, $m = 300$ g ni topamiz.

**4.17.** Tuzning massa ulushi 6% bo'lgan eritmasini tayyorlash uchun hajmi 40 ml bo'lgan suvga qo'shilishi zarur bo'lgan, massa ulushi 20% bo'lgan natriy xlorid eritmasining massasini toping. *Javob:* 17,1 g.

**4.18.** NaOH ning massa ulushi 8% bo'lgan eritmasini hosil qilish uchun 200 ml hajmdagi suvga zichligi 1,33 g/ml natriy gidroksidning massa ulushi 30% bo'lgan eritmasidan qanday hajmda qo'shish kerak bo'ladi? Suvning zichligi 1 g/ml ga teng. *Javob:* 54,7 ml.

**4.19.** Laboratoriyada natriy xloridning massa ulushi 10% va 20% bo'lgan eritmalari bor. Tuzning massa ulushi 12% bo'lgan 300 g massali eritma hosil qilish uchun har qaysi eritmadan qanday massada olish kerak?

*Yechish.* 1. $\omega_1(NaCl) = 0{,}1$ (10%); $\omega_2(NaCl) = 0{,}2(20\%)$; $\omega(NaCl) = 0{,}12(12\%)$ deb belgilab olamiz. Massalar ulushi tushunchasidan:

$$\omega_1(NaCl) = \frac{m_1(NaCl)}{m_1}; \quad 0{,}1 = \frac{m_2(NaCl)}{m_1};$$

$$m_1(NaCl) = 0{,}1\ m_1. \qquad a)$$

Shunga o'xshash:

$$\omega_2(NaCl) = \frac{m_2(NaCl)}{m_2}; \quad m_2(NaCl) = 0{,}2\ m_2. \qquad (b)$$

Tayyorlanishi kerak bo'lgan eritmadagi NaCl ning massasi:

$$m(NaCl) = m_1(NaCl) = m_2(NaCl) \qquad \text{bo'ladi.}$$

(a) va (b) ning tengligini hisobga olib,

$m(NaCl) = 0{,}1\ m_1 + 0{,}2\ m_2$ ni hosil qilamiz.

$\omega(NaCl) = 0{,}12$ eritma uchun:

$$\omega_1(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{m}; \quad 0{,}12 = \frac{0{,}1m_1 + 0{,}2m_2}{300} \text{ ni yozamiz.}$$

Bundan:

$$m_1 + 2m_2 = 360, \qquad (d)$$

bunda — $m_1$ va $2m_2$ — olinishi zarur bo'lgan $\omega_1(NaCl)$ va $\omega_2(NaCl)$ li eritmalarning massasi. Tayyorlanadigan eritma massasini topamiz:

$$m = m_1 + m_2$$

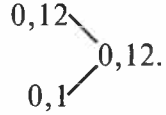
yoki

$$m_1 + 2m_2 = 300, \qquad e)$$

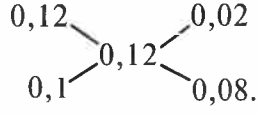
(d) va (e) tenglamalar sistemasini yechib, $m_1 = 240$ g, $m_2 = 60$ g ni hosil qilamiz.

*Yechish.* 2. Bu turdagi masalani aralashtirish qoidasidan foydalanib yechish mumkin. Buni misolda tushuntiramiz.

Dastlabki eritmalarning massa ulushlarini birining tagiga ikkinchisini yozamiz, ulardan o'ngroqda o'rtasiga tayyorlanishi lozim bo'lgan eritmaning massa ulushini yozib qo'yamiz:




Katta massa ulushidan berilgan massa ulushini ayirib, o'ng tarafga yozamiz; berilgan massa ulushidan massa ulushining kichigini ayirib, o'ng tarafga yozamiz:



0,02 va 0,08 sonlari — $\omega_2(NaCl) = 0,02(20\%)$ $\omega_2(NaCl) = 0,1(10\%)$ li eritmalardan qanday massa nisbatda olish kerakligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, $\omega_2(NaCl) = 0,02\%$ li eritmaning massasi quyidagicha bo'ladi:

$$m_2 = \frac{m \cdot 0,02}{0,08+0,02}; \qquad m_2 = \frac{300 \cdot 0,02}{0,08+0,02} \text{ g} = 60 \text{ g}.$$

$\omega(NaCl) = 0,1\%$ li eritmaning massasini topamiz:

$$m_1 = \frac{m \cdot 0,08}{0,08+0,02}; \qquad m_1 = \frac{300 \cdot 0,08}{0,08+0,02} \text{ g} = 240 \text{ g}.$$

**4.20.** Kislotaning massa ulushi 50% bo'lgan 240 g massali $H_2SO_4$ eritmasini tayyorlash uchun sulfat kislotaning massa ulushi 60% (zichligi 1,5 g/ml) va sulfat kislotaning massa ulushi 30% (zichligi 1,2 g/ml) bo'lgan eritmalaridan qanday hajmda olish kerak? *Javob:* 106,7 ml (60%), 66,7 ml (30%).

**4.21.** Massa ulushi 0,15 bo'lgan, 540 g massali $Na_2CO_3$ eritmasini tayyorlash uchun natriy karbonatning massa ulushi 0,1 bo'lgan eritmadan va $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ kristallogidratdan qancha massa olish kerak?

*Yechish.* Bu masalani yechish uchun kristallogidratdagi $Na_2CO_3$ ning massa ulushini aniqlash kerak. Hisoblash uchun 1 molga teng bo'lgan kristallogidrat miqdorini tanlab olamiz. Kristallogidrat formulasidan:

$$n(Na_2CO_3) + n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O); \quad m(Na_2CO_3) = 1 \text{ mol}.$$

Moddalarning massasi quyidagicha bo'ladi:

$$m(Na_2CO_3) = n(Na_2CO_3) \cdot M(Na_2CO_3);$$

$$m(Na_2CO_3) = 1 \cdot 106 \text{ g} = 106 \text{ g};$$

$$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) \times$$

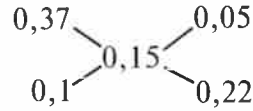
$$\times M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O);$$

$$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 1 \cdot 286 \text{ g} = 286 \text{ g}.$$

$Na_2CO_3$ ning kristallogidratdagi massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(Na_2Cl_3) = \frac{m(Na_2CO_3)}{m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)}; \quad \omega(Na_2CO_3) = \frac{106}{286} = 0,37.$$

Sxema tuzamiz:




Umumiy nisbiy massa 0,05 + 0,22 = 0,27 dan kristallogidratning nisbiy massasi 0,05 ni tashkil etadi, ya'ni

$$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \frac{m \cdot 0{,}05}{0{,}27};$$

$$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \frac{540 \cdot 0{,}05}{0{,}27}\ \text{g} = 100\ \text{g}.$$

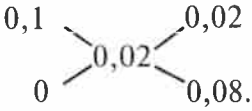
$\omega(Na_2CO_3) = 0{,}1\%$ li eritmaning $m'$ massasini hisoblaymiz:

$$m' = \frac{m \cdot 0{,}22}{0{,}27};\quad m' = \frac{540 \cdot 0{,}22}{0{,}27}\ \text{g} = 440\ \text{g}.$$

**4.22.** Xrom (III) sulfatning massa ulushi 0,2 bo'lgan 795 g massali eritmasini tayyorlash uchun $Cr_2(SO_4)_3$ ning massa ulushi 0,15 bo'lgan eritmasidan va $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$ kristallogidratdan qancha massa olish kerakligini aniqlang. *Javob:* massasi 100 g bo'lgan $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ eritmaning massasi 695 g.

**4.23.** $CuSO_4$ massa ulushi 2% ga teng bo'lgan 500 g massali eritmani tayyorlash uchun massa ulushi 10% li $CuSO_4$ eritmasidan va suvdan qancha massa olish kerakligini aniqlang.

*Yechish**. Suvda erigan moddaning massa ulushini 0 ga teng bo'lgan eritma deb olib, quyidagi sxemadan foydalanamiz:




$\omega_1(CuSO_4) = 0{,}1\%$ li eritmaning $m'$ massasini hisoblaymiz:

$$m_1 = \frac{m \cdot 0{,}22}{0{,}02 + 0{,}08};\quad m_1 = \frac{500 \cdot 0{,}08}{0{,}02 + 0{,}08}\ \text{g} = 100\ \text{g}.$$

Suvning massasi:

$$m(H_2O) = \frac{m \cdot 0{,}08}{0{,}02 + 0{,}08};\quad m(H_2O) = \frac{500 \cdot 0{,}08}{0{,}02 + 0{,}08}\ \text{g} = 400\ \text{g}$$

ni tashkil qiladi.

---

* 4.6-, 4.10-, 4.16- masalalarni ham shunga o'xshash yechish mumkin.

**4.24.** Massa ulushi 0,04, massasi 300 g bo'lgan $MgCl_2$ eritmasini tayyorlash uchun magniy xloridning massa ulushi 0,2 eritmasidan va suvdan qancha massa olish kerak? *Javob:* 60 g eritma va 240 g $H_2O$.

## Erigan moddaning hajmiy ulushi

**4.25.** Massasi 32 g va zichligi 0,8 g/ml bo'lgan metil spirtiga hajmi 80 ml bo'lguncha suv qo'shildi. Eritmadagi spirtning hajmiy ulushini aniqlang.

*Yechish.* Erigan spirtning hajmini hisoblab topamiz:

$$V_{(spirt)} = \frac{m_{(spirt)}}{P_{(spirt)}}; \qquad V_{(spirt)} = \frac{32}{0,8} = 40 \text{ ml}.$$

(1.5) formuladan foydalanib, spirtning eritmadagi hajmiy ulushini aniqlaymiz:

$$\varphi_{(spirt)} = \frac{V_{(spirt)}}{V}; \qquad \varphi_{(spirt)} = \frac{40}{80} = 0,5 \text{ yoki } 50\%.$$

**4.26.** Hajmi 50 ml va zichligi 1 g/ml bo'lgan suv hajmi 70 ml va zichligi 0,8 g/ml bo'lgan metil spirti bilan aralashtirilganda zichligi 0,9 g/ml bo'lgan eritma hosil bo'ladi. Eritmadagi metil spirtning hajmiy ulushini aniqlang.

*Yechish.* Moddalar aralashtirilganda eritmaning hajmi erigan modda va eritma hajmlarining yig'indisiga teng bo'lmaydi. Shuning uchun avval eritmaning massasini hisoblab topish kerak.

Suvning massasini aniqlaymiz:

$$m(H_2O) = V(H_2O) \cdot \rho(H_2O); \quad m(H_2O) = 50 \cdot 1 \text{ g} = 50 \text{ g}.$$

Metil spirtning massasini topamiz:

$$m_{(spirt)} = V_{(spirt)} \cdot \rho_{(spirt)}; \quad m_{(spirt)} = 70 \cdot 0,8 \text{ g} = 56 \text{ g}.$$

Eritmaning massasi:

$$m = m(H_2O) + m_{(spirt)}; \quad m = (50 + 56) \text{ g} = 106 \text{ g}.$$

Eritmaning hajmini aniqlaymiz:

$$V = \frac{m}{\rho}; \quad V = \frac{106}{0,9} \text{ ml} = 117,8 \text{ ml}.$$

Metil spirtning hajmiy ulushini hisoblab topamiz:

$$\varphi_{(spirt)} = \frac{V_{(spirt)}}{V}; \qquad \varphi_{(spirt)} = \frac{70}{117,8} = 0,594 \text{ yoki } 59,4\%.$$

**4.27.** Glitserinning hajmiy ulushi 30% bo'lgan 50 ml hajmdagi suvli eritmasini tayyorlash uchun zichligi 1,26 g/ml bo'lgan glitserindan qanday massa olinishi kerakligini aniqlang. *Javob:* 18,9 g.

**4.28.** Massasi 40 g bo'lgan suvga 100 ml hajmdagi aseton qo'shildi va zichligi 0,88 g/ml bo'lgan eritma hosil qilindi. Agar asetonning zichligi 0,79 g/ml ga teng bo'lsa, uning eritmadagi hajmiy ulushini aniqlang. *Javob:* 74%.

## Molyar konsentratsiya

**Molyar konsentratsiya** — bu, erigan modda miqdorining eritma hajmiga bo'lgan nisbatidir, ya'ni

$$c(X) = \frac{n(X)}{V} \qquad (4.1)$$

bunda, $c(X)$ — $X$ moddaning molyar konsentratsiyasi; $n(X)$ — $X$ erigan moddaning miqdori; $V$ — eritmaning hajmi. Molyar konsentratsiyaning SI birligi — $mol/m^3$, lekin ko'pincha mol/l birligi ishlatiladi. Molyar konsentratsiya $M$ harfi bilan belgilanadi. Masalan, 0,2 $M$ yozuvi molyar konsentratsiyaning 0,2 mol/l ga tengligini belgilaydi.

**4.29.** Massasi 11,2 g bo'lgan kaliy gidroksid suvda eritildi, hajmi 200 ml gacha yetkazildi. Hosil bo'lgan eritmaning molyar konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish.* Erigan kaliy gidroksidning miqdorini hisoblab topamiz:

$$n(\mathrm{KOH}) = \frac{m(\mathrm{KOH})}{M(\mathrm{KOH})};$$

$$m(\mathrm{KOH}) = \frac{11,2}{56}\ \mathrm{mol} = 0,2\ \mathrm{mol}.$$

(4.1) formuladan foydalanib, eritmaning molyar konsentratsiyasini aniqlaymiz:

$$c(\mathrm{KOH}) = \frac{n(\mathrm{KOH})}{V};$$

$$c(\mathrm{KOH}) = \frac{0,2}{0,2}\ \mathrm{mol/l} = 1\ \mathrm{mol/l}.$$

**4.30.** Massasi 42,6 g bo'lgan natriy sulfatni massasi 300 g bo'lgan suvda eritilishidan hosil bo'lgan eritmaning zichligi 1,12 g/ml bo'lsa, shu eritmaning molyar konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish.* Hosil bo'lgan eritma massasini aniqlaymiz:

$m = m(Na_2SO_4) + m(H_2O)$; $m = (42,6 + 300)$ g $= 342,6$ g.

Eritmaning hajmini hisoblab topamiz:

$$V = \frac{m}{\rho}; \quad V = \frac{342,6}{1,12} \text{ ml} = 36 \text{ ml} = 0,306 \text{ litr}.$$

Natriy sulfat moddasining miqdori:

$$n(Na_2SO_4) = \frac{m(Na_2SO_4)}{M(Na_2SO_4)}; \quad n(Na_2SO_4) = \frac{42,6}{142} \text{ mol} = 0,3 \text{ mol}.$$

Eritmaning molyar konsentratsiyasini aniqlaymiz:

$$c(Na_2SO_4) = \frac{n(Na_2SO_4)}{V}; \; c(Na_2SO_4) = \frac{0,3}{0,306} \text{ mol/l} = 0,98 \text{ mol/l}.$$

**4.31.** Hajmi 40 ml va zichligi 0,8 g/ml bo'lgan metil spirti massasi 128 g bo'lgan suvda eritildi. Agar hosil bo'lgan eritmaning zichligi 0,97 g/ml ga teng bo'lsa, uning molyar konsentratsiyasini aniqlang. *Javob:* 6,1 M.

**4.32.** Normal sharoitdagi hajmi 2,8 l ga teng bo'lgan ammiak suvda eritildi. Eritmaning hajmi 500 ml ga yetkazildi. Hajmi 1 litr bo'lgan shunday eritmada qancha miqdorda ammiak bor? *Javob:* 0,25 mol.

**4.33.** KCl ning konsentratsiyasi 0,15 M bo'lgan 300 ml hajmdagi shu tuz eritmasini tayyorlash uchun kaliy xloridning qanday massasi kerak bo'ladi? *Javob:* 3,35 g.

**4.34.** Zichligi 1,22 g/ml, massa ulushi 0,2 bo'lgan natriy gidroksid eritmasining molyar konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish.* Masalani yechish uchun eritmaning ma'lum massasini yoki hajmini ixtiyoriy tanlab olinadi. Masalan, hisoblashlar uchun 100 g massali, ya'ni $m = 100$ g eritma namunasini olamiz. Erigan natriy gidroksidning massasini aniqlaymiz:

$$m(NaOH) = m\omega(NaOH); \quad m(NaOH) = 100 \cdot 0,2 \text{ g} = 20 \text{ g}.$$

Eritmaning hajmini hisoblab topamiz:

$$V = \frac{m}{\rho}; \quad V = \frac{100}{1,22} \text{ ml} = 82 \text{ ml} = 0,082 \text{ litr}.$$

Erigan natriy gidroksid moddasining miqdori:

$$n(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)}; \quad n(NaOH) = \frac{20}{40} \text{ mol} = 0,3 \text{ mol}.$$

Eritmaning molyar konsentratsiyasini aniqlaymiz:

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V}; \quad n(\text{NaOH}) = \frac{0,5}{0,082} \text{ mol/l} = 6,1 \text{ mol/l}.$$

**4.35.** Zichligi 1,32 g/ml $NaNO_3$ ning massa uchun 40% bo'lgan 1 litr hajmli eritmasida qancha miqdorda natriy nitrat moddasi bor? *Javob*: 6,2 mol.

**4.36.** Zichligi 1,12 g/ml ga teng bo'lgan $CaCl_2$ ning 1,4 M eritmasidagi kalsiy xloridning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 0,139.

**4.37.** 40 ml hajmli 0,35 M $H_2SO_4$ eritmasini tayyorlash uchun sulfat kislotaning massa ulushi 9,3% (zichligi 1,05 g/ml) bo'lgan eritmasidan qanday hajmda olish kerak?

*Yechish.* 0,35 M 40 ml hajmli $H_2SO_4$ eritmasini tayyorlash uchun kerak bo'ladigan $H_2SO_4$ moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(H_2SO_4) = c(H_2SO_4) \cdot V;$$
$$n(H_2SO_4) = 0,35 \cdot 0,04 \text{ mol} = 0,014 \text{ mol}.$$

Erigan moddaning massasini topamiz:

$$m(H_2SO_4) = n(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4);$$
$$m(H_2SO_4) = 0,014 \cdot 98 = 1,372 \text{ g}.$$

Tarkibida massasi 1,372 g $H_2SO_4$ bo'lgan $\omega(H_2SO_4) = 0,093$ (9,3%) li eritmaning massasini aniqlaymiz:

$$m = \frac{m(H_2SO_4)}{\omega(H_2SO_4)}; \quad m = \frac{1,372}{0,093} = 14,75 \text{ g}.$$

Kerak bo'ladigan eritmaning hajmini hisoblab topamiz:

$$V = \frac{m}{\rho}; \quad V = \frac{14,75}{1,05} \text{ ml} = 14,05 \text{ ml}.$$

**4.38.** 250 ml hajmdagi 0,6 M KOH eritmasini tayyorlash uchun 5 M KOH eritmasidan qanday hajmda olish kerak? *Javob:* 30 ml.

**4.39.** $Na_2CO_3$ ning 120 ml hajmdagi 0,45 M eritmasini tayyorlash uchun natriy karbonatning massa ulushi 0,15 M(zichligi 1,16 g/ml) bo'lgan eritmasidan qanday hajmda olish kerak? *Javob:* 32,9 ml.

**4.40.** Laboratoriyada 3 M KCl eritmasi bor. Zichligi 1,05 g/ml, KCl ning massa ulushi 8% bo'lgan 200 ml hajmdagi eritmasini tayyorlash uchun kerak bo'ladigan eritmaning hajmini aniqlang. *Javob:* 75,2 ml.

**4.41.** 200 g massali suvga zichligi 1,09 g/ml bo'lgan KCl ning 2 M eritmasidan 40 ml hajmda qo'shildi. Hosil bo'lgan eritmaning zichligi 1,015 g/ml ga teng. Eritmadagi KCl ning massa ulushi va molyar konsentratsiyasini aniqlang.

*Yechish.* KCl eritmasining dastlabki massasini aniqlaymiz:

$$m = V\rho; \quad m = 40 \cdot 1{,}092 = 43{,}6 \text{ g}.$$

Hosil bo'lgan eritmaning massasini hisoblaymiz:

$$m' = m(H_2O) + m; \quad m' = (200 + 43{,}6) \text{ g} = 243{,}6 \text{ g}.$$

Dastlabki eritmaning tuz moddasining miqdori:

$n(KCl) = c(KCl) \cdot V$; $n(KCl) = 2 \cdot 0{,}04$ mol $= 0{,}08$ mol bo'ladi.

Eritmadagi tuzning massasini aniqlaymiz:

$$m(KCl) = n(KCl) \cdot M(KCl); \quad m(KCl) = 0{,}08 \cdot 74{,}5 \text{ g} = 5{,}96 \text{ g}.$$

Olingan eritmadagi KCl ning massa qismini aniqlaymiz:

$$\omega'(KCl) = \frac{m(KCl)}{m'}; \quad \omega'(KCl) = \frac{5{,}96}{243{,}6} = 0{,}0245 \text{ yoki } 2{,}45\%.$$

Hosil bo'lgan eritmaning hajmi:

$$V' = \frac{m'}{\rho'}; \quad V' = \frac{243{,}6}{1{,}015} \text{ ml} = 240 \text{ ml} = 0{,}24 \text{ l}.$$

Hosil bo'lgan eritmadagi KCl ning molyar konsentratsiyasini hisoblab topamiz:

$$c'(KCl) = \frac{n(KCl)}{V'}; \quad c'(KCl) = \frac{0{,}08}{0{,}24} M = 0{,}33 \text{ M}.$$

**4.42.** Massa ulushi 10% bo'lgan NaCl eritmasini hosil qilish uchun massasi 200 g bo'lgan suvga zichligi 1,12 g/ml bo'lgan 3 M NaCl eritmasidan qancha hajm qo'shish kerak? *Javob:* 395 ml.

**4.43.** Zichligi 1,05 g/ml, hajmi 80 ml bo'lgan 3,5 M · $NH_4Cl$ eritmasiga 40 ml hajmdagi suv qo'shildi (suvning zichligini 1 g/ml ga teng deb olinsin). Hosil bo'lgan eritmadagi tuzning massa ulushini toping. *Javob:* 12,1%.

**4.44.** Zichligi 0,9 g/ml bo'lgan 11M $C_2H_5OH$ ning suvli eritmasidan etil spirtning hajmiy va massa ulushini aniqlang. Etil

spirtning zichligi 0,79 g/ml ga, suvniki — 1 g/ml ga teng. *Javob*: massa ulushi — 0,562; hajmiy ulushi — 0,641.

## Eruvchanlik

**4.45.** Aluminiy xloridning 15°C temperaturadagi eruvchanlik koeffitsiyenti 35 ga teng. 15°C temperaturada to'yingan eritmadagi ammoniy xloridning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Eruvchanlik koeffitsiyenti 15°C temperaturada, massasi 100 g bo'lgan suvda massasi 35 g bo'lgan ammoniy xlorid erishini ko'rsatadi.

Hisoblashlar uchun tarkibida massasi 100 g bo'lgan suv namunasini tanlab olamiz. Unda erigan tuz massasi 35 g bo'ladi.

Eritmaning massasini topamiz:

$$m = m(H_2O) + m(NH_4Cl); \quad m = (100 + 35)\ g = 135\ g.$$

Ammoniy xloridning massa ulushini topamiz:

$$\omega(NH_4Cl) = \frac{m(NH_4Cl)}{m}; \quad \omega(NH_4Cl) = \frac{35}{135} = 0{,}259 \text{ yoki } 25{,}9\%.$$

**4.46.** Mis (II) xloridning 20°C temperaturada to'yingan eritmasida tuzning ulushi 42,7% ga teng. Mis (II) xloridning ayni temperaturadagi eruvchanlik koeffitsiyentini aniqlang. *Javob:* 74,5 g.

**4.47.** Massasi 100 g bo'lgan suvda, 20°C temperaturada massasi 108,7 g bo'lgan natriy gidroksid eriydi. 20°C temperaturada massasi 40 g bo'lgan ishqorning to'yingan eritmasini tayyorlash uchun natriy gidroksidning va suvning qanday massasi olinishi kerak? *Javob:* NaOH — 20,8 g. $H_2O$ — 19,2 g.

**4.48.** Massasi 100 g bo'lgan suvda, 0°C temperaturada massasi 4,1 g bo'lgan natriy ftorid, 40°C temperaturada esa massasi 4,5 g bo'lgan natriy ftorid eriydi. Massasi 500 g bo'lgan NaF ning 40°C temperaturada to'yingan eritmasini 0°C temperaturagacha sovitilganda natriy ftoridning qanday massasi cho'kmaga tushadi?

*Yechish.* 40°C temperaturada tarkibida massasi 100 g bo'lgan suvda to'yingan eritmaning massasi quyidagicha bo'ladi:

$$m_1 = m_1(H_2O) + m_1(NaF); \quad m_1 = (100 + 4{,}5)\ g = 104{,}5\ g.$$

0°C temperaturada tarkibida massasi 100 g suv bo'lgan eritmaning massasi:

$$m_2 = m_2(H_2O) + m_2(NaF); \quad m_2 = (100 + 4{,}1)\ g = 104{,}1\ g.$$

Massasi 104,5 g bo'lgan eritma sovitilganda hosil bo'ladigan cho'kmaning massasini aniqlaymiz:

$m_{(cho'kma)} = m_1 - m_2$; $m_{(cho'kma)} = (104,5 - 104,1)$ g = 0,4 g.

Dastlabki eritmaning massasi oshirilganda cho'kkan cho'kmaning massasi proporsional ravishda oshadi, ya'ni

$$\frac{m_1}{m(cho'kma)} = \frac{m_1}{m'(cho'kma)}.$$

Massani 500 g bo'lgan eritma sovitilganda hosil bo'ladigan cho'kmaning massasini hisoblaymiz:

$$m'_{(cho'kma)} = \frac{m_{(cho'kma)} m'_1}{m_1}; \quad m'_{(cho'kma)} = \frac{0,4 \cdot 500}{104,5} = 1,91 g$$

**4.49.** Tuzning 50°C temperaturadagi eruvchanlik koeffitsiyenti 40 g ga, 10°C temperaturada — 15 g ga teng. Massasi 70 g bo'lgan 50°C temperaturadagi to'yingan eritmani 10°C temperaturagacha sovitilganda hosil bo'lgan cho'kmaning massasini aniqlang. *Javob:* 12,5 g.

**4.50.** Kumush nitratning massa ulushi 0,82 bo'lgan 60°C temperaturadagi eritmasi to'yingandir. Massasi 140 g bo'lgan bu eritmani 10°C temperaturagacha sovitilganda massasi 71,2 g bo'lgan tuz cho'kmaga tushdi. Kumush nitratning 10°C temperaturadagi eruvchanlik koeffitsiyentini aniqlang. *Javob*: 173,0 g.

**4.51.** Massasi 100 g bo'lgan suvda, 30°C temperaturada massasi 81,8 g bo'lgan ammoniy bromid eriydi. Massasi 300 g bo'lgan 30°C temperaturada to'yingan $NH_4Br$ eritmasini 0°C temperaturagacha sovitilganda massasi 36,8 g bo'lgan tuz cho'kmaga tushadi. Massasi 100 g bo'lgan suvda, 0°C temperaturada, ammoniy bromidning qanday massasi eriganligini aniqlang. *Javob:* 59,5 g.

**4.52.** Massasi 100 g bo'lgan suvda normal sharoitda 50,5 l hajmdagi vodorod xlorid eriydi. 50°C temperaturada va normal bosimda vodorod xloridning eruvchanlik koeffitsiyenti 59,6 g ga teng. 0°C temperaturada massasi 40 g bo'lgan to'yingan HCl eritmasini 50°C temperaturagacha qizdirildi. Qolgan eritmaning massasini aniqlang. *Javob:* 35,0 g.

## Elektrolitlarning eritmalardagi kimyoviy reaksiyalari

**4.53.** Suvli eritmalarda: 1) natriy sulfid bilan mis (II) sulfat orasida, 2) temir (III) sulfat bilan natriy gidroksid orasida boradigan reaksiyalarning molekular, ionli va qisqartirilgan ionli shakllaridagi tenglamalarini tuzing.

*Yechish.* 1. Masalani bosqichlarga bo'lib bajaramiz:

a) reaksiyaning tenglamasini molekular shaklda tuzamiz:

$$Na_2S + CuSO_4 = CuS\downarrow + Na_2SO_4$$

b) eruvchan kuchli elektrolitlarning formulalarini ionlar shaklida yozamiz, chunki ularni to'liq dissotsilanadi, deb tasavvur etamiz, qolgan moddalarni formulalarini esa (masalan, cho'kmaga tushayotganlarini) o'zgarishsiz qoldirib, reaksiyaning ionli tenglamasini tuzamiz. Ion tenglamalarni tuzishda tuzlar va asoslarning suvda eruvchanlik jadvalidan foydalanish lozim. Bizning misolimizda quyidagini hosil qilamiz:

$$2Na^+ + S^{2-} + Cu^{2+} + SO_4^{2-} = CuS\downarrow + 2Na^+ + SO_4^{2-}$$

d) o'ng va chap qismlardagi bir xil ionlarning teng miqdorlarini chiqarib tashlaymiz (ular tagiga chizilgan):

$$\underline{2Na^+} + S^{2-} + Cu^{2+} + SO_4^{2-} = CuS\downarrow + \underline{2Na^+} + \underline{\underline{SO_4^{2-}}}$$

e) tenglamani qisqartirilgan ionli shaklda yozamiz:

$$S^{2-} + Cu^{2+} = CuS\downarrow$$

2. Oldingi misoldagidek bosqichlar bilan bajaramiz:

a) $Fe_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3Na_2SO_4$

b) $2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-} + 6Na^+ + 6OH^- = 2Fe(OH)^3 + 6Na^+ + 3SO_4^{2-}$

d) $2Fe^{3+} + \underline{3SO_4^{2-}} + \underline{6Na^+} + 6OH^- = 2Fe(OH)^3 + \underline{6Na^+} + \underline{3SO_4^{2-}}$

e) $2Fe^{3+} + 6OH^- = 2Fe(OH)3\downarrow$

Tenglamadagi barcha koeffitsiyentlarni 2 ga bo'lib, oxirida quyidagini hosil qilamiz:

$$2Fe^{3+} + 3OH^- = Fe(OH)_3\downarrow$$

**4.54.** Quyidagi reaksiyalarning tenglamalarini ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda tuzing:

a) $(NH_4)_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2NH_3\downarrow + 2H_2O$

b) $CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O$

d) $AlCl_3 + 3AgNO_3 = 3AgCl\downarrow + Al(NO_3)_3$

**4.55.** Suvli eritmalarda boradigan quyidagi reaksiyalarning ionli va qisqartirilgan ionli shakllardagi tenglamalarini yozing:

a) $Ba(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O = BaCO_3\downarrow + 2HNO_3$

b) $Fe_2(SO_4)_3 + 2K_3PO_4 = 2FePO_4\downarrow + 3K_2SO_4$

d) $CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$

e) $H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + H_2O$

**4.56.** Elektrolitlarning suvli eritmalari: a) uglerod (IV) oksid bilan bariy gidroksid orasida; b) kalsiy oksid bilan xlorid kislota orasida; d) natriy silikat bilan xlorid kislota orasida; e) kaliy yodid bilan qo'rg'oshin (II) nitrat orasida; f) temir (II) sulfid bilan sulfat kislota orasida boradigan reaksiyalarning tenglamalarini molekular, ionli va qisqartirilgan ionli shakllarini tuzing.

**4.57.** Qisqartirilgan ionli shakldagi:

$$Ni^{2+} + S^{2-} = NiS\downarrow$$

tenglamaga mos keladigan molekular shakldagi ikkita har xil tenglama tuzing.

*Yechish.* 1. Tenglamaning chap qismidan ionlarning simvollari tagiga boshlang'ich ionlar bilan eruvchan kuchli elektrolitlar hosil qilish mumkin bo'lgan teskari ishorali ionlar qo'shib yozamiz. So'ngra, xuddi shu ionlarni tenglamaning o'ng qismiga yozamiz:

$$Ni^{2+} + S^{2-} = NiS\downarrow$$

$$2NO_3^- + 2K^+ = 2NO_3^- + 2K^+$$

Ikkala tenglikni birlashtirib, ionli shakldagi tenglamani hosil qilamiz:

$$Ni^{2+} + 2NO_3^- + 2K^+ + S^{2-} = NiS\downarrow + 2K^+ + 2NO_3^-.$$

Ionlarni birikma formulalari shaklida birlashtirib, tenglamani molekular shaklda yozamiz:

$$Ni(NO_3)_2 + K_2S = NiS\downarrow + 2KNO_3.$$

2. Mos keladigan boshqa ionlarni tanlab, ikkinchi tenglamani hosil qilamiz:

$$Ni^{2+} + S^{2-} = NiS\downarrow$$

$$\frac{2Cl^- + Ba^{2+} = 2Cl^- + Ba^{2+}}{NiCl_2 + BaS = NiS\downarrow + BaCl_2}.$$

**4.58.** Qisqartirilgan ionli shakldagi quyidagi tenglamalarga mos keladigan, ikkitadan har xil bo'lgan molekular shakldagi tenglamalar tuzing:

a) $H^+ + OH^- = H_2O$;

b) $NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$

d) $Pb^{2+} + SO_4^{2-} = PbSO_4\downarrow$

**4.59.** Quyidagi reaksiyalarning tenglamalarini molekular shaklda yozing.

a) $Ag^+ + I^- = AgI$

b) $CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2\uparrow + 2H_2O$

d) $Co^{+2} + OH^- = Co(OH)_2\downarrow$

**4.60.** Quyidagilardan deyarli oxirigacha boradigan reaksiyalarning tenglamalarini tuzing va ularni qisqartirilgan ionli shaklda yozing:

a) $CuCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow ...$

b) $Cu(NO_3)_2 + KOH \rightarrow ...$

d) $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow ...$

e) $CuSO_4 + H_2S \rightarrow ...$

f) $CaCl_2 + HNO_3 \rightarrow ...$

g) $CaCl_2 + AgNO_3 \rightarrow ...$

h) $Ba(OH)_2 + Na_2SO_4 \rightarrow ...$

i) $Ba(OH)_2 + NaCl \rightarrow ...$

**4.61.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshiradigan reaksiyalarning molekular va qisqartirilgan ionli shakllardagi tenglamalarini yozing:

a) $Co^{2-} \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca^{2+} \rightarrow CaSO_4$

b) $Cl_2 \rightarrow Cl^- AgCl$

## Eritmalarda boradigan reaksiyalar tenglamalari bo'yicha hisoblashlar

**4.62.** Massa ulushi 5% bo'lgan, 30 g massali xlorid kislota eritmasini to'la neytrallash uchun natriy gidroksidning massa ulushi 4% bo'lgan eritmasidan qanday miqdori kerak bo'ladi?

*Yechish.* Eritmada boradigan reaksiyaning tenglamasini tuzamiz:

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O.$$

Xlorid kislota eritmasi tarkibidagi vodorod xlorid moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$m(HCl) = m\omega(HCl)$; $m(HCl) = 30 \cdot 0{,}05$ g $= 1{,}5$ g.

$$n(HCl) = \frac{m(HCl)}{M(HCl)}; \quad n(HCl) = \frac{1{,}5}{36.5}\ \text{mol} = 0{,}0411\ \text{mol}.$$

Reaksiyaning tenglamasidan:

$n(NaOH) = n(HCl)$; $n(NaOH) = 0{,}0411$ mol bo'ladi.

0,0411 mol — reaksiya uchun kerak bo'ladigan natriy gidroksid moddasining miqdori.

So'ralayotgan natriy gidroksid massasini hisoblaymiz:

$$m(NaOH) = n(NaOH) \cdot M(NaOH)$$

$$m(NaOH) = 0{,}0411 \cdot 40\ \text{g} = 1{,}6442\ \text{g}$$

$\omega(NaOH) = 0{,}04(4\%)$ yoki natriy gidroksid eritmasining zarur bo'lgan massasi $m'$ ni aniqlaymiz:

$$m' = \frac{m(NaOH)}{\omega(NaOH)}; \quad m' = \frac{1{,}644}{0{,}04}\ \text{g} = 41{,}1\ \text{g}.$$

**4.63.** Zichligi 1,02 g/ml sulfat kislotaning massa ulushi 3% bo'lgan 20 ml hajmli eritmasini to'la neytrallash uchun ammiakning normal sharoitda o'lchangan qanday hajmi kerak bo'ladi? Reaksiya natijasida ammoniy sulfat hosil bo'ladi. *Javob:* 280 ml.

**4.64.** Erigan moddaning massa ulushi 6,3% ni tashkil etadigan, massasi 25 g bo'lgan nitrat kislota eritmasi bilan reaksiyaga kirishishi uchun massasi 40 g bo'lgan kaliy gidroksid eritmasi kerak bo'ladi. Eritmadagi ishqorning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 3,5%.

**4.65.** Bariy xloridning massa ulushi 5% bo'lgan eritmasini natriy sulfatning massa ulushi 8% bo'lgan eritmasi bilan aralashtirilganda hosil bo'ladigan cho'kmaning massasini aniqlang. $BaCl_2$ eritmasining massasi 15 g. $Na_2SO_4$ — 10 g ga teng.

*Yechish:* Reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$BaCl + Na_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl.$$

Erigan bariy xlorid moddasining massasi va miqdorini topamiz:

$m(BaCl_2) = m_1\omega(BaCl_2)$; $m(BaCl_2) = 15 \cdot 0{,}05$ g $= 0{,}75$ g;

$$n(BaCl_2) = \frac{m(BaCl_2)}{\omega(BaCl_2)}; \quad n(BaCl_2) = \frac{1{,}644}{0{,}04}\ \text{mol} = 3{,}6 \cdot 10^{-3}\ \text{mol}.$$

Eritmadagi natriy sulfat moddasining massasi va miqdorini hisoblaymiz:

$m(Na_2SO_4) = m_2\omega(Na_2SO_4)$; $m(Na_2SO_4) = 10 \cdot 0{,}08$ g $= 0{,}8$ g;

$$n(Na_2SO_4) = \frac{m(Na_2SO_4)}{\omega(Na_2SO_4)}; \quad n(Na_2SO_4) = \frac{0{,}8}{142} \text{ mol} = 5{,}6 \cdot 10^{-6} \text{ mol}.$$

Reaksiyaning tenglamasidan $3{,}6 \cdot 10{-}3$ mol miqdordagi bariy xlorid bilan reaksiyaga kirishish uchun natriy sulfatning $3{,}6{-}3$ mol miqdordagi moddasi kerak bo'lishi ko'rinib turibdi. Binobarin, natriy sulfat mol miqdorda olingan.

Reaksiya tenglamasidan:

$$n(BaSO_4) = n(BaCl_2); \quad n(BaSO_4) = 3{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Bariy sulfat cho'kmasining massasini aniqlaymiz:

$$m(BaSO_4) = n(BaSO_4) \cdot M(BaSO_4);$$
$$m(BaSO_4) = 3{,}6 \cdot 10^{-23} \cdot 233 \text{ g} = 0{,}84 \text{ g mol}.$$

**4.66.** Natriy karbonatning massa ulushi 7% bo'lgan (zichligi 1,07 g/ml) 15 ml hajmdagi eritmasini nitrat kislotaning massa ulushi 16% bo'lgan (zichligi 1,09 g/ml) 8 ml hajmdagi eritmasi bilan aralashtirilganda qancha hajm uglerod (IV) oksid olish mumkin? Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 0,24 litr.

**4.67.** 280 ml hajmdagi (normal sharoitda) uglerod (IV) oksid massa ulushi 0,12 bo'lgan bariy gidroksidning 20 g massali eritmasi orqali o'tkazilganda hosil bo'ladigan cho'kmaning massasini aniqlang. *Javob:* 2,46 litr.

**4.68.** Sulfat kislotaning massa ulushi 4,9% bo'lgan eritmasini olish uchun massasi 4 kg bo'lgan suvda oltingugurt (VI) oksidning qanday massasi eritilishi kerak? *Javob:* 167 g.

**4.69.** Zichligi 1,12 g/ml, massa ulushi 0,2 bo'lgan 40 ml hajmdagi nitrat kislotaning eritmasini, zichligi 1,17 g/ml, massa ulushi 0,15 bo'lgan 36 ml hajmdagi natriy gidroksid eritmasi bilan aralashtirilganda hosil bo'lgan tuzning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* $m_1$ — massa; $V_1$ — hajm; $\rho_1$ — nitrat kislota eritmasining zichligi; $m_2$ — massa; $V_2$ — hajm, $\rho_2$ — natriy gidroksid eritmasining zichligi; $m_3$ — olingan eritmaning massasi belgilarini kiritamiz.

Reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O.$$

Eritmadagi $HNO_3$ moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$m_1 = V_1\rho_1; \quad m_1 = 40 \cdot 1{,}12\ \text{g} = 44{,}8\ \text{g};$$

$$m(HNO_3) = m_1\omega(HNO_3); \quad m(HNO_3) = 44{,}8 \cdot 0{,}2\ \text{g} = 1{,}5\ \text{g};$$

$$n(HNO_3) = \frac{m(HNO_3)}{M(HNO_3)}; \quad n(HNO_3) = \frac{8{,}96}{63}\ \text{mol} = 0{,}0411\ \text{mol}.$$

Shunga o'xshash, eritmadagi natriy gidroksid moddasining massasi va miqdorini topamiz:

$$m_2 = V_2\rho_2; \quad m_2 = 36 \cdot 1{,}17\ \text{g} = 42{,}1\ \text{g};$$

$$m(NaOH) = m_1\omega(NaOH); \quad m(NaOH)\ 42{,}1 \cdot 0{,}15\ \text{g} = 6{,}32\ \text{g};$$

$$n(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)}; \quad n(NaOH) = \frac{6{,}32}{40}\ \text{mol} = 0{,}158\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan 0,142 mol miqdordagi nitrat kislota moddasi bilan 0,142 mol miqdordagi natriy gidroksid moddasi reaksiyaga kirishishi kelib chiqadi, binobarin, NaOH mol miqdorda olingan.

Reaksiya tenglamasidan:

$$n(NaNO_3) = n(HNO_3); \quad n(NaNO_3) = 0{,}142\ \text{mol}.$$

Hosil bo'ladigan tuzning massasini aniqlaymiz:

$$m(NaNO_3) = n(NaNO_3) \cdot M(NaNO_3);$$

$$m(NaNO_3) = 0{,}142 \cdot 85\ \text{g} = 12{,}1\ \text{g}.$$

Olingan eritmaning massasi:

$$m_3 = m_1 + m_2; \quad m_3 = (44{,}8 + 42{,}1)\ \text{g} = 12{,}1\ \text{g}.$$

Tuzning olingan eritmadagi massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(NaNO_3) = \frac{m(NaNO_3)}{m_3}; \quad \omega(NaNO_3) = \frac{12{,}1}{86{,}9} = 0{,}139 \text{ yoki } 13{,}9\%.$$

**4.70** Massasi 50 g bo'lgan suv massasi 1,2 g bo'lgan bariy oksid bilan aralashtirilganda hosil bo'lgan eritmadagi bariy gidroksidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 2,62%.

**4.71.** Zichligi 1,1 g/ml HCl ning massa ulushi 0,2 bo'lgan 50 ml hajmli xlorid kislota bilan ruxning qanday massasi reaksiyaga kirishishi mumkin? Bunda normal sharoitda o'lchangan vodorodning qanday hajmi ajralib chiqadi? *Javob:* 9,8 g; 3,4 l.

**4.72.** HCl ning massa ulushi 10%, zichligi 1,05 g/ml bo'lgan 120 ml hajmdagi eritmasi 200 ml hajmdagi 0,5 M $AgNO_3$ eritmasi

bilan aralashtirilganda kumush xlorid moddasining qanday miqdori olinishi mumkin. *Javob:* 0,1 mol.

**4.73.** Temir (III) xloridning massa ulushi 12% bo'lgan, massasi 300 g eritmasidagi temirni gidroksid ko'rinishida to'la cho'ktirish uchun kerak bo'ladigan 1,2 M NaOH eritmasining hajmini aniqlang. *Javob:* 554 ml.

**4.74.** Massasi 57,2 g bo'lgan $Na_2SO_3 \cdot 10\ H_2O$ kristallik sodani neytrallash uchun 1,6 M HCl eritmasining qanday hajmi zarur? *Javob:* 250 ml.

## 5. ANORGANIK BIRIKMALARNING ENG MUHIM SINFLARI

### Anorganik moddalarning nomenklaturasi

**5.1.** Quyidagi moddalarning nomini sistematik nomenklaturaga ko'ra ayting: $O_2$, $Fe_2O_3$, $Ca(OH)_2$, $H_2SO_4$, $CuCl_2$, $Al(NO_3)_3$, $Ba_3(PO_4)_2$.

*Yechish.* Sistematik nomenklaturaga ko'ra moddalarning nomi uning tarkibi to'liq ko'rsatilgan holda o'qiladi, masalan: $O_2$ — dikislorod (an'anaviy nomi — molekular kislorod); $Fe_2O_3$ — ikki temirning uch oksidi yoki temir (III) oksidi. Qolgan moddalarning nomlari:

| modda formulasi | sistematik nomi | foydalaniladigan nomi |
|---|---|---|
| $H_2SO_4$ | vodorod tetraoksisulfat (VI) | sulfat kislota |
| $Ca(OH)_2$ | kalsiy gidroksid | |
| $CuCl_2$ | mis dixlorid yoki mis (II) xlorid | |
| $Al(NO_3)_2$ | aluminiy trioksonitrat (V) | aluminiy nitrat |
| $Ba_3(PO_4)_2$ | bariy tetroksofosfat (V) | bariy fosfat |

**5.2.** Quyidagi oksidlarning sistematik nomini keltiring: MnO, $MnO_2$, $Mn_2O_7$.

*Yechish.* MnO — marganes (II) oksidi; $MnO_2$ — marganes dioksidi yoki marganes (IV) oksidi; $Mn_2O_7$ — dimarganesning geptaoksidi yoki marganes (VII) oksidi.

**5.3.** Sistematik nomenklaturadan foydalanib quyidagi moddalarning nomini ayting: $H_2$, $P_4$, $NO_2$, $N_2O_4$, $K_2O$, $K_2O_2$, $KO_2$, $KO_3$.

**5.4.** Sistematik nomenklaturaga ko'ra quyidagi tuzlarning nomini ayting: AgBr, KClO, $KMnO_4$, $KAl(SO_4)_2$, $NaHSO_4$, $Al(OH)_2Cl$.

*Yechish*

| **modda formulasi** | **sistematik nomi** | **foydalaniladigan nomi** |
|---|---|---|
| AgBr | kumush (I) bromid | |
| KClO | kaliy (I) oksoxlorat | kaliy gipoxlorid |
| $KMnO_4$ | kaliy tetraoksomanganat (VII) | kaliy permanganat |
| $KAl(SO_4)_2$ | aluminiy-kaliy tetraoksosulfat (VI) | — |
| $NaHSO_4$ | vodorod-natriy tetraoksosulfat (VI) | natriy gidrosulfat |
| $Al(OH)_2Cl$ | aluminiy digidroksidxlorid | aluminiy digidroksoxlorid |

**5.5.** Quyidagi birikmalarning nomini sistematik nomenklaturaga ko'ra ayting: NaOH, $Fe(OH)_3$, $H_2TeO_4$, $H_3PO_4$, $H_3PO_3$, $HNO_2$.

**5.6.** Sistematik nomenklaturadan foydalanib, quyidagi tuzlarning nomini ayting: $Cu(NO_3)_2$, $AlBr_3$, $KHCO_3$, $Cu_2(OH)_2CO_3$, Sn(OH)Cl, $Ba(HS)_2$.

**5.7.** Quyidagi moddalarning:

a) oktaoltingugurt; b) disimob dixlorid; d) litiy (III) trioksoborat; e) vodorod triokselenat; f) surma (III) gidroksidning formulalarini yozing.

## Oksidlar, asoslar, kislotalar va tuzlarning olinishi hamda kimyoviy xossalari

**5.8.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga yordam beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$Na \rightarrow NaOH \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow Na$.

*Yechish.* 1. Natriy suv bilan o'zaro ta'sir etib, natriy gidroksid hosil qiladi:

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$$

2. Mol miqdor uglerod (IV) natriy gidroksid eritmasi orqali o'tkazilsa, natriy gidrokarbonat olish mumkin:

$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$

3. Natriy gidrokarbonat qizdirilganda natriy karbonat olinadi:

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$$

4. Natriy karbonatga sulfat kislota ta'sir ettirib, natriy sulfat olish mumkin:

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$$

5. Bariy xlorid eritmasini natriy sulfat eritmasiga qo'shib, natriy xlorid eritmasini olish mumkin:

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = 2NaCl + BaSO_4\downarrow$$

6. Natriy metalini olish uchun natriy xloridni eritmadan ajratib olib NaCl suyuqlanmasini elektroliz qilish kerak. Katodda metall ajralib chiqadi:

$$\text{katod } (-)Na^+ + e^- = Na$$

**5.9.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga yordam beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) $FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Fe \rightarrow FeCl_2$

b) $P \rightarrow P_4O_{10} \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$

d) $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 \rightarrow NH_4Cl \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4NO_3$

e) $KBr \rightarrow Br_2 \rightarrow HBr \rightarrow NaBr \rightarrow AgBr$

f) $S \nearrow FeS \rightarrow H_2S \rightarrow KHS$

$S \searrow SO_2 \rightarrow NaHSO_3 \rightarrow CaCO_3$

**5.10.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

$Ca \rightarrow CaH_2 \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$

Eritmalarda boradigan reaksiyalar tenglamalarini ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda tasvirlang.

**5.11.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

qalay → qalay (II) xlorid → qalay (II) gidroksoxlorid → qalay (II) gidroksid → qalay (II) nitrat.

**5.12.** Kaliy sulfid olinishiga imkon beradigan reaksiyalardan kamida uchtasining reaksiya tenglamasini yozing.

*Yechish.* 1. Oddiy moddalar — kaliy bilan oltingugurtning o'zaro ta'sir etishidan kaliy sulfid hosil bo'ladi:

$$2K + S = K_2S$$

2. Shuningdek, kaliy gidroksid bilan vodorod sulfidning o'zaro ta'sir etishidan kaliy sulfid olinishi mumkin:

$$2KOH + H_2S = K_2S + 2H_2O$$

3. Bariy sulfid eritmasining kaliy sulfat bilan o'zaro ta'sir etishidan kaliy sulfid hosil bo'ladi:

$$BaS + K_2SO_4 = K_2S + BaSO_4$$

**5.13.** Kalsiy karbonat olinishiga imkon beradigan reaksiyalardan kamida to'rtta reaksiyaning tenglamasini yozing. Eritmalarda boradigan reaksiyalarni ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda tasvirlang.

**5.14.** Reaksiya natijasida natriy bromid hosil bo'ladigan to'rtta reaksiya tenglamasini tuzing.

**5.15.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$Cu \rightarrow X \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Y \rightarrow CuSO_4$$

X va Y moddalarning nomlarini ayting.

*Yechish.* 1. Mis metalidan foydalanib, mis (II) xlorid olish mumkin bo'ladigan X moddasini olish kerak. Eng oddiy usul — misning mis (II) oksidgacha oksidlanishi:

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

CuO xlorid kislota bilan o'zaro ta'sir etib, mis (II) xlorid hosil qiladi:

$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$

Boshqacha usul ham bo'lishi mumkin. Mis konsentrlangan sulfat kislotada eriydi:

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$$

Agar olingan eritmaga bariy xlorid eritmasi qo'shilsa, mis (II) xlorid hosil bo'ladi:

$$CuSO_2 + BaCl_4 = CuCl_2 + BaSO_4\downarrow$$

Shunday qilib, X modda — bu mis (II) oksid yoki mis (II) sulfat.

2. Mis (II) xloriddan mis (II) sulfatga o'tishning eng oddiy usuli oraliq birikma Y orqali o'tishdir. Y — mis (II) gidroksidning cho'ktirilishi va undan keyin uning sulfat kislotada eritilishi:

$$CuCl_2+2NaOH=Cu(OH)_2+2HCl$$
$$Cu(OH)_2+ H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O$$

Shunday qilib, Y birikma mis (II) gidroksiddir.

**5.16.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) $Fe(NO_3)_3 \rightarrow X \rightarrow Fe_2(SO_4)_3$;

b) $Fe \rightarrow Y \rightarrow Fe(OH)$;

d) $Fe \rightarrow Z \rightarrow Fe(OH)$.

*Javob:* a) X — temir (III) gidroksid; b) Y — temir (III) xlorid; d) Z — temir (II) xlorid yoki temir (II) sulfat.

**5.17.** To'rtta oddiy modda — kaliy, oltingugurt, kislorod va vodoroddan — uchta o'rta tuz, uchta kislota va uchta nordon tuz olish reaksiyalarining tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Vodorod va kisloroddan suv olish mumkin:

$$2H_2 +O_2 = 2H_2O$$

Oltingugurt va kisloroddan oltingugurt (IV) oksid va uni oksidlantirib, oltingugurt (VI) oksid olish mumkin:

$$S + O_2 = SO_2$$
$$2SO_2 +O_2 = 2SO_3$$

Kaliy suv bilan o'zaro ta'sir etib gidroksid hosil qiladi:

$$2K + H_2O = 2KOH + H_2$$

Kaliy gidroksidni kaliy metali bilan oksidgacha qaytarish mumkin:*

$$2KOH + 2K = 2K_2O + H_2$$

Kaliyning asosli oksidi oltingugurt (IV) va oltingugurt (VI) kislotali oksidlar bilan kaliy sulfit va kaliy sulfat (ikkita o'rta tuz) hosil qiladi:

$$K_2O+ SO_2 = K_2SO_3$$
$$K_2O + SO_3 = K_2SO_4$$

Yana bitta o'rta tuz (kaliy sulfid) kaliy va oltingugurtning to'g'ridan to'g'ri o'zaro ta'sir etishidan olinishi mumkin:

---

* Kaliy bilan kislorodni bevosita o'zaro ta'sir ettirib oksid olish mumkin emas:

$$K + O_2 = KO_2$$

$KO_2$ — kaliy peroksid, oksidlarga taalluqli emas.

$$2K + S = K_2S$$

Vodorod oltingugurt bilan vodorod sulfid hosil qiladi:

$$H_2 + S = H_2S$$

uning suvdagi eritmasi sulfid kislota deb ataladi.

Oltingugurt (IV) oksid suv bilan o'zaro ta'sir etib sulfit kislota hosil qiladi:

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

Oltingugurt (VI) oksid suv bilan o'zaro ta'sir etib sulfat kislota hosil qiladi:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

Nihoyat, agar kaliy oksidga olingan uchta kislotalardan mol miqdorda qo'shilsa, uchta nordon tuz olish mumkin:

$$K_2O + 2H_2S = 2KHS + H_2O$$
$$K_2O + 2H_2SO_3 = 2KHSO_3 + H_2O$$
$$K_2O + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + H_2O$$

**5.18.** Qanday qilib oddiy moddalar — kalsiy, fosfor va kisloroddan foydalanib, kalsiy fosfat olish mumkin? Tegishli reaksiyalar tenglamalarini yozing.

**5.19.** Temir (II) sulfid, kislorod, natriy gidroksid eritmasi, xlorid va sulfat kislotaning suyultirilgan eritmalaridan foydalanib, oltita o'rta tuz olish mumkin bo'ladigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

**5.20.** Qo'rg'oshin (II) oksidning amfoterlik xususiyatini ko'rsatadigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Oksid va gidroksidning amfoterlik xususiyatini isbotlash uchun bu birikmalarning asosli va kislotali xossalarini namoyon qiladigan reaksiyalarning tenglamalari keltirilishi lozim.

1. Qo'rg'oshin (II) oksid kislota eritmalari bilan o'zaro ta'sir etadi. Masalan:

$$PbO + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

Bu reaksiyada qo'rg'oshin (II) oksid asosli xossalarni namoyon qiladi. Shuningdek, qo'rg'oshin (II) oksidning asosli xossalarini xarakterlash uchun kislotali xarakterdagi moddalar bilan bo'ladigan reaksiyalarga misollar keltirish mumkin, masalan:

$$PbO + SiO_2 = PbSiO_3$$
kislotali oksid

2. Qo'rg'oshin (II) oksid ishqor bilan suyuqlantirilsa, o'zaro ta'sirlashadi:

$$PbO + 2NaOH = Na_2PbO_2 + H_2O$$

yoki suvli konsentrlangan eritmada:

$$PbO + 2NaOH + H_2O = Na_2[Pb(OH)_4]$$

Bu reaksiya qo'rg'oshin (II) oksidning kislotali xossalarini namoyon qilishini ko'rsatadi. Xuddi shu reaksiyani asosli oksid bilan ham namoyish qilish mumkin, masalan:

$$PbO + Na_2O = Na_2PbO_2$$
asosli oksid

**5.21.** BaO va $Ba(OH)_2$ moddalarining asosli xususiyatini isbotlaydigan reaksiyalarga misollar keltiring.

**5.22.** Cr (III) gidroksidning amfoterlik xususiyatini isbotlaydigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

**5.23.** Juft qilib olingan quyidagi moddalar orasida borishi mumkin bo'ladigan barcha reaksiyalarning tenglamalarini yozing: kaliy oksid, fosfor (V) oksid, bariy gidroksid, sulfat kislota, kaliy yodid, qo'rg'oshin (II) nitrat. Eritmada boradigan reaksiyalarning tenglamalarini qisqartirilgan ionli shaklda tasvirlang.

*Yechish.* Birikmalarni qanday sinflarga tegishli ekanligini aniqlaymiz: $K_2O$ — asosli oksid, $P_4O_{10}$ — kislotali oksid, $Ba(OH)_2$— asos (ishqor), $H_2SO_4$ — kislota, KI va $Pb(NO_3)_2$— tuzlar.

Asosli oksid $K_2O$ kislotali oksid va kislota bilan o'zaro ta'sir etadi:

$$6K_2O + P_4O_{10} = 4K_3PO_4$$
$$K_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O$$

yoki

$$K_2O + 2H^+ = 2K^+ + H_2O$$

Kislotali oksid $P_4O_{10}$ bariy gidroksid bilan o'zaro ta'sirlashadi:

$$P_4O_{10} + 6Ba(OH)_2 = 2Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 6H_2O$$

$$P_4O_{10} + 6Ba^{2+} + 12OH^- = 2Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 6H_2O$$

Bariy gidroksid sulfat kislota bilan reaksiyaga kirishadi:

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2H_2O$$

$$Ba^{2+} + 2OH^- + 2H^+ + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow + 2H_2O$$

va qo'rg'oshin (II) nitrat bilan ham:

$$Ba(OH)_2 + Pb(NO_3)_2 = Pb(OH)_2\downarrow + Ba(NO_3)_2$$

$$2OH^- + Pb^{2+} = Pb(OH)_2$$

Bariy gidroksid mo'l miqdorda olinganda reaksiya quyidagicha boradi:

$$Pb(NO_3)_2 + 2Ba(OH_3)_2 = Ba[Pb(OH)_4] + Ba(NO_3)_2$$

$$Pb^{2+} + 4OH^- = [Pb(OH)_4]^{2-}$$

Sulfat kislota bilan qo'rg'oshin (II) nitrat orasida ham shunday reaksiyalar bo'lishi mumkin:

$$H_2SO_4 + Pb(NO_3)_2 = PbSO_4\downarrow + 2HNO_3$$

$$SO_4^{2-} + Pb^{2+} = PbSO_4\downarrow$$

va kaliy yodid bilan qo'rg'oshin (II) nitrat orasida ham:

$$2KI + Pb(NO_3)_2 = PbI_2 + 2KNO_3$$

$$Pb^{2+} + 2I^- = PbI_2\uparrow$$

**5.24.** Quyida ko'rsatilgan moddalarning qaysi biri kaliy gidroksid eritmasi bilan o'zaro ta'sirlashishi mumkin: yodid kislota, mis (II) xlorid, bariy xlorid, uglerod (IV) oksid, qo'rg'oshin (II) oksid? Reaksiyalarning tenglamalarini molekular, ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda yozing.

**5.25.** Juft qilib olingan quyidagi moddalar orasida boradigan hamma reaksiyalarning tenglamalarini yozing: magniy oksid, xlorid kislota, natriy sulfit, kalsiy xlorid, kumush nitrat.

**5.26.** Qanday usullar bilan kaliy gidrofosfat va kaliy digidrofosfat olish mumkin? Tegishli reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Kaliy gidrofosfat va kaliy digidrofosfat fosfat kislotaning kaliy gidroksid bilan o'zaro ta'sirlashishidan olinishi mumkin:

$$H_3PO_4 + 2KOH = \underset{\text{kaliy gidrofosfat}}{K_2HPO_4} + 2H_2O$$

$$H_3PO_4 + KOH = \underset{\text{kaliy digidrofosfat}}{KH_2PO_4} + H_2O$$

Bunda birinchi holda 1 mol fosfat kislotaga 2 mol kaliy gidroksid olinishi, ikkinchisida — 1 mol kaliy gidroksid olinishi kerak.

**5.27.** Mis (II) gidroksoxlorid, kaliy gidrosulfid, kalsiy gidrokarbonat olish mumkin bo'ladigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

**5.28.** Yozuvi bo'lmagan to'rtta probirkada quyidagi moddalarning eritmalari bor: natriy sulfat, natriy karbonat, natriy nitrat va natriy yodid. Qanday reagentlar yordamida qaysi probirkada qanday tuz borligini aniqlash mumkin? Reaksiyalarning tenglamalarini molekular va qisqartirilgan ionli shakllarda yozing.

*Yechish.* Har qaysi eritma namunasiga bariy xlorid eritmasi qo'shiladi, tarkibida $Na_2SO_4$ va $Na_2CO_3$ bo'lgan probirkalarda reaksiya sodir bo'ladi:

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl$$
$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4\downarrow$$
$$Na_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3\downarrow + 2NaCl$$
$$CO_3^{2-} + Ba^{2+} = BaCO_3\downarrow$$

Bu ikkita eritmani farq qilish uchun, olingan cho'kmalarga xlorid kislota qo'shish kerak. Faqat bariy karbonat eriydi (bunda gaz ajralib chiqishi sodir bo'ladi):

$$BaCO_3 + 2HCl = BaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$$
$$CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2\uparrow + H_2O$$

$BaCl_2$ bilan cho'kma hosil qilmagan $NaNO_3$ va NaI eritmalarini bir-biridan farq qilish uchun, ularga kumush nitrat yoki qo'rg'oshin (II) nitrat eritmalarini qo'shish kerak — cho'kma faqat kaliy yodid bo'lgan eritmada hosil bo'ladi:

$$NaI + AgNO_3 = NaNO_3 + AgI\downarrow$$
$$I^- + Ag^+ = AgI\downarrow$$

yoki

$$2NaI + Pb(NO_3)_2 = 2NaNO_3 + PbI_2\downarrow$$
$$2I^- + Pb^{2+} = PbI_2\downarrow$$

**5.29.** Uchta probirkada bo'lgan sulfat, nitrat va xlorid kislotalarni bir-biridan qanday reagentlar yordamida farq qilish mumkin? Tegishli reaksiyalarning tenglamalarini molekular va ionli shakllarda yozing. *Javob:* $BaCl_2$ va $AgNO_3$ dan foydalanish kerak.

**5.30.** Uchta probirkada quyidagi quruq moddalar bor: kalsiy oksid, aluminiy oksid, fosfor oksid. Bu moddalarni qaysi

reagentlar yordamida farq qilish mumkin? Reaksiyalarning tenglamalarini yozing. *Javob:* xlorid (yoki nitrat) kislota eritmasidan foydalanish kerak.

**5.31.** Quruq tuzlar: natriy xlorid, natriy karbonat, natriy sulfidlar idishlarning qaysi birida ekanligini qanday reagentlar yordamida aniqlash mumkin? Tegishli reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Har qaysi idishdan olingan quruq tuz namunasiga kislota, masalan, xlorid kislota ta'sir ettirish kerak. Natriy sulfidli probirkadan xarakterli yoqimsiz hidli vodorod sulfid ajralib chiqishi bilan o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$Na_2S + 2HCl = H_2S\uparrow + 2NaCl$$

Natriy karbonat kislota bilan uglerod (IV) oksid — hidsiz gaz ajralib chiqishi bilan o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$$

Natriy xlorid xlorid kislota bilan reaksiyaga kirishmaydi.

**5.32.** Qanday bitta reagent yordamida uchta modda: kaliy xlorid, aluminiy xlorid, magniy xlorid eritmalarini aniqlash mumkin?

*Javob:* ishqor eritmasidan foydalanib.

## Hisoblashga doir masalalar

**5.33.** Bor (III) oksiddagi borning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Bor (III) oksidning eng oddiy formulasi $B_2O_3$. Hisoblash uchun moddaning miqdori 1 mol bo'lgan oksid namunasini tanlaymiz, ya'ni $B_2O_3$ — 1 mol. Oksid namunasining massasini aniqlaymiz:

$m(B_2O_3) = n(B_2O_3) \cdot M(B_2O_3)$; $m(B_2O_3) = 1 \cdot 70$ g $= 70$ g.

Oksid formulasidan:

$n(B) = 2n(B_2O_3)$; $n(B) = 2 \cdot 1$g $= 2$ mol chiqadi.

Borning massasini topamiz:

$m(B) = n(B) \cdot M(B)$; $m(B) = 2 \cdot 11$ g $= 22$ g.

Oksiddagi borning massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(B) = \frac{m(B)}{m(B_2O_3)}; \quad \omega(B) = \frac{22}{40} = 0{,}314 \text{ yoki } 31{,}4\%$$

**5.34.** Kalsiy gidroksid va kalsiy karbonatdagi kislorodning massa ulushini toping. *Javob:* $Ca(OH)_2$ da 43,2% va $CaCO_3$ da 48,0%.

**5.35.** Temir gidroksidning formulasini aniqlang, agar uni tashkil qilgan elementlarning massa ulushlari ma'lum bo'lsa: 62,2% temir, 35,6% kislorod, 2,2% vodorod.

*Yechish.* Hisoblash uchun massasi 100 g, ya'ni $m$ (gidroksid) = 100 g bo'lgan temir gidroksid namunasini tanlab olamiz. Atomar temir, kislorod va vodorodning massalarini aniqlaymiz:

$m(Fe) = m(\text{gidroksid}) \cdot \omega(Fe)$; $m(Fe) = 100 \cdot 0{,}622\text{g} = 62{,}2$ g.
$m(O) = m(\text{gidroksid}) \cdot \omega(O)$; $m(O) = 100 \cdot 0{,}356$ g $= 35{,}6$ g.
$m(H) = m(\text{gidroksid}) \cdot \omega(H)$; $m(H) = 100 \cdot 0{,}022$ g $= 2{,}2$ g.

Atomar temir, kislorod va vodorod moddalarining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Fe) = \frac{m(Fe)}{M(Fe)}; \quad n(Fe) = \frac{62,2}{56}\text{ mol} = 1,1 \text{ mol};$$

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)}; \quad n(O) = \frac{35,6}{16}\text{ mol} = 2,2 \text{ mol};$$

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)}; \quad n(H) = \frac{2,2}{1}\text{ mol} = 2,2 \text{ mol}.$$

Shunday qilib,

$$n(Fe) : n(O) : n(H) = 1,1 : 2,2 : 2,2$$

yoki tenglikning o'ng tomonidan hamma sonlarni 1,1 ga bo'lib, quyidagini olamiz:

$$n(Fe) : n(O) : n(H) = 1 : 2 : 2.$$

Binobarin, gidroksid formulasi $Fe(OH)_2$.

**5.36.** Qalay va xlorning qalay xloriddagi massa ulushlari tegishlicha 62,6 va 37,4% ga teng. Xlorning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $SnCl_2$

**5.37.** Vodorod, fosfor va kislorodning qandaydir kislotadagi massa ulushlari tegishlicha 3,66; 37,80 va 58,54% ga teng. Shu kislotaning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $H_3PO_4$.

**5.38.** Nikel (II) sulfat kristallogidratidagi suvning massa ulushi 44,8% ga teng. 1 mol kristallogidrat tarkibida suv moddasidan qancha miqdor bor? *Javob:* 7 mol.

**5.39.** Bariy gidrokarbonat olish uchun massa ulushi 5% bo'lgan 80 g massali bariy gidroksid eritmasi orqali uglerod (IV) oksidning qanday minimal hajmi o'tkazilishi lozim.

*Yechish.* Bariy gidroksid va mo'l miqdordagi uglerod (IV) oksid orasidagi reaksiyaning tenglamasini yozamiz:

$$Ba(OH)_2 + 2CO_2 = Ba(HCO_3)_2$$

Eritma tarkibidagi bariy gidroksidning massasini aniqlaymiz: $m(Ba(OH)_2) = m\omega(Ba(OH)_2)$; $m(Ba(OH)_2) = 80 \cdot 0{,}05\ g = 4\ g$.

Bariy gidroksid moddasining miqdori:

$$n(Ba(OH)_2) = \frac{m(Ba(OH)_2)}{M(Ba(OH)_2)};$$

$$n(Ba(OH)_2) = \frac{4}{171}\ mol = 0{,}234\ \ mol.$$

Reaksiya tenglamasidan:

$$\frac{n(CO_2)}{n(Ba(OH)_2)} = \frac{2}{1};\quad n(CO_2) = 2n(Ba(OH)_2);$$

$$n(CO_2) = 2 \cdot 0{,}0234\ mol = 0{,}0468\ mol.$$

Normal sharoitdagi gazning hajmini aniqlaymiz:

$$V(CO_2) = n(CO_2) \cdot V_m;\quad V(CO_2) = 0{,}0468 \cdot 22{,}4\ 1 = 1{,}05\ 1.$$

**5.40.** Kalsiy gidroksid eritmasi orqali uglerod (IV) oksid o'tkazilganda massasi 8,1 g bo'lgan kalsiy gidrokarbonat olindi. Eritma orqali o'tkazilgan uglerod (IV) oksidning normal sharoitda o'lchangan hajmini aniqlang. *Javob:* 22,4 l.

**5.41.** Sulfat kislotaning massa ulushi 8% bo'lgan 200 g massali eritmasiga natriy gidroksidning massa ulushi 12% bo'lgan 50 g massali eritmasi qo'shildi. Hosil qilingan eritmadan ajratib olingan natriy gidrosulfatning massasi qanday bo'ladi? *Javob:* 18 g.

**5.42.** Massasi 4,9 g bo'lgan tuzning parchalanishidan 1,344 l hajmdagi (normal sharoitda) kislorod va kaliy xlorid hosil bo'ldi. Dastlabki birikmaning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $KClO_3$.

**5.43.** Massasi 12,4 g bo'lgan natriy oksid suvda eritildi. Agar nordon tuz talab qilinsa, olingan natriy gidroksidni neytrallash uchun uglerod (IV) oksidning normal sharoitda o'lchangan qanday hajmi kerak bo'ladi? *Javob:* 8,96 l.

## Tuzlarning gidrolizi

**5.44.** Natriy asetatning gidrolizlanish reaksiyasining tenglamasini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda tuzing.

Shu tuz eritmasining reaksiya muhiti qanday bo'lishini ko'rsating.

*Yechish.* 1. Natriy asetat $CH_3COONa$ — kuchli asos NaOH bilan kuchsiz kislota $CH_3COOH$ dan hosil bo'lgan tuz. Bu holda kuchsiz elektrolit kuchsiz kislotaning anioni bilan suvning o'zaro ta'sir etishidan hosil bo'ladi:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$$

Bu reaksiyaning qisqartirilgan ionli shakldagi tenglamasidir. Bundan ko'rinib turibdiki, eritmaning ishqoriy muhitga ega bo'lishi gidroksid ionlari borligidan kelib chiqadi.

2. Tenglamaning chap va o'ng tomonlariga natriy ionlarini qo'shib yozib, reaksiyaning ionli shakldagi tenglamasini olamiz:

$$Na^+ + CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + Na^+ + OH^-$$

3. Molekular shakldagi reaksiyaning tenglamasi:

$$CH_3COONa + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + NaOH$$

**5.45.** Kaliy sulfidning gidrolizlanish reaksiyasining tenglamasini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda tuzing. Tuz eritmasining reaksiya muhiti qanday bo'lishini ko'rsating.

*Yechish.* Kaliy sulfid — kuchli asos KOH bilan ikki negizli kuchsiz kislota $H_2S$ dan hosil bo'lgan tuz. Agar tuz hosil qiladigan kuchsiz elektrolit bosqich bilan dissotsilansa, u holda gidroliz ham bosqich bilan boradi. Ushbu misolda gidrolizlanish ikki bosqichda boradi. Suv bilan kuchsiz kislotaning ionlari — sulfid va gidrosulfid ionlari o'zaro ta'sir etadi.

I bosqich

a) $S^{2-} + H_2O \rightleftarrows HS^- + OH^-$

b) $2Na^+ + S^{2-} + H_2O \rightleftarrows 2Na^+ + HS^- + OH^-$

d) $Na_2S + H_2O \rightleftarrows NaHS + NaOH$

II bosqich

a) $HS^- + H_2O \rightleftarrows H_2S + OH^-$

b) $Na^+ + HS^- + H_2O \rightleftarrows H_2S + Na^+ + OH^-$

d) $NaHS + H_2O \rightleftarrows H_2S + NaOH$

Gidrolizlanish natijasida eritmada gidroksid ionlarning miqdori ortadi, demak, reaksiya muhiti ishqoriy bo'ladi.

**5.46.** Quyidagi tuzlarning gidrolizlanish reaksiyalarining tenglamalarini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda tuzing: a)$NaNO_3$; b)$NaHCO_3$; d)$K_2CO_3$; e)$K_2HPO_4$; f)$K_3PO_4$.

Bu tuzlar eritmalaridagi reaksiyalarning muhitini ko'rsating.

**5.47.** Ammoniy nitratning gidrolizlanish reaksiyasi tenglamasini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarini yozing.

Shu tuz eritmasining reaksiya muhiti qanday bo'lishini ko'rsating.

*Yechish.* 1. Ammoniy nitrat $NH_4NO_3$ — kuchsiz asos $NH_4OH$* bilan kuchli nitrat kislota $HNO_3$ dan hosil bo'lgan tuz. Kuchsiz asosning kationi $NH_4^+$ suvning gidroksid ionlari bilan birikib, kuchsiz elektrolit — ammoniy gidroksid hosil qiladi:

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + H^+$$

Eritmada vodorod ionlari mo'l miqdorda hosil bo'ladi, binobarin, muhit kislotali.

2. Tenglamaning chap va o'ng qismiga nitrat ionlarini qo'shib yozib ionli shakldagi reaksiyaning tenglamasini hosil qilamiz:

$$NH_4^+ + NO_3^- + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + H^+ + NO_3^-.$$

3. Molekular shakldagi reaksiyaning tenglamasi:

$$NH_4NO_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + HNO_3$$

**5.48.** Temir (III) xloridning gidrolizlanish reaksiyasini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda yozing. Bu tuz eritmasining reaksiya muhitini ko'rsating.

*Yechish.* Temir (III) xlorid $FeCl_3$ — kuchli xlorid kislota HCl bilan kuchsiz uch negizli asos $Fe(OH)_3$ dan hosil bo'lgan tuz. Bu holda gidroliz uch bosqichda boradi. Suvning gidroksid ionlari bilan kuchsiz asos kationlari o'zaro ta'sir etadi:

---

*$NH_4OH$ bu yerda va keyin ham kuchsiz asoslarga taalluqli deymiz, buning ma'nosi shuki: $OH^-$ ionlari konsentratsiyasi ammiakning suvli eritmalarida juda katta emas. Bu moddaning formulasi qo'shimcha gidrat $NH_3 \cdot H_2O$ yoki $NH_3 \cdot nH_2O$ ko'rinishida ifodalanadi, chunki $NH_4OH$ zarrachalari eritmalarda topilmagan.

I bosqich

a) $Fe^{3+} + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)^{2+} + H^+$

b) $Fe^{3+} + 3Cl^- + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)^{2+} + H^+ + 3Cl^-$

d) $FeCl_3 + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)Cl_2 + HCl$

II bosqich

a) $Fe(OH)_2^+ + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_2^+ + H^+$

b) $Fe(OH)_2^+ + 2Cl^- + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_2^+ + H^+ + 2Cl^-$

d) $Fe(OH)Cl_2 + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_2Cl + HCl$

III bosqich

a) $Fe(OH)_2^+ + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_3 + H^+$

b) $Fe(OH)_2^+ + Cl^- + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_3 + H^+ + Cl^-$

d) $Fe(OH)_2Cl + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_3 + HCl$.

Eritmada vodorod ionlari mo'l miqdorda hosil bo'ladi, ya'ni reaksiya muhiti kislotali.

**5.49.** Quyidagi tuzlarning gidrolizlanish reaksiyasining tenglamalarini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda yozing: a)$NH_4Cl$; b)$(NH_4)_2SO_4$; d)$Cu(NO_3)_2$; e)$Al(OH)Cl_2$; f) $Al(NO_3)_3$. Bu birikmalar eritmalari reaksiyasining muhitini ko'rsating.

**5.50.** 1) ammoniy asetat; 2) natriy xlorid tuzlarining gidrolizlanish reaksiyalarining tenglamalarini tuzing.

*Yechish.* 1. Ammoniy asetat $CH_3COONH_4$ — kuchsiz asos $NH_4OH$ bilan kuchsiz kislota $CH_3COOH$ dan hosil bo'lgan tuz. Bunda kuchsiz asos kationi ham, kuchsiz kislota anioni ham kuchsiz elektrolitlar hosil qiladi:

$$NH_4^+ + CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + CH_3COOH$$

Molekular shakldagi reaksiyaning tenglamasi:

$$CH_3COONH_4 + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + CH_3COOH$$

2. Natriy xlorid NaCl — kuchli asos NaOH bilan kuchli kislota

HCl dan hosil bo'lgan tuz. Bunday tuzlar gidrolizga uchramaydi, chunki kuchsiz elektrolitlar hosil bo'lmaydi.*

**5.51.** Quyidagi tuzlarning qaytmas gidrolizlanish reaksiyalarining tenglamalarini tuzing* *: $Al(CH_3COO)_3$ va $Cr_2(CO_3)_3$.

**5.52.** Quyida keltirilgan tuzlardan qaysi biri gidrolizga uchraydi: a) $BaCl_2$; b) $ZnCl_2$; d) $NaNO_3$; e) $NH_4NO_2$; f) $KHSO_4$.

Gidrolizlanish reaksiyalarining tenglamalarini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda yozing. *Javob:* b) $ZnCl_2$; e) $NH_4NO_2$.

**5.53.** Quyidagi tuzlarning gidrolizlanish reaksiyalarining tenglamalarini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda yozing: a) NaF; b) KHS; d) $K_2SO_3$; e) $FeSO_4$; f) $Fe_2(SO_4)_3$. Bu tuzlar eritmalarining reaksiya muhitini ko'rsating.

**5.54.** Gidrolizlanish reaksiyalarining qisqartirilgan ionli shakldagi tenglamalari berilgan:

a) $Cr(OH)^{2+} + H_2O \rightleftarrows Cr(OH)_2^+ + H^+$

b) $Sn^{2+} + H_2O \rightleftarrows Sn(OH)^+ + H^+$

d) $S^{2+} + H_2O \rightleftarrows HS^- + OH^-$

Reaksiyalar tenglamalarini molekular shaklda tasvirlang.

**5.55.** Nima uchun natriy nitrat va litiy karbonatning suvli eritmalari ishqoriy reaksiya berishini tushuntiring. Javobingizni ionli va molekular shakllardagi reaksiya tenglamalari bilan tasdiqlang.

**5.56.** Nima uchun qalay (II) xloridning konsentrlangan suvli eritmasiga suv qo'shilganda asosli tuz cho'kmaga tushadi, xlorid kislota eritmasi ishtirokida suv qo'shilganda esa, cho'kma tushishi kuzatilmaydi?

**5.57.** Quyidagi tuzlarning formulalarini gidrolizlanishga bo'lgan moyilligi ortib borishi tartibida yozing: natriy ftorid, natriy xlorid, ammoniy ftorid. Javobingizni izohlang. Tuzlarning gidrolizlanish tenglamalarini yozing.

---

* Yuqori temperaturada bu xildagi tuzlar ham gidrolizga uchrashi mumkin. Bunda natriy xloriddan gaz holidagi vodorod xlorid ajralib chiqishi sodir bo'ladi:

$$NaCl + H_2O \rightleftarrows NaOH + HCl\uparrow$$

** Qaytmas gidrolizlanishda reaksiyaning tenglamasi bosqichga bo'linmaydi.

**5.58.** Natriy sulfid va aluminiy xlorid eritmalarini qo'shganda qanday jarayonlar sodir bo'ladi? Reaksiya tenglamalarini tuzing.

*Yechish.* Natriy sulfid eritmada gidrolizga uchraydi. Tenglamani qisqartirilgan ionli va molekular shakllarda yozamiz:

I bosqich

$$S^{2+} + H_2O \rightleftarrows HS^+ + OH^-$$

$$Na_2S + H_2O \rightleftarrows NaHS + NaOH$$

II bosqich

$$HS^+ + H_2O \rightleftarrows H_2S + OH^-$$

$$NaHS + H_2O \rightleftarrows Na_2S + NaOH$$

Eritmadagi reaksiyaning muhiti — ishqoriydir. Eritmaga vodorod ionlarining qo'shilishi gidrolizlanish muvozanatini gidrolizlanish mahsulotlari hosil bo'lish tomoniga siljitadi.

Aluminiy xloridning gidrolizlanish tenglamalari:

I bosqich

$$\text{a) } Al^{3+} + H_2O \rightleftarrows Al(OH)^{2+} + H^+$$

$$\text{b) } AlCl_3 + H_2O \rightleftarrows Al(OH)Cl_2 + HCl$$

II bosqich

$$\text{a) } AlOH^+ + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_2^+ + H^+$$

$$\text{b) } Al(OH)Cl_2 + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_2Cl + HCl$$

III bosqich

$$\text{a) } Al(OH)_2^+ + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_3 + H^+$$

$$\text{b) } Al(OH)_2Cl + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_3 + HCl$$

Gidroksid ionlar qo'shilganda bu sistemadagi muvozanat gidrolizlanish mahsulotlari tomoniga siljiydi.

Ikkala eritma aralashtirilganda, ularning har ikkalasi reaksiya muvozanatining gidroliz mahsuloti hosil bo'lish tomoniga siljitishga yordam beradi: gidroksid-ionlar va vodorod-ionlar birikib kuchsiz elektrolit — suv hosil qiladi. Reaksiyaning yakunlovchi tenglamasi:

$$3Na_2S + 2AlCl_3 + 6H_2O \rightleftarrows 6NaCl + 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

**5.59.** Temir (III) sulfat va kaliy karbonatning suvli eritmalari aralashtirilganda reaksiya mahsulotlaridan biri temir (III) gidroksid ekanligini hisobga olgan holda, reaksiya tenglamasini yozing. Nima uchun reaksiya natijasida temir (III) karbonat hosil bo'lmaydi?

**5.60.** Nima uchun aluminiy sulfat va natriy silikatning eritmalari aralashtirilganda aluminiy gidroksid cho'kmaga tushadi? Jarayonning tenglamasini yozing.

## 6. OKSIDLANISH-QAYTARILISH REAKSIYALARI

### Oksidlovchi va qaytaruvchilar

**6.1.** Quyida keltirilgan reaksiyalarning qaysi biri oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari hisoblanadi?

a) $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$

b) $Na_2O + 2HCl = 2NaCl + H_2O$

d) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

e) $Cl_2 + H_2O = HClO + HCl$

*Yechish.* Keltirilgan reaksiyalar tenglamalarining qaysi birida atomlarning oksidlanish darajasi o'zgarganligini aniqlaymiz:

a) $\overset{0}{2Na} + \overset{+1\,-2}{2H_2O} = \overset{+1-2+1}{2NaOH} + \overset{0}{H_2}$

b) $\overset{+1\,-2}{Na_2O} + \overset{+1\,-1}{2HCl} = \overset{+1\;\;-1}{2NaCl} + \overset{+1\,-2}{H_2O}$

d) $\overset{0}{H_2} + \overset{0}{Cl_2} = \overset{+1\,-1}{2HCl}$

e) $\overset{0}{Cl_2} + \overset{+1\,-2}{H_2O} = \overset{+1+1-2}{HClO} + \overset{+1-1}{HCl}$

a, d va e reaksiyalarda atomlarning oksidlanish darajalari o'zgargan, binobarin, ular oksidlanish-qaytarilish reaksiyalaridir.

**6.2.** Quyida keltirilgan tenglamalar asosida qaysi reaksiyalar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari ekanligini aniqlang.

a) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$

b) $ZnSO_4 + Na_2CO_3 = ZnCO_3\downarrow + Na_2SO_4$

d) $ZnCl_2 + H_2S = ZnS\downarrow + 2HCl$

e) $Zn + S = ZnS$

f) $ZnO + H_2 = Zn + H_2O$

g) $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$

*Javob:* a, e, f.

**6.3.**

a) $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

b) $2H_2S + H_2SO_3 = 3S + 3H_2O$

d) $8HI + H_2SO_4 = 4I_2 + H_2S + 4H_2O$

e) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

reaksiyalarida qaytaruvchi va oksidlovchilarni ko'rsating.

*Yechish.* Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining borishida qaytaruvchi elektron beradi va oksidlanish darajasi ortadi. Oksidlovchi elektron qabul qiladi. Natijada oksidlanish darajasi kamayadi. Shuning uchun ko'rsatilgan tenglamalarda qaysi atomlarning oksidlanish darajalari o'zgarganligini aniqlash zarur:

a) $\overset{0}{2Al} + 6\overset{+1}{H}Cl = 2\overset{+3}{Al}Cl_3 + 3\overset{0}{H_2}$

Ushbu reaksiyada Al — qaytaruvchi, HCl (aniqrog'i $H^+$ ioni) — oksidlovchi.

b) $2\overset{-2}{H_2}S + H_2\overset{+4}{S}O_3 = 3\overset{0}{S} + 3H_2O$

Bu yerda $H_2\overset{-2}{S}$ (S) — qaytaruvchi, $H_2SO_3$ ($SO_3^{2-}$ ioni yoki $\overset{+4}{S}$) oksidlovchi.

d) $8\overset{-1}{H}I + H_2\overset{+6}{S}O_4 = 4\overset{0}{I_2} + \overset{-2}{H_2}S + 4H_2O$

HI (yodid-ion $I^-$) — qaytaruvchi, $H_2SO_4$ (sulfat-ion $SO_4^{2-}$ yoki $S^{+6}$) — oksidlovchi.

e) $2\overset{+5\ -2}{KClO_3} = 2\overset{-1}{KCl} + 3\overset{0}{O_2}$

Bu reaksiya ichki molekular oksidlanish-qaytarilish reaksiyasidir. Bunda $O^{-2}$ qaytaruvchi va $Cl^{+5}$ oksidlovchi bitta modda tarkibiga kiradi.

**6.4.** Quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarida qaytaruvchi va oksidlovchilarni ko'rsating:

a) $Zn + CuSO_4 = Cu + ZnSO_4$

b) $4HCl + MnO_2 = Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$

d) $2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$

e) $NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$

**6.5.** Quyida keltirilgan reaksiyalarning qaysi birida marganes (IV) oksid $MnO_2$ oksidlovchilik xossasini va qaysi birida qaytaruvchilik xossasini namoyon qiladi?

a) $2MnO_2 + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + O_2 + 2H_2O$

b) $2MnO_2 + O_2 + 4KOH = 2K_2MnO_4 + 2H_2O$

d) $MnO_2 + H_2 = MnO + 2H_2O$

e) $2MnO_2 + 3NaBiO_3 + 6HNO_3 = 2HMnO_4 + 3BiONO_3 +$
$+ 3NaNO_3 + 2H_2O$

*Javob:* a, d reaksiyalarda $MnO_2$ — oksidlovchi; b, e reaksiyalarda $MnO_2$ — qaytaruvchi.

**6.6.** Quyida keltirilgan reaksiyalar tenglamalarining qaysi birida temir birikmalari oksidlovchi, qaysi birida qaytaruvchi:

a) $Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3$

b) $Fe_2O_3 + 3KNO_3 + 4KOH = 2K_2FeO_4 + 3KNO_2 + 2H_2O$

d) $FeSO_4 + Mg = MgSO_4 + Fe$

e) $10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 +$
$+ K_2SO_4 + 8H_2O$

f) $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O — 4Fe(OH)_3$

*Javob:* b, e, f reaksiyalarda temir birikmalari qaytaruvchi; a, d reaksiyalarda — oksidlovchi.

**6.7.** Quyidagi reaksiyalar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining qaysi tiplariga kirishini aniqlang:

a) $H_2S + 8HNO_3 = H_2SO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

b) $2H_2S + H_2SO_3 = 3S + 3H_2O$

d) $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$

e) $2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$

f) $NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$

g) $3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$

*Javob:* a, b — molekulalararo; d, e — ichki molekular, f, g — disproporsiyalanish.

**6.8.** Quyida keltirilgan moddalarning qaysi birida marganes faqat qaytaruvchi yoki faqat oksidlovchi xossasini yoki unisini

ham, bunisini ham namoyon qilishi mumkin: $KMnO_4$, $MnO_2$, $Mn_2O_7$, Mn, $K_2MnO_4$, MnO.

*Yechish.* Ko'rsatilgan birikmalarda marganesning oksidlanish darajasini aniqlaymiz: $\overset{+7}{K}\overset{+7}{Mn}O_7$, $\overset{+4}{Mn}O_2$, $\overset{+7}{Mn_2}O_7$, $\overset{0}{Mn}$, $K_2\overset{+6}{Mn}O_4$, $\overset{+2}{Mn}O$.

Marganes uchun xos bo'lgan eng yuqori oksidlanish darajasi +7, $KMnO_4$ va $Mn_2O_7$ birikmalarida kuzatiladi. Binobarin, marganes bu birikmalarda faqat oksidlovchi bo'lishi mumkin, ya'ni oksidlanish darajasini pasaytiradi.

Marganesning eng kichik oksidlanish darajasi oddiy moddada 0. Binobarin, marganes metali o'zining oksidlanish darajasini oshirib, faqat qaytaruvchi bo'lishi mumkin.

Qolgan $MnO_2$, $K_2MnO_4$ va MnO birikmalarida marganes unga ta'sir etadigan reagentlarga bog'liq bo'lgan holda ham qaytaruvchi, ham oksidlovchi xossalarini namoyon qilishi mumkin. Masalan:

$$\underset{\text{qaytaruvchi}}{2\overset{+2}{Mn}O} + O_2 = 2\overset{+4}{Mn}O_2,$$

$$\underset{\text{oksidlovchi}}{3\overset{+2}{Mn}O} + 2Al = Al_2O_3 + 3\overset{0}{Mn}O$$

**6.9.** Quyidagi moddalarning qaysi birida xrom faqat qaytaruvchi, faqat oksidlovchi xossalarini yoki boshqa xossalarni namoyon qilishi mumkin:

$$Cr_2(SO_4)_3,\ CrO_3,\ K_2CrO_4,\ Cr,\ CrCl_2,\ K_2Cr_2O_7$$

**6.10.** Quyida keltirilgan moddalarning qaysi birida oltingugurt faqat qaytaruvchi, faqat oksidlovchi xossalarini hamda u yoki bu xossalarini namoyon qilishi mumkin:

$$S,\ H_2S,\ H_2SO_3,\ SO_3,\ FeS,\ SO_2,\ H_2SO_4,\ Na_2S_2O_3$$

### Elektron balans usuli

**6.11.** Quyidagi sxema bo'yicha boradigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasining tenglamasini tuzing:

$$C + HNO_3 \rightarrow CO_2 + NO + H_2O$$

*Yechish.* Elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlarni aniqlaymiz. Reaksiya davomida o'zgargan elementlarning oksidlanish darajasini ko'rsatamiz:

$$\overset{0}{C} + \overset{+5}{H}\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2 + \overset{+2}{N}O + H_2O$$

Bundan ko'rinib turibdiki, C — qaytaruvchi, $HNO_3$ esa — oksidlovchi. Elektron tenglamalar tuzamiz:

$$\overset{0}{C} - 4e = \overset{+4}{C}$$

$$\overset{+5}{N} + 3e = \overset{+2}{N}$$

Qaytaruvchi, oksidlovchi va oksidlangan hamda qaytarilgan mahsulotlarning oldiga qo'yish uchun koeffitsiyentlar topamiz. Bunda qaytaruvchi beradigan elektronlar soni oksidlovchi biriktirib oladigan elektronlar soniga teng bo'lishi kerak:

$$\begin{array}{l|l} \overset{0}{C} - 4e = \overset{+4}{C} & 3 \\ \overset{+5}{N} + 3e = \overset{+2}{N} & 4 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz:

$$3C + 4HNO_3 \rightarrow 3CO_2 + 4NO + H_2O$$

Suv molekulasining oldiga koeffitsiyent tanlaymiz:

$$3C + 4HNO_3 = 3CO_2 + 4NO + 2H_2O$$

Reaksiya tenglamasining to'g'ri yozilganligini tekshiramiz: tenglamaning chap tomonidagi moddalar miqdori (atomlar, uglerod, vodorod, azot va kislorodning) tenglamaning o'ng tomonidagi moddalar miqdoriga teng. Binobarin, tenglama to'g'ri tuzilgan.

**6.12.** Elektron balans usuli bilan quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyasining sxemasiga koeffitsiyentlar tanlang:

$$H_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow S + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

*Yechish.* Oksidlanish darajasi o'zgargan elementlarning oksidlanish darajasini ko'rsatib, reaksiyaning sxemasini yozamiz:

$$\overset{-2}{H_2S} + \overset{+6}{K_2Cr_2O_7} + H_2SO_4 \rightarrow \overset{0}{S} + \overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

Bu yerda $H_2S$ — qaytaruvchi, kaliy dixromat esa oksidlovchi. $K_2Cr_2O_7$ va $Cr_2(SO_4)_3$ ning 1 mol miqdorining tarkibida 2 mol xrom borligini hisobga olgan holda elektron tenglamalar tuzamiz:

$$\overset{-2}{S} - 2\bar{e} = \overset{0}{S}$$

$$\overset{+6}{2Cr} + 6\bar{e} = \overset{+3}{2Cr}$$

Qaytaruvchi, oksidlovchi hamda qaytarilgan va oksidlangan mahsulotlar oldiga qo'yish uchun koeffitsiyentlar topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{-2}{S} - 2\bar{e} = \overset{0}{S} & 3 \\ \overset{+6}{Cr} + 6\bar{e} = \overset{+3}{2Cr} & 4 \end{array}$$

Qaytaruvchi $H_2S$ oldiga va uning oksidlanish mahsuloti S oldiga, oksidlovchi $K_2Cr_2O_7$ va uning qaytarilish mahsuloti $Cr_2(SO_4)_3$ oldiga topilgan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz:

$$3H_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow 3S + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

Qolgan koeffitsiyentlarni quyidagi tartibda tanlaymiz: oldin tuz ($K_2SO_4$)ga, kislota ($H_2SO_4$)ga, oxirida suvga. Reaksiyaning oxirgi tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$3H_2S + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow 3S + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O$$

Tanlangan koeffitsiyentlarning to'g'riligini tekshirish uchun tenglamaning chap va o'ng tomonlaridagi atomar kislorod moddasining miqdorini hisoblaymiz. Chap tomonda: $(7 + 4 \cdot 4)$ mol = 23 mol. O'ng tomonda: $(3 \cdot 4 + 4 + 7)$ mol = 23 mol. Binobarin, tenglama to'g'ri yozilgan.

**6.13.** Metall ishlab chiqarish sanoatida boradigan reaksiyalarning sxemasiga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Fe_2O_3 + Al \rightarrow Al_2O_3 + Fe$

b) $V_2O_5 + Ca \rightarrow CaO + V$

d) $Mn_2O_3 + Si \rightarrow SiO_2 + Mn$

e) $TiCl_4 + Mg \rightarrow MgCl_2 + Ti$

**6.14.** Quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

a) $NH_3 + O_2 \rightarrow NO + H_2O$

b) $P_2O_5 + C \rightarrow P + CO$

d) $KClO_3 + S \rightarrow KCl + SO_2$

e) $H_2S + HNO_3 \rightarrow S + NO_2 + H_2O$

f) $KNO_2 + KClO_3 \rightarrow KCl + KNO_3$

g) $SO_2 + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + NO$

**6.15.** Elektron balans usuli bilan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasining sxemasiga koeffitsiyentlar tanlang:

$$NaI + NaIO_3 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + Na_2SO_4 + H_2O$$

Olingan tenglamani ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda qayta yozing.

*Yechish.* Reaksiyaning sxemasiga elementlarning o'zgargan oksidlanish darajalarini yozib chiqamiz:

$$\overset{-1}{NaI} + \overset{+5}{NaIO_3} + H_2SO_4 \rightarrow \overset{0}{I_2} + Na_2SO_4 + H_2O$$

Qaytaruvchi — NaI yoki $I^{-1}$, oksidlovchi — $NaIO_3$ yoki $I^{+5}$. Qaytaruvchining oksidlangan mahsuloti va oksidlovchining qaytarilgan mahsuloti molekular yoddir $I_2$.

Elektron tenglama tuzib, qaytaruvchi va oksidlovchi uchun hamda ularning oksidlangan va qaytarilgan mahsuloti uchun koeffitsiyentlar topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \bar{I} - 1\bar{e} = \overset{0}{I} & 5 \\ \overset{+5}{I} + 5\bar{e} = \overset{0}{I} & 1 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlardan $I^0$ oldiga qo'yiladigan koeffitsiyent 6 (5+ 1) ni, binobarin, reaksiya sxemasidagi $I_2$ oldiga 3 ni qo'yamiz:

$$5NaI + NaIO_3 + H_2SO_4 \rightarrow 3I_2 + 3Na_2SO_4 + H_2O$$

Dastlabki va oxirgi moddalarni solishtirib, qolgan koeffitsiyentlarni $Na_2SO_4$, $H_2SO_4$, $H_2O$ tartibida ketma-ket aniqlaymiz:

$$5NaI + NaIO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3I_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

Tenglamani ionli shaklda yozish uchun, eruvchan tuzlar (NaI, $NaIO_3$ va $Na_2SO_4$) formulalarini va kuchli kislota ($H_2SO_4$) ni to'la dissotsilanadi deb hisoblab ion ko'rinishida, boshqa moddalarning formulalarini ($I_2$ va $H_2O$) o'zgarmagan ko'rinishda yozamiz. Reaksiya tenglamasini ionli shaklda hosil qilamiz:

$$5\underline{Na}^+ + 5I^- + \underline{Na}^+ + IO_3^- + 6H^+ + \underline{\underline{3SO_4}}^{2-} =$$
$$= 3I_2 + 6\underline{Na}^+ + \underline{\underline{3SO_4}}^{2-} + 3H_2O$$

Agar ionli shakldagi tenglamaning chap va o'ng tomonlaridagi moddalarning bir xil ionlarini teng miqdorda (ular tagiga chizilsin) qisqartirsak, u holda reaksiya tenglamasini qisqartirilgan ionli shaklda hosil qilamiz:

$$5I^- + IO_3^- + 6H^+ = 3I_2 + 3H_2O$$

**6.16.** Quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Na_2S_2O_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow NaBr + Na_2SO_4 + H_2O$

b) $Mn(NO_3)_2 + NaBiO_3 + HNO_3 \rightarrow HMnO_4 + BiONO_3 + NaNO_3 + H_2O$

d) $Cr_2O_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow Na_2CrO_4 + NaBr + H_2O$

e) $HCl + KMnO_4 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + KCl + H_2O$

f) $KBr + KMnO_4 + H_3SO_4 \rightarrow Br_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

Olingan tenglamalarni ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda tasvirlang.

**6.17.** Mis bilan konsentrlangan nitrat kislota orasidagi reaksiyaning sxemasiga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

$$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$$

*Yechish.* Reaksiyaning sxemasini atomlarning o'zgargan oksidlanish darajalarini ko'rsatib, ko'chirib yozamiz:

$$\overset{0}{Cu} + H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + \overset{+4}{N}O_2 + H_2O$$

Mis — qaytaruvchi, oksidlovchi — nitrat kislota. Reaksiyada ishtirok etayotgan nitrat kislotaning hammasi oksidlovchi emasligini hisobga olish kerak: uning bir qismi azotning oksidlanish darajasi o'zgarmasdan mis (II) nitrat hosil bo'lishiga sarflanadi.

Elektron tenglamalarni tuzamiz va qaytaruvchi, oksidlovchi hamda ularning oksidlangan va qaytarilgan mahsulotlari oldiga qo'yish uchun koeffitsiyentlar topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{0}{Cu} - 2\bar{e} = \overset{+2}{Cu} & 1 \\ \overset{+5}{N} + \bar{e} = \overset{+4}{N} & 4 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiya sxemasiga qo'shamiz. Nitrat kislota formulasi oldiga koeffitsiyent tanlashda, 2 mol $HNO_3$ qaytarilgani (bu elektron tenglamadan ko'rinib turibdi) va yana 2 mol $HNO_3$ 1 mol $Cu(NO_3)_2$ hosil bo'lishi uchun kerak bo'lishini hisobga olish kerak. Binobarin, $HNO_3$ oldiga qo'yiladigan koeffitsiyent 4 (2 + 2) bo'ladi:

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

Oxirgi navbatda suv formulasining oldiga koeffitsiyent qo'yamiz:

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

**6.18.** Elektron balans usuli bilan metallarning konsentrlangan sulfat kislota bilan o'zaro ta'sir etish sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$

b) $Mg + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + H_2S + H_2O$

d) $K + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + S + H_2O$

**6.19.** Metallarning nitrat kislotada erish reaksiyalarining sxemalariga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Ag + HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + NO_2 + H_2O$

b) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$

d) $Ca + HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + N_2O + H_2O$

e) $Mg + HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + N_2 + H_2O$

f) $Mg + HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$

g) $Fe + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$

**6.20.** Elektron balans usuli bilan reaksiyaning sxemasiga koeffitsiyentlar tanlang:

$$Na_2SO_3 + KMnO_4 + KOH \rightarrow Na_2SO_4 + K_2MnO_4 + H_2O$$

Yakuniy tenglamani qisqartirilgan ionli shaklda yozing.

*Yechish.* Qaytaruvchi va oksidlovchini aniqlaymiz:

$$\overset{+4}{Na_2SO_3} + \overset{+7}{KMnO_4} + KOH \rightarrow \overset{+6}{Na_2SO_4} + \overset{+6}{K_2MnO_4} + H_2O$$

$Na_2SO_3$ — qaytaruvchi, $KMnO_4$ — oksidlovchi. Elektron tenglamalarni tuzamiz va qaytaruvchi, oksidlovchi oldiga qo'yish uchun koeffitsiyentlarni topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{+4}{S} - 2\bar{e} = \overset{+6}{S} & 3 \\ \overset{+7}{Mn} + \bar{e} = \overset{+6}{Mn} & 2 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz:

$$Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + KOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2K_2MnO_4 + H_2O$$

Qolgan koeffitsiyentlarni quyidagi: ishqor (KOH), suv tartibida tanlab olamiz:

$$Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 2KOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2K_2MnO_4 + H_2O$$

tenglamani ionli shaklda yozamiz:

$$\underline{2Na^+} + SO_3^{2-} + \underline{2H^+} + 2MnO_4^- + \underline{2K^+} + \underline{2OH^-} =$$
$$= \underline{2Na^+} + SO_4^{2-} + \underline{4K^+} + 2MnO_4^{2-} + H_2O$$

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasini qisqartirilgan ionli shaklda yozamiz:

$$SO_3^{2-} + 2MnO_4^- + 2OH^- = SO_4^{2-} + 2MnO_4^{2-} + H_2O$$

**6.21.** Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang va tenglamani qisqartirilgan ionli shaklda yozing:

a) $K_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow S + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$
b) $Zn + KCr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$
d) $SnSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Sn(SO_4)_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$
e) $NaI + KMnO_4 + KOH \rightarrow I_2 + K_2MnO_4 + NaOH$
f) $S + KClO_3 + H_2O \rightarrow Cl_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4$
g) $Na_2SO_3 + KIO_3 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + Na_2SO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

**6.22.** Elektron balans usuli bilan ichki molekular oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemasiga koeffitsiyentlar tanlang:

$$HNO_3 \rightarrow NO_2 + O_2 + H_2O$$

*Yechish.* Oksidlanish darajasi o'zgargan atomlarni aniqlaymiz.

$$\overset{+5\ -2}{HNO_3} \rightarrow \overset{+4}{NO_2} + \overset{0}{O_2} + H_2O$$

$\overset{-2}{O}$ — qaytaruvchi, $\overset{+5}{N}$ — oksidlovchi. Elektron tenglamalar tuzib qaytaruvchi va oksidlovchi uchun koeffitsiyentlarni topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{-2}{2O} - 4\bar{e} = O_2 & 1 \\ \overset{+5}{N} + \bar{e} = \overset{+4}{N} & 4 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz:

$$4HNO_3 \rightarrow 4NO_2 + O_2 + H_2O$$

Suv formulasining oldiga qo'yiladigan koeffitsiyentlarni tanlaymiz:

$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

**6.23.** Ichki molekular oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Cu(NO_3)_2 \rightarrow CuO + NO_2 + H_2O$

b) $NH_4NO_2 \rightarrow N_2O + H_2O$

d) $KNO_3 \rightarrow KNO_2 + O_2$

e) $KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$

f) $KClO \rightarrow KCl + O_2$

**6.24.** Elektron balans usuli bilan disproporsiyalanish reaksiyasining sxemalariga koeffitsiyent tanlang:

$$HNO_2 \rightarrow HNO_3 + NO + H_2O$$

*Yechish.* Oksidlanish darajasi o'zgargan atomlarni aniqlaymiz:

$$\overset{+3}{H}NO_2 \rightarrow \overset{+5}{H}NO_3 + \overset{+2}{N}O + H_2O$$

Elektron tenglamalarni tuzamiz va qaytaruvchi, oksidlovchi hamda ularning oksidlangan va qaytarilgan mahsulotlari uchun koeffitsiyentlar topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{+3}{N} - 2\bar{e} = \overset{+5}{N} & 1 \\ \overset{+3}{N} + \bar{e} = \overset{+2}{N} & 2 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz. Bunda $HNO_2$ oldiga qo'yiladigan koeffitsiyent 3 (1 +2) ga teng bo'lishi kerak, chunki $\overset{+3}{N}$ bir vaqtning o'zida ikkita elektron tenglamalarda qatnashadi. Quyidagini hosil qilamiz:

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

**6.25.** Disproporsiyalanish reaksiyalarining sxemasiga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

a) $K_2MnO_4 + CO_2 \rightarrow KMnO_4 + MnO_2 + K_2CO_3$

b) $KClO_3 \rightarrow KClO_4 + KCl$

d) $Cl_2 + KOH \rightarrow KCl + KClO_3 + H_2O$

e) $KClO \rightarrow KCl + KClO_3$

f) $S + KOH \rightarrow K_2S + K_2SO_3 + H_2O$

g) $Na_2SO_3 \rightarrow Na_2S + Na_2SO_4$

**6.26.** Oksidlanish darajasi to'g'risidagi tasavvurlardan foydalanib, organik birikma ishtirokidagi reaksiyaning tenglamasini yozing:

$$C_6H_{12}O_6 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

*Yechish.* Oksidlanish darajasi o'zgargan atomlarni ko'rsatib reaksiya sxemasini qayta yozamiz:

$$\overset{0}{C_6}H_{12}O_6 + \overset{+7}{K}MnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2 + \overset{+2}{M}nSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

Bundan ko'rinib turibdiki, $C_6H_{12}O_6$ — qaytaruvchi, $KMnO_4$ — oksidlovchi.

Elektron tenglamalar tuzamiz va oksidlovchi, qaytaruvchi hamda oksidlangan va qaytarilgan mahsulotlar uchun koeffitsiyentlar topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{0}{6C} - 24\bar{e} = \overset{+4}{6C} & 5 \\ \overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} = \overset{+2}{Mn} & 24 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz:

$$5C_6H_{12}O_6 + 24KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow 30CO_2 + 24MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

Qolgan koeffitsiyentlarni quyidagi $K_2SO_4$, $H_2SO_4$, $H_2O$ tartibda tanlaymiz. Reaksiyaning oxirgi ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$5C_6H_{12}O_6 + 24KMnO_4 + 36H_2SO_4 \rightarrow 30CO_2 + 24MnSO_4 + 12K_2SO_4 + 66H_2O$$

**6.27.** Oksidlanish darajasidan foydalanib, organik birikmalar ishtirok etadigan quyidagi reaksiyalarning sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $C_2H_6+O_2 \rightarrow 4CO_2 + H_2O$

b) $H_2C_2O_4+KMnO_4 \rightarrow CO_2+K_2CO_3+MnO_2+H_2O$

d) $CH_3OH + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow HCOOH + Cr_2(SO_4)_3 + + K_2SO_4 + H_2O$

e) $C_{12}H_{22}O_{11} + K_2Cr_2O_7+H_2SO_4 \rightarrow CO_2+Cr_2(SO_4)_3 + +K_2SO_4 +H_2O$

f) $CH_2O+KMnO_4+H_2SO_4 \rightarrow HCOOH + MnSO_4 + H_2O$

**6.28.** Elektron balans usulidan foydalanib reaksiyaning tenglamasini tuzing:

$$Mn_3O_4 + Al \rightarrow Al_2O_3+Mn$$

*Yechish.* Oksidlanish darajasi o'zgargan atomlarni aniqlaymiz:

$$\overset{+8/3}{Mn_3O_4}+\overset{0}{Al} \rightarrow \overset{+3}{Al_2O_3}+\overset{0}{Mn}$$

Kasrli oksidlanish darajalari misolida koeffitsiyentlarni tanlash butun sonli oksidlanish darajalari kabi olib boriladi. Modda miqdori 1 mol bo'lgan $Al_2O_3$ tarkibida 2 mol aluminiy, 1 mol $Mn_3O_4$ da esa — 3 mol marganes bo'lishini hisobga olgan holda, elektron tenglamalarni tuzamiz:

$$\left.\begin{array}{l} \overset{0}{2Al} - 6\bar{e} = \overset{+3}{2Al} \\ \overset{+8/3}{2Mn} + 8\bar{e} = \overset{0}{3Mn} \end{array}\right|$$

Qaytaruvchi, oksidlovchi hamda ularning oksidlanish va qaytarilish mahsulotlari oldiga qo'yish uchun koeffitsiyentlar topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{0}{2Al} - 6\bar{e} = \overset{+3}{2Al} & 4 \\ \overset{+8/3}{3Mn} + 8\bar{e} = \overset{0}{3Mn} & 3 \end{array}$$

Olingan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz:

$$3Mn_3O_4+8Al \rightarrow 4Al_2O_3+9Mn$$

**6.29.** Elektron balans usulidan foydalanib, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Fe_3O_4 + H_2 \rightarrow FeO + H_2O$

b) $NaN_3 \rightarrow Na + N_2$

d) $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

e) $Na_2S_4O_6 + KMnO_4 + HNO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2SO_4 + Mn(NO_3)_2 + KNO_3 + H_2O$

f) $Mn_3O_4 + KClO_3 + K_2CO_3 \rightarrow K_2MnO_4 + KCl + CO_2$

**6.30.** Elektron balans usulidan foydalanib, quyidagi sxema bo'yicha boradigan reaksiyaning tenglamasini tuzing:

$$As_2S_3 + HNO_3 \rightarrow H_3AsO_4 + SO_2 + NO_2 + H_2O$$

*Yechish.* Oksidlanish darajasi o'zgargan atomlarni aniqlaymiz:

$$\overset{+3\ -2}{As_2S_3} + \overset{+5}{HNO_3} \rightarrow \overset{+5}{H_3AsO_4} + \overset{+4}{SO_2} + \overset{+4}{NO_2} + H_2O$$

Ushbu reaksiyada azot $N^{+5}$oksidlovchi, qaytaruvchi esa — mishyak $As^{+3}$ va oltingugurt $S^{-2}$ dir. Bunday holda ikkala qaytaruvchi tomonidan beriladigan elektronlar sonini hisoblash kerak. Moddalar formulalaridagi koeffitsiyentlarni hisobga olgan holda, elektron tenglamalarni yozamiz:

$$\left.\begin{array}{l} 2\,\overset{+3}{As} - 4\bar{e} \\ 3\,\overset{-2}{S} - 18\bar{e} \end{array}\right\} \cdot \quad -22\bar{e} \rightarrow 2\overset{+5}{As} \quad \Big| \quad 1$$

$$\rightarrow 3\,\overset{+4}{S} \quad \Big| \quad 1$$

$$\overset{+5}{N} + \bar{e} \rightarrow \overset{+4}{N} \quad \Big| \quad 22$$

Topilgan koeffitsiyentlarni reaksiyaning sxemasiga qo'yamiz, so'ngra suv oldiga qo'yish uchun koeffitsiyent tanlaymiz. Quyidagini hosil qilamiz:

$$As_2S_3 + 22HNO_3 = 2H_3AsO_4 + 3SO_2 + 22NO_2 + 8H_2O$$

**6.31.** Oksidlanish darajasidan foydalanib, quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$

b) $Cu_2S + O_2 + CaCO_3 \rightarrow CuO + CaSO_3 + CO_2$

d) $FeCl_2 + KMnO_4 + HCl \rightarrow FeCl_3 + Cl_2 + MnCl_2 + KCl_2 + H_2O$

**6.32.** Elektron balans usuli bilan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Rb(NO_3)_2 \rightarrow RbO + NO_2 + O_2$

b) $KNO_2 + KI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + NO + K_2SO_4 + H_2O$

d) $KMn_4O + NO + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + NO_2 + K_2SO_4 + H_2O$

e) $CuO + NH_3 \rightarrow Cu + N_2 + H_2O$

**6.33.** Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang. Qaytaruvchi va oksidlovchini ko'rsating. Tenglamani ionli va qisqartirilgan ionli shaklda tasvirlang:

a) $Cl_2 + Br_2 + KOH \rightarrow KCl + KBrO_3 + H_2O$

b) $NH_3 + KMnO_4 + KOH \rightarrow KNO_3 + K_2MnO_4 + H_2O$

d) $Ti_2(SO_4)_3 + KClO_3 + H_2O \rightarrow TiOSO_4 + KCl + H_2SO_4$

e) $Fe(NO_3)_2 + MnO_2 + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + Mn(NO_3)_2 + H_2O$

f) $KNCS + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + SO_2 + CO_2 + NO_2 + K_2SO_4 + H_2O$

e) $CuFeS_2 + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + Fe(NO_3)_3 + H_2SO_4 + NO + H_2O$

**6.34.** Elektron balans usulidan foydalanib oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang. Qaysi reaksiyalarda vodorod peroksid oksidlovchi, qaysinisida — qaytaruvchi rolini o'ynashini ko'rsating:

a) $H_2O_2 + HI \rightarrow I_2 + H_2O$

b) $H_2O_2 + HIO_3 \rightarrow I_2 + O_2 + H_2O$

d) $H_2O_2 + KMnO_4 + HNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + O_2 + KNO_3 + H_2O$

e) $H_2O_2 + CrCl_3 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KCl + H_2O$

f) $H_2O_2 + H_2S \rightarrow H_2SO_4 + H_2O$

### Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining mahsulotlari

**6.35.** Elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlab, reaksiyaning sxemasini davom ettirib yozing:

$$Cu + H_2SO_4 \text{ (kons.)} \rightarrow \ldots$$

*Yechish.* Moddalarning aniq xossalarini va elementlarning eng xarakterli oksidlanish darajalarini bilgan holda oksidlanish-

qaytarilish reaksiyalarining mahsulotlarini yozish mumkin. Shunday ekan, mis uchun birikmalarda eng xarakterli bo'lgan oksidlanish darajasi +2; binobarin, $SO_4^{2-}$ ionlari ishtirok etganda mis (II) sulfat $CuSO_4$ hosil bo'ladi. Kuchsiz qaytaruvchi ta'sirida (bunda—mis) oltingugurt+6 oksidlanish darajasidan+4 oksidlanish darajasigacha qaytariladi, natijada oltingugurt (IV) oksid $SO_2$ hosil bo'ladi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida kislotalardagi vodorod ionlari odatda suv tarkibiga kiradi. Shunday qilib, reaksiyaning sxemasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$$

Elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlab, oxirida quyidagini hosil qilamiz:

$$Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$$

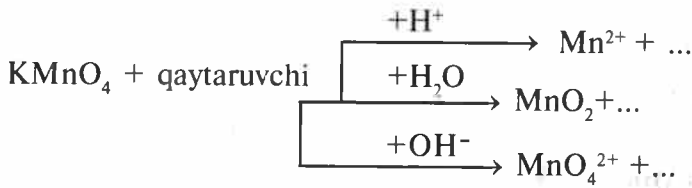
**6.36.** Reaksiya sxemalarini davom ettirib yozing, elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang, qaytaruvchi va oksidlovchilarni ko'rsating:

a) $Na + H_2O \rightarrow$ ...
b) $Fe_2O_3 + CO \rightarrow$ ...
d) $SO_2 + O_2 \rightarrow$ ...
e) $CH_4 + O_2 \rightarrow$ ...
f) $S + HNO_3 \rightarrow$ ...

**6.37.** Quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi tenglamasini tuzing:

$$KI + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots$$

*Yechish.* Kaliy permanganatda marganes yuqori oksidlanish darajasi +7 ga ega bo'ladi, binobarin, $KMnO_4$ — oksidlovchi. Uning qaytarilish mahsulotlari muhitning kislotaliligiga bog'liq va uni quyidagi sxema bo'yicha tasvirlash mumkin:



Bizning misolimizda reaksiya kislotali muhitda bormoqda, binobarin, kaliy permanganatning qaytarilish mahsuloti— $Mn^{2+}$ ($MnSO_4$) dir. Qaytaruvchi yodid ioni bo'lib, u molekular yodgacha $I_2$ oksidlanadi. Bundan tashqari, kaliy sulfat $K_2SO_4$ hosil bo'ladi, kislotadagi vodorod ionlari esa $KMnO_4$ dagi kislorod atomlari bilan suv hosil qiladi. Reaksiya sxemasining oxirgi ko'rinishi:

$$\overset{-1}{KI} + \overset{+7}{KMnO_4} + H_2SO_4 \rightarrow \overset{+2}{MnSO_4} + \overset{0}{I} + K_2SO_4 + H_2O$$

Elektron tenglamalarni tuzamiz, qaytaruvchi va oksidlovchi uchun koeffitsiyentlar topamiz:

$$\begin{array}{l|l} \overset{-1}{2I} - 2\bar{e} = \overset{0}{I_2} & 5 \\ \overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} = \overset{+2}{Mn} & 2 \end{array}$$

Koeffitsiyentlarni reaksiya sxemasiga qo'yamiz:

$$10KI + 2KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_2 + 5I_2 + K_2SO_4 + H_2O$$

Qolgan koeffitsiyentlarni quyidagi tuz, kislota, suv tartibda tanlaymiz. Oxirida quyidagini hosil qilamiz:

$$10KI + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5I_2 + 6K_2SO_4 + 8H_2O$$

**6.38.** Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini tuzing:

a) $NaNO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ ...

b) $NaNO_2 + KMnO_4 + KOH \rightarrow$ ...

d) $NaNO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$ ...

e) $Na_2SO_3 + Na_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$ ...

f) $PbO_2 + HCl \rightarrow PbCl_2 + ... \rightarrow$

g) $FeSO_4 + KMnO_4 + ... \rightarrow MnSO_4 + ...$

**6.39.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini tuzing:

a) $SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_4$

b) $FeCl_2 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3$

d) $Cu \rightarrow Cu(NO3)_2 \rightarrow Cu(OH)_2 + CuO$

e) $KMnO_4 \rightarrow MnO_2 \rightarrow MnCl_{12} \rightarrow MnS$

Shu reaksiyalarning qaysi biri oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga kiradi. Bunday reaksiyalarga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang.

## Yarimreaksiyalar usuli (ion-elektronli balans usuli)

**6.40.** Yarimreaksiyalar usuli bilan quyidagi sxemaga koeffitsiyentlar tanlang:

$$Cr(NO_3)_3+NaBiO_3+HNO_3\rightarrow H_2Cr_2O_7+Bi(NO_3)_3+NaNO_3+H_2O$$

*Yechish.* Reaksiya davomida oksidlanadigan va qaytariladigan zarrachalarni aniqlaymiz. Xromning uch valentli ioni dixromat ioniga aylanadi:

$$Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$$

1 mol $Cr_2O_7^{2-}$ ionining hosil bo'lishi uchun 2 mol $Cr^{3+}$ ionlari va 7 mol suvdan olinishi mumkin bo'lgan 7 mol atomar kislorod kerak bo'ladi. Bunda vodorod (14 mol) ion ko'rinishida bo'ladi:

$$Cr^{3+} + 7H_2O \rightarrow Cr_2O_7^{2-}+14H^+$$

Tenglamaning har ikkala tomonidagi zaryadlar sonini tenglashtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$2Cr^{3+} + 7H_2O - 6e^- \rightarrow Cr_2^{2-}O_7 + 14H^+$$

$Cr^{3+}$ ionlari ushbu reaksiyada qaytaruvchi bo'lib xizmat qiladi.

$BiO_3^-$ ioni $Bi^{3+}$ ga aylanadi. Bunda atomar kislorod (3 mol) vodorod (6 mol) ionlari bilan bog'lanib suv hosil qiladi:

$$BiO_3^- + 6H^+ \rightarrow Bi^{3+} + 3H_2O$$

Zaryadlar sonini tenglashtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$BiO_3^- + 6H^+ + 2\bar{e} \rightarrow Bi^{3+} + 3H_2O$$

$BiO_3^-$ — ionlari oksidlovchilardir.

Oksidlanish va qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini qo'shib reaksiyaning qisqartirilgan ionli tenglamasini tuzamiz. Bunda har bir tenglamani shunday aniq koeffitsiyentga ko'paytirilishi kerakki, qaytaruvchi modda bergan elektronlarning miqdori oksidlovchi modda qabul qilgan elektronlarning miqdoriga teng bo'lsin:

$$\begin{array}{l|l} 3Cr^{3+} + 7H_2O - 6e^- = Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ & 1 \\ BiO_3^- + 6H^+ + 2e^- = Bi^{3+} + 3H_2O & 3 \end{array}$$

$$2Cr^{3+} + 3BiO_3^- + \underline{7H_2O} + \underline{\underline{18H^+}} = Cr_2O_7^{2-} + 3Bi^{3+} + \underline{14H^+} + \underline{9H_2O}$$

yoki

$$2Cr^{3+} + 3BiO_3 + 4H^+ = Cr_2O_7^{2-} + 3Bi^{3+} + 2H_2O$$

Tenglamaning o'ng va chap tomoniga moddalarning o'xshash ionlaridan bir xil miqdorini yozib, reaksiyaning molekular shakldagi tenglamasini yozamiz:

$$2Cr^{3+} + 3BiO_3^- + 4H^+ = Cr_2O_7^{2-} + 3Bi^{3+} + 2H_2O$$
$$6NO_3^- + 3Na^+ + 6NO_3^- + 2H^+ = 2H^+ + 9NO_3^- + 3NO_3^- + 3Na^+$$

$$2Cr(NO_3)_3 + 3NaBiO_3 + 6HNO_3 = H_2Cr_2O_7 + 3Bi(NO_3)_3 + 3NaNO_3 + 2H_2O$$

**6.41.** Quyidagi sxema bo'yicha boradigan reaksiyaga yarim-reaksiyalar usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

$$NaBr + KMnO_4 + H_2O \rightarrow Br_2 + MnO_2 + NaOH + KOH$$

*Yechish.* Brom ioni $Br^-$ elektron berib molekular bromga o'tadi, binobarin, u qaytaruvchidir:

$$2Br^- - 2e^- = Br_2$$

Permanganat ioni – $MnO_4^-$ oksidlovchi bo'lib, marganes (IV) oksidga aylanadi. Ortib qolgan 2 mol kislorod moddasi suv (2 mol) bilan o'zaro bog'lanib gidroksil ionlari hosil qiladi:

$$MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$$

Ionlar zaryadlarini hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- = MnO_2 + 4OH^-$$

Reaksiya tenglamasini qisqartirilgan ionli shaklda tuzamiz:

$$\begin{array}{l|l} 2Br^- - 2e^- = Br_2 & 3 \\ MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^- & 2 \end{array}$$

$$6Br^- + 2MnO_4^- + 4H_2O = 3Br_2 + 2MnO_2 + 8OH^-$$

Reaksiya tenglamasini molekular shaklda tuzamiz:

$$6Br^- + 2MnO_4^- + 4H_2O = 3Br_2 + 2MnO_2 + 8OH^-$$
$$6Na + 2K + = 6Na^+ + 2K^+$$

$$6NaBr + 2KMnO_4 + 4H_2O = 3Br_2 + 2MnO_2 + 6NaOH + 2KOH$$

**6.42.** Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari tenglamalarini yarim-reaksiya usulidan foydalanib tuzing:

$$MnO_2 + KClO_3 + KOH \rightarrow K_2MnO_4 + KCl + H_2O$$

*Yechish.* Marganes (IV) oksid manganat — ionga aylanadi:

$$MnO_2 \rightarrow MnO_4^{2-}$$

Bunday aylanish uchun 2 mol modda miqdoridagi kislorod kerak, uni (4 mol) gidroksil ionlaridan olish mumkin. Bunda 2 mol suv ham hosil bo'ladi:

$$MnO_2 + 4OH \rightarrow MnO_4^{2-} + 2H_2O$$

Ion zaryadlari sonini hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$MnO_2 + 4OH^- - 2e^- \rightarrow MnO_4^{2-} + 2H_2O$$

Ushbu reaksiyada $MnO_2$ qaytaruvchi bo'lib xizmat qiladi.

Xlorat ionlari $ClO_3^-$ oksidlovchi bo'lib, xlor ionlariga $Cl^-$ aylanadi. Bunda atomar kislorod suv molekulalari bilan bog'lanib gidroksil ionlariga aylanadi:

$$ClO_3^- + 3H_2O^- \rightarrow Cl^- + 6OH^-$$

Zaryadlar sonini tenglashtirib quyidagini hosil qilamiz:

$$ClO_3^- + 3H_3O + 6e^- = Cl^- + 6OH^-$$

Reaksiyaning tenglamasini qisqartirilgan ionli shaklda tuzamiz:

| | |
|---|---|
| $MnO_3 + 4OH^- - 2e^- = MnO_4^{2-} + 2H_2O$ | 3 |
| $ClO_3^- + H_2O + 6e^- = Cl^- + 6OH$ | 1 |

$$3MnO_2 + 12OH^- + ClO_3^- + 3H_2O = MnO_4^{2-} + Cl^- + 6H_2O_4^{2-} + 6OH^-$$

yoki

$$3MnO_2 + ClO_3^- + 6OH^- = 3MnO_4^{2-} + Cl^- + 3H_2O$$

Reaksiya tenglamasini molekular shaklda tuzamiz:

$$3MnO_2 + ClO_3^- + 6OH^- = 3MnO_4^{2-} + Cl^- + 3H_2O$$
$$K^+ + 6K^+ = 6K^+ + K^+$$

$$3MnO_2 + KClO_3 + 6KOH = 3KMnO_4 + KCl + 3H_2O$$

**6.43.** Yarimreaksiyalar usuli bilan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $NI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + H_2S + H_2O$

b) $H_2S + Br_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HBr$

d) $Cr_2O_3 + NaNO_3 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + NaNO_2 + H_2O$

**6.44.** Yarimreaksiyalar usulidan foydalanib, reaksiyalar tenglamalarini qisqartirilgan ionli shaklda tuzing:

a) $KI + KBrO_3 + HCl \rightarrow I_2 + KBr + KCl + H_2O$

b) $FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

d) $Cr + O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + H_2 + H_2O$

e) $Ca(ClO)_2 + Na_2S + H_2O \rightarrow CaCl_2 + S + NaOH$

**6.45.** Yarimreaksiyalar usuli bilan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang. Tenglamalarni qisqartirilgan ionli va molekular shakllarda yozing:

a) $KI + KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + NO + K_2SO_4 + H_2O$

b) $Na_2C_2O_4 + KBrO_3 + H_2O \rightarrow CO_2 + KBr + NaOH$

d) $KMnO_4 + KNO_2 + H_2O \rightarrow MnO_2 + NaNO_3 + KOH$

e) $AgNO_3 + PH_3 + H_2O \rightarrow Ag + H_3PO_4 + HNO_3$

## Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalari bo'yicha hisoblashlar

**6.46.** Texnik natriy sulfitning massasi 9 g bo'lgan namunasi bilan boradigan reaksiyaga kaliy permanganatning $KMnO_4$ massa ulushi 7,9% bo'lgan 40 g massali eritmasi sarf qilindi. Texnik sulfitdagi $Na_2SO_3$ ning massa ulushini aniqlang. Kaliy permanganat bilan natriy sulfit orasidagi reaksiya sulfat kislota ishtirokida boradi.

*Yechish.* Reaksiyaning tenglamasini tuzamiz:

$$5Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5Na_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$$

$$S^{+4} - 2e^- = S^{+6} \quad | \quad 5$$
$$Mn^{+7} + 5e^- = Mn^{+2} \quad | \quad 2$$

Kaliy permanganatning massasini va modda miqdorini aniqlaymiz:

$$m(KMnO_4) = m\omega(KMnO_4);\ m = 40{,}0 \cdot 0{,}079\ g = 3{,}16\ g;$$

$$n(KMnO_4) = \frac{m(KMnO_4)}{M(KMnO_4)};\ n(KMnO_4) = \frac{3{,}16}{158}\ mol = 0{,}02\ mol.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(KMnO_4)}{n(Na_2SO_4)} = \frac{2}{5};\ \text{bundan}$$

$$n(Na_2SO_3) = \frac{5}{2}n(KMnO_4);\ n(Na_2SO_3) = \frac{5 \cdot 0{,}02}{2}\ mol = 0{,}05\ mol.$$

Namuna tarkibidagi $Na_2SO_3$ massasi:

$m(Na_2SO_3) = n(Na_2SO_3) \cdot M(Na_2SO_3)$;

$m(Na_2SO_3) = 0{,}05 \cdot 126\ g = 6{,}3\ g$ ni tashkil qiladi.

Texnik sulfitdagi $Na_2SO_3$ ning massa ulushini hisoblaymiz:

$$\omega(Na_2SO_3) = \frac{n(Na_2SO_3)}{m_{(namuna)}};\ \omega(Na_2SO_3) = \frac{6{,}3}{9} = 0{,}7\ \text{yoki}\ 70\%.$$

**6.47.** Massasi 8 g bo'lgan kaliy sulfitni neytral eritmada oksidlash uchun, kaliy permanganatning qanday massasi kerak bo'ladi? *Javob:* 5,33 g.

**6.48.** Massa ulushi 3 % bo'lgan natriy sulfitning 50 g massali eritmasini (eritma tarkibida kaliy gidroksid ham bor) oksidlash uchun massa ulushi 4% bo'lgan kaliy permanganatning 120 g massali eritmasi yetadimi? *Javob:* yetmaydi.

**6.49.** $I_2$ ning massa ulushi 2% bo'lgan 150 g massali molekular yod eritmasi bilan reaksiyaga kirishishi uchun normal sharoitda o'lchangan qancha hajm vodorod sulfid kerak bo'ladi?

**6.50.** Molekular yod eritmasini to'la rangsizlantirish uchun temir (II) sulfatning massa ulushi 10% bo'lgan 76 g massali eritmasi sarf qilindi. Dastlabki eritmada yodning qanday massasi bo'lgan? *Javob:* 6,35 g.

## Elektroliz vaqtida elektrodlarda boradigan jarayonlar

**7.1.** Kaliy bromid suyuqlanmasining elektrolizi reaksiyasi tenglamasini yozing.

*Yechish.* Kaliy bromid suyuqlanmasi quyidagi ionlarga dissotsilanadi:

$$KBr \rightleftarrows K^+ + Br^-$$

Hosil bo'layotgan kationlar elektr toki ta'sirida manfiy elektrod tomoniga (katodga) harakatlanadi va undan elektronlar qabul qiladi (qaytariladi):

$$\text{katod (-)}\ K^+ + \bar{e} = K$$

Manfiy zaryadlangan ionlar — brom ionlari elektr maydoni ta'siri ostida musbat elektrod tomonga (anodga) harakatlanadi va elektronlar beradi (oksidlanadi):

$$\text{anod (+)}\ 2Br^- - 2e^- = Br_2$$

Oksidlanish va qaytarilish jarayonlarining tenglamalaridan har qaysisini katoddagi va anoddagi jarayonlarda ishtirok etadigan elektronlar sonini tenglashtirish uchun tegishli koeffitsiyentga ko'paytirib, so'ngra bu tenglamalarni qo'shish mumkin:

$$\begin{array}{rl} 2K^+ + e^- = K & \mid 2 \\ 2Br^- - 2e^- = Br_2 & \mid 1 \end{array}$$

$$2K^+ + 2Br^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2K + Br_2$$

yoki molekulyar shaklda:

$$2KBr \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2K + Br_2$$

**7.2.** Quyidagi birikmalar suyuqlanmasining elektroliz tenglamalarini tuzing: a) NaCl; b) $K_2S$; d) $BaCl_2$.

**7.3.** Sulfat kislota suvli eritmasining inert elektrodda boradigan elektroliz reaksiyasi tenglamasini yozing.

*Yechish.* Suvli eritmada sulfat kislota ikki bosqich bo'yicha ionlarga deyarli to'la dissotsilanadi:

I bosqich

$$H_2SO_4 \rightleftarrows H^+ + HSO_4^-$$

II bosqich

$$H_2SO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{2-}$$

Eritma orqali doimiy elektr toki o'tkazilganda katod tomonga vodorod ionlari harakatlanadi va ular qaytariladi:

$$\text{katod (-) } 2H^+ + 2e^- = H_2$$

Anod yaqinida sulfat ionlari to'planadi, lekin ular suvli eritmalarda oksidlanmaydi, chunki suv oson oksidlanadi:

$$\text{anod (+) } 2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2$$

Elektroliz reaksiyalarining yig'indi tenglamasini tuzamiz:

$$\begin{array}{r|l} 2H^+ + 2e^- = H_2 & 2 \\ 2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2 & 1 \end{array}$$

$$\underline{4H^+} + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2H_2 + \underline{4H^+} + O_2$$

O'ng va chap tomondagi o'xshash ionlarni (ular tagiga chizilsin) bir xil miqdorda chiqarib yuborib quyidagini hosil qilamiz:

$$2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2H_2 + O_2$$

**7.4.** Mis (II) xloridning suvli eritmasi inert elektrodda elektroliz qilinganda elektrodlarda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?

*Yechish.* Eritmada mis (II) xlorid ionlarga dissotsilanadi:

$$CuCl_2 \rightleftarrows Cu^{2+} + 2Cl^-$$

Mis elektrodning standart elektrod potensialining qiymati musbat (0,34V), binobarin, mis (II) ionlari suvli eritmalarda oson qaytariladi:

$$\text{katod } (-)\ 2Cu^{2+} + 2e^- = Cu$$

Xlor-anionlari kislorodsiz kislotalarning ko'pchilik anionlari kabi suvli eritmalarda oksidlanadi:

$$\text{anod } (+) 2Cl^- - 2e^- = Cl_2$$

Jarayonning yig'indi tenglamasi:

$$\begin{array}{r|l} Cu^{2+} + 2e^- = Cu & 1 \\ 2Cl^- - 2e^- = Cl_2 & 1 \end{array}$$

$$Cu^{2+} + 2Cl^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} Cu + Cu_2$$

yoki

$$CuCl_2 \xrightarrow{\text{elektroliz}} Cu + Cl_2$$

**7.5.** Mis (II) sulfat suvli eritmasining mis elektroddagi elektrolizi reaksiyalarining tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Katodda mis kationlari qaytariladi:

$$\text{katod } (-)\ Cu^{2+} + 2e^- = Cu$$

Mis elektrod bo'lgani uchun anod jarayoni elektrodning oksidlanishi bilan boradi:

$$\text{anod } (+)Cl^- - 2e^- - Cl^{2+}$$

Shunday qilib, jarayon natijasida mis anodda eriydi, lekin mis moddasining shuncha miqdori (ozgina yo'qotishni hisobga olmaganda) katodda ajralib chiqadi. Elektroliz reaksiyalarining yig'indi tenglamalarini eruvchan anod bilan yozib bo'lmaydi.

**7.6.** Nikel (II) nitratning suvli eritmasi inert elektrod yordamida elektroliz qilinganda elektrodlarda qanday reaksiyalar sodir bo'ladi?

*Yechish.* Nikel (II) nitrat eritmasida quyidagi ionlar bo'ladi:

$$Ni(NO_3)_2 \rightleftarrows Ni^{2+} + 2NO_3^-$$

Elektroliz vaqtida katod yaqinida nikel kationlari va suv bo'ladi. Nikel elektrodning standart elektrod potensiali − 0,25 V ga teng bo'lgani sababli, katodda parallel holda ikkita jarayon boradi: nikel (II) kationlarining va suvning qaytarilishi:

$$\text{katod } (-)Ni^{2+} + 2e^- = Ni \qquad \text{(a)}$$

$$2H_2O + 2e^- = H_2 + 2OH^- \qquad \text{(b)}$$

Nitrat ionlari anod yaqinida to'planadi: lekin suv oson oksidlanadi:

$$\text{anod } (+)\ 2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2$$

Elektrodlarning birida boradigan bir nechta parallel jarayonlar reaksiyalarining yig'indi tenglamalarini yozish kerak emas: ushbu misolda, masalan, (a) reaksiyaga qancha miqdorda va (b) reaksiyasiga qancha miqdorda elektr toki sarflanganligi noma'lum.

**7.7.** Kaliy yodid va natriy sulfatning suvli eritmalarini inert elektrod bilan boradigan elektroliz reaksiyalarining tenglamalarini yozing.

**7.8.** Quyidagi tuzlarning suvli eritmalari inert elektrod yorda-

mida elektroliz qilinganda qanday mahsulotlar hosil bo'ladi? a) $AgNO_3$; b) $ZnSO_4$; d)$AuCl_3$.

**7.9.** HCl va $HNO_3$ suvli eritmalarini inert elektrod ishtirokidagi elektroliz reaksiyalarining tenglamalarini yozing.

**7.10.** Inert elektrod yordamida natriy xloridning suvli eritmasi elektroliz qilinganda qanday moddalar olish mumkin?

**7.11.** Inert elektrod va kobalt (eruvchan) anod bilan kobalt (II) nitratning suvli eritmasi elektroliz qilinganda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?

**7.12.** Natriy gidroksidning suyuqlanmasi va suvli eritmasi elektroliz qilinganda sodir bo'ladigan jarayonlarning tenglamalarini yozing.

**7.13.** Quyidagi moddalar suvli eritmalarining elektroliz reaksiyalari tenglamalarini tuzing: a) $AuCl_3$; b) $K_3PO_4$; d) $Pt(NO_3)_2$. Elektroliz inert elektrodlar bilan olib boriladi.

## Hisoblashga doir masalalar

**7.14.** Anodda massasi 762 g bo'lgan yod ajralib chiqsa, natriy yodid suyuqlanmasi elektroliz qilinganda katodda qancha massa natriy ajralib chiqadi?

*Yechish.* Elektroliz reaksiyasi tenglamasini tuzamiz. Suyuqlanmada tuz quyidagi ionlarga dissotsilanadi:

$$NaI \rightleftarrows Na^+ + I^-$$

Elektrodlarda boradigan jarayonlar.

| | |
|---|---|
| katod $(-)Na^+ + e^- = Na$ | 2 |
| anod $(+)\ 2I^- - 2e^- = I_2$ | 1 |

$$2Na^+ + 2I^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Na^+ + I_2$$

yoki

$$2NaI \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Na + I_2$$

Ajralib chiqqan yod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(I_2) = \frac{m(I_2)}{m(I_2)}; \quad n(I_2) = \frac{762}{254} \text{ mol} = 3 \text{ mol}.$$

Elektroliz reaksiyasining tenglamasidan

$$\frac{n(Na)}{n(I_2)} = \frac{2}{1} \text{ kelib chiqadi,}$$

bundan

$$n(Na) = 2n(I_2); \qquad n(Na) = 2 \cdot 3 \text{ mol} = 6 \text{ mol}.$$

Olingan natriyning massasini topamiz:

$$m(Na) = n(Na) \cdot M(Na); \qquad m(Na) = 6 \cdot 23 \text{ g} = 138 \text{ g}.$$

**7.15.** Kaliy xlorid suyuqlanmasi elektroliz qilinganda katodda massasi 7,8 g bo'lgan kaliy olindi. Anodda ajralib chiqqan xlorning hajmini aniqlang. *Javob:* 2,24 *l*.

**7.16.** Sanoatda kalsiy olish usullaridan biri — kalsiy xlorid suyuqlanmasini elektroliz qilishdir. Agar elektroliz natijasida 896 l hajmdagi (normal sharoitda) xlor ajralib chiqqanligi ma'lum bo'lsa, qancha metall olingan? *Javob:* 1,6 kg.

**7.17.** Kaliy gidroksidning suvdagi eritmasi inert elektrod bilan elektroliz qilinganda katodda normal sharoitda o'lchangan 11,2 *l* hajmdagi molekular vodorod ajralib chiqadi. Bu vaqtda anodda qancha hajm kislorod ajraladi?

*Yechish.* 1. Katodda suvning qaytarilishini (kaliy kationlari suvli eritmalarda qaytarilmaydi), anodda esa gidroksid ionlarining oksidlanishini hisobga olib, elektroliz reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$\begin{array}{l|l} \text{katod } (-)\ 2H_2O + 2e^- = H_2 + 2OH^- & 2 \\ \text{anod } (+)\ 4H_2O - 4e^- = O_2 + 2H_2O & 1 \end{array}$$

$$\underline{4H_2O} + \underline{\underline{4OH^-}} \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2H_2^+ + \underline{\underline{4OH^-}} + O_2 + \underline{2H_2O}$$

yoki

$$2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2H_2 + O_2$$

Ajralib chiqqan vodorod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m}; \quad n(H_2) = \frac{11,2}{22,4} \text{ mol} = 0,5 \text{ mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(O_2)}{n(H_2)} = \frac{1}{2}; \quad n(O_2) = \frac{1}{2} n(H_2); \quad n(O_2) = \frac{1}{2} 0,5 \text{ mol} = 0,25 \text{ mol}.$$

Ajralib chiqqan kislorodning hajmini hisoblaymiz:

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot Vm; \qquad V(O_2) = 0,25 \cdot 22,4\ 1 = 5,6\ l.$$

*Yechish.* 2. Avogadro qonunidan kelib chiqqan natijadan foydalanamiz, ya'ni bunga muvofiq bir xil miqdordagi turli gaz moddalari bir xil sharoitda bir xil hajmni egallaydi. Shuning uchun elektroliz reaksiyasi tenglamasidan (*Yechish* 1 ga qarang) quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{V(H_2)}{V(O_2)} = \frac{1}{2};\quad V(O_2) = \frac{1}{2}V(H_2);\quad V(O_2) = \frac{1}{2}\cdot 11{,}2\ l = 5{,}6\ l.$$

**7.18.** Kumush nitratning suvli eritmasi inert elektrod bilan elektroliz qilinganda anodda massasi 12 g bo'lgan kislorod ajralib chiqdi. Bunda kumushning qancha massasi hosil bo'lgan? *Javob:* 162 g.

**7.19.** Rux xloridning suvli eritmasi elektroliz qilinganda anodda hajmi 26,88 *l* (normal sharoitda) bo'lgan xlor, katodda esa massasi 62,4 g bo'lgan rux ajralib chiqdi. Xlorning unumini miqdoriy deb hisoblab, ruxning unumini aniqlang.

*Yechish.* Rux xloridning suvli eritmasi elektrolizi reaksiyasi tenglamasini tuzamiz. Bunda ruxning unumini miqdoriy deb hisobga olamiz, ya'ni katoddagi elektr miqdorining hammasi rux kationlarini qaytarish uchun sarf qilinadi, deb hisoblaymiz:

$$\begin{array}{l|l} \text{katod } (-)\ Zn^{2+} + 2e^- = Zn & 1 \\ \text{anod } (+)2Cl^- - 2e^- = Cl_2 & 1 \end{array}$$

$$ZnCl_2 \xrightarrow{\text{elektroliz}} Zn + Cl_2$$

Ajralib chiqqan xlor moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Cl_2) = \frac{V(Cl_2)}{V_m};\quad n(Cl_2) = \frac{26{,}88}{22{,}4}\ \text{mol} = 0{,}5\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$n(Zn) = n(Cl_2)$; $n(Zn) = 1{,}2$ mol. Ruxning unumi miqdoriy bo'lganda ajralib chiqadigan ruxning massasini topamiz:

$$n(Zn) = n(Zn)\cdot M(Zn):\quad m(Zn) = 1{,}2\cdot 65\ \text{g} = 78\ \text{g}.$$

Masalaning shartidan haqiqiy olingan ruxning massasi $m_r(Zn) = 62{,}4$ g ekanligi ma'lum. Bu massa nazariy hisoblanganidan shuning uchun ham kamki, katoddan o'tadigan elektr tokining bir qismi suvning qaytarilishi uchun sarflanadi:

$$2H_2O + 2e^- = H_2 + 2OH^-$$

(1.6) formuladan foydalanib ruxning chiqishini aniqlaymiz:

$$\eta = \frac{m_r(\text{Zn}) \cdot 100}{m(\text{Zn})}; \quad \eta = \frac{62{,}4 \cdot 100}{78}\% = 80\%.$$

**7.20.** Nikel (II) sulfatning suvli eritmasi elektroliz qilinganda katodda unumi 75% ni tashkil qilgan, massasi 177 g bo'lgan nikel olindi. Bu vaqtda katodda qancha hajm kislorod ajralib chiqadi? Kislorodning unumi miqdoriy deb hisoblansin. *Javob:* 44,8 *l.*

## 8. ARALASH MASALALAR

**8.1.** Quyidagi sxema bo'yicha massasi 16 g bo'lgan misdan qancha massadagi mis (II) gidroksid olish mumkin:

$$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu(NO}_3\text{)}_2 \rightarrow \text{Cu(OH)}_2$$

Reaksiya tenglamalarini molekular va ionli shakllarda yozing.

*Yechish.* Boradigan reaksiyalarning tenglamalarini tuzamiz. Misni konsentrlangan nitrat kislotada eritib, mis (II) nitrat olish mumkin:

$$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu(NO}_3\text{)}_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \qquad \text{(a)}$$

$$\begin{array}{rl|l} & \text{Cu}^0 - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+} & 1 \\ & \text{N}^{+5} + \text{e}^- = \text{N}^{+4} & 2 \\ \hline \text{Cu} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} & & \end{array}$$

Mis (II) nitrat eritmasiga ishqor ta'sir ettirib, mis (II) gidroksid olish mumkin:

$$\text{Cu(NO}_3\text{)}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3 \qquad \text{(b)}$$

$$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu(OH)}_2\downarrow.$$

Reaksiya uchun olingan mis moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})}; \quad n(\text{Cu}) = \frac{16}{64}\,\text{mol} = 0{,}25\ \text{mol}.$$

(a) tenglamadan:

$$\frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{1}{1};$$

(b) tenglamadan

$\frac{m(Cu(NO_3)_2)}{M(Cu)} = \frac{1}{1}$ kelib chiqadi.

Binobarin,

$$\frac{n(Cu)}{n(Cu(OH)_2)} = \frac{1}{1}; \qquad n(Cu(OH)_2) = n(Cu);$$

$$n(Cu(OH)_2) = 0{,}25 \text{ mol}.$$

Mis (II) gidroksidning massasini topamiz:

$$m(Cu(OH)_2) = n(Cu(OH)_2) \cdot M(Cu(OH)_2);$$

$$m(Cu(OH)_2) = 0{,}25 \cdot 98 \text{ g} = 24{,}5 \text{ g}.$$

**8.2.** Quyidagi sxemaga ko'ra o'zgarishlar amalga oshirilib:

$$I_2 \rightarrow HI \rightarrow KI \rightarrow AgI$$

massasi 61,1 g bo'lgan kumush yodid olindi. Bu unum nazariy yo'l bilan olinishi mumkin bo'lgan miqdorning 65% ini tashkil etadi. Yodning qancha massasi olingan edi. Ushbu o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini molekular va ionli shakllarda yozing. *Javob:* 50,8 g.

**8.3.** Qandaydir gaz bor va u vodoroddan hosil bo'lgan, shu bilan birga, undagi vodorodning massa ulushi 18,5% ga teng. Shu gazning vodorodga nisbatan zichligi 27 ga teng. Gazning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblashlar uchun massasi 100 g bo'lgan gaz namunasini tanlab olamiz, namunadagi atomar bor va vodorod moddalarining miqdorini va massasini aniqlaymiz:

$$m(B) = m\omega(B); \quad m(B) = 100 \cdot 0{,}815 \text{ g} = 81{,}5 \text{ g};$$

$$m(H) = m\omega(H); \quad m(H) = 100 \cdot 0{,}185 \text{ g} = 18{,}5 \text{ g};$$

$$n(B) = \frac{m(B)}{M(B)}; \quad n(B) = \frac{81{,}5}{11} \text{ mol} = 7{,}4 \text{ mol};$$

$$n(B) = \frac{m(H)}{M(H)}; \quad n(B) = \frac{18{,}5}{1} \text{ mol} = 18{,}5 \text{ mol}.$$

Bor va vodorod moddalarining miqdoriy nisbatini topamiz:

$$\frac{n(B)}{n(H)} = \frac{7{,}4}{18{,}5}. \qquad \text{(a)}$$

Vodorodga nisbatan zichligidan foydalanib, gazning molyar massasini hisoblaymiz:

$M_{(gaz)} = 2D_{H_2(gaz)}$; $M_{(gaz)} = 2 \cdot 27$ g/mol = 54 g/mol.

Gazning molyar massasi atomar bor va vodorod massalarining, ayni moddalarning 1 mol gaz tarkibida bo'lgan miqdorlarini hisobga olgan holda, yig'indisidan iboratdir:

$$M_{(gaz)} = \frac{M(B) \cdot n(B) + M(H) \cdot n(H)}{n_{(gaz)}}$$

yoki $n_{(gaz)} = 1$ mol deb hisoblansa, quyidagicha yozamiz:

$$54 = 11\,n(B) + n(H) \qquad (b)$$

(a) va (b) tenglamalar sistemasini yechib, $n(H) = 10$ mol, $n(H) = 4$ mol ekanligini topamiz, ya'ni gazning formulasi – $B_4H_{10}$ ekan.

**8.4.** Qandaydir birikma tarkibiga kiradigan kremniy va vodorodning massa ulushlari tegishlicha 91,3 va 8,7 ga teng. Agar birikma bug'ining havoga nisbatan zichligi 3,172 ga teng bo'lsa, uning formulasini aniqlang. *Javob:* $Si_3H_8$.

**8.5.** Hajmi 5 l bo'lgan po'lat ballonda 22°C temperatura va 620 kPa bosimda ammiak bor. Agar hamma ammiak sulfat kislotaning mol miqdor eritmasidan o'tkazilsa, qancha massa ammoniy gidrosulfat olish mumkin? *Javob:* 145 g.

**8.6.** Tarkibida fosfor bo'lgan o'g'itdan analiz uchun massasi 5 g bo'lgan namuna olindi. Qator o'zgarishlar natijasida massasi 6,2 g bo'lgan kalsiy fosfat hosil bo'ldi. O'g'itdagi fosforning massa ulushini aniqlang. Kalsiy fosfat olinishida fosfor isrof bo'lmagan deb hisoblang. *Javob:* 24,8%.

**8.7.** Massasi 10 kg bo'lgan ko'mirni yoqish uchun qanday hajmda havo kerak bo'ladi? Kislorodning havodagi hajmiy ulushi 21% ni tashkil qiladi. Ko'mirning tarkibida uglerod (massa ulushi 96%), oltingugurt (massa ulushi 0,8%) va yonmaydigan aralashmalar bor. Havoning hajmini 30°C temperaturada va 202,6 kPa bosimda hisoblang. *Javob:* 47,36 $m^3$.

**8.8.** 42,6 g massali aluminiy nitrat bo'lgan eritmaga tarkibida 37,2 g massali natriy karbonat bo'lgan eritma qo'shildi. Cho'kma kuydirildi. Kuydirilgandan so'ng qolgan qoldig'ining massasini aniqlang.

*Yechish.* Aluminiy nitrat – kuchsiz asos bilan kuchli kislotaning tuzi, natriy karbonat – kuchli asos bilan kuchsiz kislotaning tuzi, binobarin, har ikkala tuz eritmada gidrolizga

uchraydi. Eritmalari qo'shilganda ular o'zaro gidrolizni kuchaytiradi (5.58 masalaga qarang) va gidroliz oxirigacha boradi. Reaksiya tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$2Al(NO_3)_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 6NaNO_3 + 3CO_2\uparrow \quad (a)$$

Kuydirilgan aluminiy oksid hosil bo'ladi:

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O \quad (b)$$

Moddalarning miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Al(NO_3)_3) = \frac{m(Al(NO_3)_3)}{M(Al(NO_3)_3)};\ n(Al(NO_3)_3) = \frac{42,6}{213}\ mol = 7,4\ mol;$$

$$n(Na_2CO_3) = \frac{m(Na_2CO_3)}{M(Na_2CO_3)};\ n(Na_2CO_3) = \frac{37,2}{106}\ mol = 0,35\ mol.$$

(a) tenglamadan 0,2 mol aluminiy nitratning reaksiyasi uchun 0,3 mol natriy karbonat kerak bo'lishi ko'rinib turibdi, binobarin, natriy karbonat mol miqdorda olingan.

(a) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(Al(NO_3)_3)}{n(Al(OH_3)_3)} = \frac{1}{1}.$$

(b) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(Al(OH)_3)}{n(Al_2O_3)} = \frac{2}{1},$$

shuning uchun

$$\frac{n(Al(NO_3)_3)}{n(Al_2O_3)} = \frac{2}{1}.$$

Bundan quyidagini olamiz:

$$n(Al_2O_3) = \frac{n(Al(NO_3)_3)}{2};\quad n(Al_2O_3) = \frac{0,2}{2}\ mol = 0,1\ mol.$$

Kuydirilgandan keyin olingan aluminiy oksidning massasini aniqlaymiz:

$$m(Al_2O_3) = n(Al_2O_3) \cdot M(Al_2O_3);$$
$$m(Al_2O_3) = 0,1 \cdot 102\ g = 10,2\ g.$$

**8.9.** Massasi 3,2 g bo'lgan moddaning yonish mahsulotlari 2,24 l hajmli (normal sharoitda) azot va massasi 3,6 g bo'lgan

suvdir. Agar modda bug'ining vodorodga nisbatan zichligi 16 ga teng bo'lsa, shu birikmaning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Molekular azot moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(N_2) = \frac{n(N_2)}{V_m}; \quad n(N_2) = \frac{2,24}{22,4} \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}.$$

Binobarin, yondirilgan modda namunasi tarkibidagi atomar azot moddasining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(N) = 2n(N_2); \quad n(N) = 2 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}.$$

Azotning massasi:

$$m(N) = n(N) \cdot M(N); \quad m(N) = 0,2 \cdot 14 \text{ g} = 2,8 \text{ g}.$$

Suv moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}; \quad n(H_2O) = \frac{3,6}{18} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}.$$

Dastlabki modda tarkibidagi atomar vodorod moddasining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(H) = 2n(H_2O); \quad n(H) = 2 \cdot 0,2 \text{ mol} = 0,4 \text{ mol}.$$

Vodorodning massasi:

$$m(H) = n(H) \cdot M(H); \quad m(H) = 0,4 \cdot 1 \text{ g} = 0,4 \text{ g}.$$

Azot va vodorod massalarining yig'indisi (2,8 + 0,4) g = 3,2 g, ya'ni yondirilgan moddaning miqdoriga teng. Binobarin, bu modda faqat azot va vodoroddan iborat. Azot va vodorod moddalari miqdorining nisbatini topamiz:

$$\frac{n(N)}{n(H)} = \frac{0,2}{0,4} = \frac{1}{2},$$

yoki

$$2n(N) = n(H).$$

Moddaning molyar massasini topamiz:

$$M_{(\text{modda})} = 2D_{H_2}; \quad M_{(\text{modda})} = 2 \cdot 16 \text{ g/mol} = 32 \text{ g/mol}.$$

Moddaning molyar massasini quyidagicha ham aniqlash mumkin:

$$M_{(\text{modda})} = n(N) \cdot M(N) + n(H) \cdot M(H).$$

Quyidagini olamiz:

$$32 = n(\mathrm{N}) \cdot 14 + n(\mathrm{H}). \qquad (b)$$

(a) va (b) tenglamalar sistemasini yechib topamiz:

$$n(\mathrm{N}) = 2 \text{ mol}, \quad n(\mathrm{H}) = 4 \text{ mol},$$

ya'ni birikmaning formulasi $N_2H_4$.

**8.10.** Massasi 30 g bo'lgan kobalt (II) vodorod bilan qisman qaytarilganda massasi 26,8 g bo'lgan oksid va metall aralashmasi olindi. Vodorod moddasining qanday miqdori reaksiyaga kirishgan. Olingan aralashmadagi kobaltning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 0,2 mol $H_2$; 44% Co.

**8.11.** Massasi 250 g bo'lgan qo'rg'oshin (II) nitrat eritmasiga mo'l miqdor kaliy sulfid eritmasi qo'shildi. Massasi 47,8 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Dastlabki eritmadagi qo'rg'oshin (II) nitratning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Qo'rg'oshin (II) nitrat eritmasiga kaliy sulfid eritmasi qo'shilganda quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:

$$Pb(NO_3)_2 + K_2S = PbS\downarrow + 2KNO_3$$

Qo'rg'oshin (II) sulfid moddasining miqdori:

$$n(\mathrm{PbS}) = \frac{m(\mathrm{PbS})}{M(\mathrm{PbS})}; \quad n(\mathrm{PbS}) = \frac{47{,}8}{239} \text{ mol} = 0{,}2 \text{ mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan,

$$n(Pb(NO_3)_2 = n(\mathrm{PbS}); \quad n(Pb(NO_3)_2) = 0{,}2 \text{ mol}$$

ekanligi kelib chiqadi. Dastlabki eritmadagi qo'rg'oshin (II) nitratning massasini hisoblaymiz:

$$m(Pb(NO_3)_2) = n(Pb(NO_3)_2) \cdot M(Pb(NO_3)_2);$$
$$m(Pb(NO_3)_2) = 0{,}2 \cdot 331 \text{ g} = 66{,}2 \text{ g}.$$

Dastlabki eritmadagi qo'rg'oshin (II) nitratning massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(Pb(NO_3)_2) = \frac{m(Pb(NO_3)_2)}{m}; \quad \omega(Pb(NO_3)_2) = \frac{66{,}2}{250} = 0{,}2648$$

yoki 26,48%.

**8.12.** Hajmi 7 l bo'lgan (normal sharoitda) vodorod bilan xlorid aralashmasi mol miqdor kumush nitrat eritmasi orqali

o‘tkazilganda massasi 28,7 g bo‘lgan cho‘kma olindi. Vodorodning aralashmadagi hajmiy ulushini aniqlang. *Javob:* 36%.

**8.13.** Natriy yodidning massa ulushi 15% bo‘lgan 50 g massali eritmasi orqali mo‘l miqdor xlor o‘tkazildi. Massasi 5,6 g bo‘lgan yod ajralib chiqdi. Reaksiya mahsulotining unumini aniqlang. *Javob:* 88,2%.

**8.14.** Massasi 17,6 g bo‘lgan temir (II) sulfidning mo‘l miqdor sulfat kislota bilan o‘zaro ta’sir etishidan hosil bo‘lgan gaz massasi 300 g bo‘lgan mis (II) sulfat eritmasi orqali o‘tkazildi. Massasi 14,4 g bo‘lgan cho‘kma hosil bo‘ldi. Eritmadagi mis (II) sulfatning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 8%.

**8.15.** Quyidagi o‘zgarishlarni amalga oshirishga yordam beradigan reaksiyalar tenglamalarini yozing:

$$KMnO_4 \rightarrow MnSO_4 \rightarrow Mn(OH)_2 \rightarrow Mn(NO_3)_2 \rightarrow HMnO_4.$$

Reaksiyalarning qaysi biri oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi hisoblanadi? Ushbu reaksiyalarning tenglamalariga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang.

**8.16.** Agar natriy karbonatning massa ulushi 15% bo‘lgan 230 g massali eritmasiga vodorod xloridning massa ulushi 20% bo‘lgan 220 g massali eritmasi qo‘shilsa, 22°C temperaturada va 98 kPa bosimda o‘lchangan qanday hajmdagi gaz ajralib chiqadi? *Javob:* 6,26 l.

**8.17.** Massasi 400 g bo‘lgan suvda massasi 46,8 g bo‘lgan natriy xlorid eritildi. Eritmaga inert elektrodlar tushirilib, doimiy elektr toki o‘tkazildi va normal sharoitda hajmi 2,24 l bo‘lgan xlor yig‘ib olindi. Elektrolizdan keyin eritmadagi natriy xloridning massa ulushini aniqlang. *Javob:*

$$\omega(NaCl) = \frac{m_2(NaCl)}{m}; \quad \omega(NaCl) = \frac{35,1}{439,5} = 0,080 \text{ yoki } 8,0\%$$

**8.18.** Mis (II) sulfatning suvli eritmasiga har qaysisi 10 g bo‘lgan ikkita mis plastinka tushirildi. Elektrodlarga doimiy tok manbayi ulandi. Biroz vaqt o‘tgandan so‘ng elektrolizda anod bo‘lib xizmat qilgan plastinkani konsentrlangan nitrat kislotada eritildi, eritmaga mo‘l miqdor natriy gidroksid qo‘shildi, bunda massasi 2,45 g bo‘lgan mis (II) gidroksid olindi. Elektrolizdan so‘ng katodning massasi nimaga teng bo‘ladi? *Javob:* 11,6 g.

# ANORGANIK KIMYO

## 9. VODOROD. GALOGENLAR

### Vodorod. Suv

**9.1.** Sulfat kislotaning massa ulushi 20% bo'lgan 150 ml hajmdagi eritmasiga metall ta'sir ettirilganda qanday hajmda vodorod olish mumkin? Hajmni normal bosim va 30°C temperaturada hisoblang. Kislota eritmasining zichligi 1,14 g/ml ga teng. *Javob:* 8,68 l.

**9.2.** Zichligi 1,29 g/ml, massa ulushi 30% bo'lgan kaliy gidroksidning 200 ml hajmdagi eritmasiga massasi 32,4 g bo'lgan aluminiy ta'sir ettirilganda normal sharoitda o'lchangan vodorodning qanday hajmi ajralib chiqadi? *Javob:* 40,32 l.

**9.3.** Massasi 19,6 g bo'lgan mis (II) gidroksidning termik parchalanishidan hosil bo'lgan mis (II) oksidni qaytarish uchun vodorodning normal sharoitda o'lchangan qanday hajmi talab etiladi? *Javob:* 4,48 l.

**9.4.** Qandaydir element $EH_3$ tarkibli gidrid hosil qiladi, unda vodorodning massa ulushi 1,245% ga teng. Gidrid hosil qilgan qaysi element? *Javob:* uran.

**9.5.** Massasi 0,84 g bo'lgan metall gidridga suv ta'sir ettirilganda normal sharoitda hajmi 896 ml ni tashkil etgan vodorod ajralib chiqdi. Agar bu elementning +2 oksidlanish darajasini namoyon qilishi ma'lum bo'lsa, qaysi elementning gidridi olinganligini aniqlang.

*Yechish.* Element gidridi formulasini $EH_2$ ko'rinishida yozamiz. Uning molyar massasi:

$$M(EH_2) = M(E)+2M(H);\ \ M(EH_2) = [M(E)+2]\text{g/mol}$$

ga teng.

Reaksiyada ishtirok etgan gidrid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(EH_2) = \frac{m(EH_2)}{M(EH_2)};\ \ M(EH_2) = \frac{0{,}84}{M(E)+2}\ \text{mol}.$$

Gidridning parchalanishida ajralib chiqqan vodorod moddasining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m};\ n(H_2) = \frac{0{,}896}{22{,}4}\ \text{mol} = 0{,}04\ \text{mol}.$$

Gidrid bilan suvning o'zaro ta'sir reaksiyasi tenglamasini yozamiz:

$$EH_2 + 2H_2O = E(OH)_2 + 2H_2\uparrow$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(EH_2)}{n(H)_2} = \frac{1}{2};$$

yoki

$$\frac{0{,}84}{M(E)+2} : 0{,}04 = \frac{1}{2};$$

bundan M($E$)=40 g/mol ni topamiz, binobarin, gidrid hosil qilgan kimyoviy element — kalsiy.

**9.6.** Vodorodni mo'l miqdor kislorodda yondirildi. Normal sharoitga keltirilgan gaz aralashmasining hajmi 240 ml ga kamaydi. Vodorodning dastlabki hajmini aniqlang. Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 160 ml.

**9.7.** Massasi 3,425 g bo'lgan ishqoriy-yer metali suv bilan o'zaro ta'sir etganda 560 ml hajmdagi (normal sharoitda) vodorod ajralib chiqdi. Reaksiya uchun qanday metall olinganini aniqlang. *Javob:* bariy.

**9.8.** Aralashmadagi gazlarning hajmiy ulushlari quyidagicha: 20% vodorod, 45% azot va 35% argon. Gaz aralashmasining vodorodga nisbatan zichligini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblash uchun barcha gaz moddalari miqdorlarining yig'indisi 1 mol ga teng, ya'ni $n$=1 mol bo'lgan gaz aralashmasining namunasini tanlab olamiz. Gaz aralashmasining hajmi:

$$V = nV_m$$

dan iborat.

Aralashma har qanday komponentining hajmi quyidagiga teng bo'ladi:

$$V(X) = V\varphi(X) = nV_m\varphi(X).$$

Komponent moddasining miqdori esa:

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_2} = \frac{nV_m\varphi(X)}{V_m} = n\varphi(X).$$

Olingan nisbatdan foydalanib, aralashmadagi vodorod moddasining miqdorini topamiz:

$$n(H_2) = n\varphi(H_2);\ n(H_2) = 1 \cdot 0,2\ \text{mol} = 0,2\ \text{mol}.$$

Shunga o'xshash:

$$n(N_2) = 0,45\ \text{mol},\ \ n(Ar) = 0,35\ \text{mol}.$$

Gaz massalarini aniqlaymiz:

$$m(H_2) = n(H_2) \cdot M(H_2);\ \ m(H_2) = 0,2 \cdot 2\ \text{g} = 0,4\ \text{g}.$$

Xuddi shunday qilib, $m(N_2) = 12,6$ g, $m(Ar) = 14,0$ g ekanligini aniqlaymiz.

Gaz aralashmasining massasini hisoblaymiz:

$$m = m(H_2) + m(N_2) + m(Ar);\ \ m = (0,4 + 12,6 + 14,0)\ \text{g} = 27,0\ \text{g}.$$

Gaz aralashmasining o'rtacha molyar massasi:

$$M = \frac{m}{n};\ M = \frac{27,0}{1}\ \text{g/mol} = 27,0\ \text{g/mol ga teng}.$$

Aralashmaning vodorodga nisbatan nisbiy zichligini aniqlaymiz:

$$D_{H_2} = \frac{M}{2};\ D_{H_2} = \frac{27,0}{2} = 13,5.$$

**9.9.** Teng hajmdagi vodorod va geliydan iborat bo'lgan gaz aralashmasining vodorodga nisbatan nisbiy zichligini aniqlang. *Javob:* 3.

**9.10.** Natriy gidrid suv ta'sirida parchalanganda olingan gaz cho'g'lantirilgan mis (II) oksid ustidan o'tkazildi. Qattiq moddaning massasi 42 g ga kamaydi. Ishlatilgan natriy gidrid massasini aniqlang. *Javob:* 6 g.

**9.11.** Kalsiy gidridning suv bilan o'zaro ta'siridan olingan eritmani neytrallash uchun, zichligi 1,145 g/ml, massa ulushi 29,2% bo'lgan 43,67 ml hajmdagi vodorod xlorid eritmasi sarf qilindi. Gidridning parchalanishida normal sharoitda o'lchangan qancha hajm vodorod ajralib chiqqan. *Javob:* 8,96 l.

**9.12.** Massasi 18,7 g bo'lgan vodorod peroksid eritmasining yorug'likda parchalanishidan hajmi 672 ml (normal sharoitda) gaz ajralib chiqdi. Qolgan vodorod peroksid eritmasiga sulfat kislota va mo'l miqdor kaliy yodid eritmasi qo'shildi. Bunda massasi 12,7 g bo'lgan yod olindi. Dastlabki eritmadagi vodorod peroksidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 20%.

**9.13.** Massa miqdori 15% va zichligi 1,1 g/ml bo'lgan sulfat kislota mo'l miqdor rux bilan reaksiyaga kirishishi uchun qancha hajm eritma olish kerak? Bu reaksiya natijasida vodorod ajralib chiqadi. Massasi 11,6 g bo'lgan $Fe_3O_4$ ni temirgacha qaytarish uchun ajralib chiqqan vodoroddan necha ml kerak? *Javob:* 118,8 ml.

## Galogenlar

**9.14.** Bromning oksidlanish darajalari 0; —1 va +3 bo'lgandagi elektron formulalarini tuzing. Tashqi energetik pog'onadagi elektronlarning orbitallar bo'yicha taqsimlanishini ko'rsating.

*Yechish.* Brom D. I. Mendeleyev elementlar davriy sistemasining to'rtinchi davrida VII gruppaning asosiy gruppachasida joylashgan, tartib raqami 35. Brom atomining oksidlanish darajasi 0 bo'lgandagi elektron formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

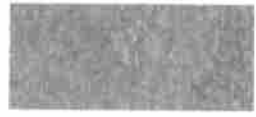
$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5.$$

Tashqi energetik pog'ona elektronlarining orbitallar bo'yicha taqsimlanishi:



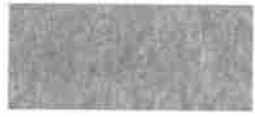
Oksidlanish darajasi —1 bo'lganda brom atomining oksidlanish darajasi 0 bo'lgandagidan bitta ortiqcha elektron bo'ladi. Bu elektron 4*p*-pog'onachada joylashadi:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6.$$



Brom atomi +3 oksidlanish darajasida uchta elektronni 4*p*-pog'onachasidan beradi:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2.$$



**9.15.** Xlorning oksidlanish darajalari —1; 0; +1; +3; +5 va +7 bo'lgan elektron va tasviriy elektron formulalarini yozing.

**9.16.** Qanday oksidlanish darajasida yod atomining elektron formulasi inert gazlar — kripton va ksenonning elektron formulasiga o'xshash bo'ladi? *Javob:* $I^{+7}$ kripton atomining, $I^{-1}$ ksenon atomining elektron formulasiga o'xshash bo'ladi.

**9.17.** Elektron balans usuli bilan quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang. Tarkibida xlor bo'lgan moddalarning qaysi biri qaytaruvchi xossalarini va qaysi biri oksidlovchi xossalarini namoyon qilishini aniqlang.

a) $Fe + Cl_2 \rightarrow FeCl_3$

b) $NaClO_3 \rightarrow NaCl + O_2$

d) $Cl_2 + NaOH \rightarrow NaCl + NaClO_3 + H_2O$

e) $NaClO_3 + MnO_2 + NaOH \rightarrow NaCl + Na_2MnO_3 + H_2O$

f) $NaCl + MnO_2 + H_2SO_4 \rightarrow Cl_2 + MnSO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$

**9.18.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga yordam beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$NaBr \rightarrow NaCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow KClO_3 \rightarrow KCl$$
$$\downarrow$$
$$Ca(ClO)_2$$

*Yechish.* 1. Natriy bromid eritmasi orqali gazsimon xlor o'tkazib natriy xlorid olish mumkin:

$$2NaBr + Cl_2 = 2NaCl + Br_2$$

yoki

$$2Br^- + Cl_2 = 2Cl^- + Br_2$$

2. Natriy xlorid eritmasini inert elektrodlar bilan elektroliz qilib xlor olish mumkin. Bunda elektrodlarda quyidagi jarayonlar sodir bo'ladi:

$$\text{katod } (-)\ 2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$$
$$\text{anod } (+)\ 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

yoki

$$2H_2O + 2Cl^- \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2OH^- + H_2 + Cl_2$$

$$2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2NaOH + H_2 + Cl_2$$

3. Kaliy xlorat $KClO_3$ ni isitilgan kaliy gidroksid eritmasidan xlor o'tkazib olish mumkin:

$$3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$$

$$\overset{0}{Cl} + \bar{e} = \overset{-1}{Cl} \mid 5$$

$$\overset{0}{Cl} + 5\bar{e} = \overset{+5}{Cl} \mid 1$$

$$3Cl_2 + 6OH^- = 5Cl^- + ClO_3^- + 3H_2O$$

4. Xlorning kalsiy gidroksid (so'ndirilgan ohak) bilan o'zaro ta'siridan kalsiy gipoxlorid $Ca(ClO)_2$ olinadi:

$$2\overset{0}{Cl_2} + 2Ca(OH)_2 = \overset{+1}{Ca}(ClO)_2 + \overset{-1}{CaCl_2} + 2H_2O$$

$$\overset{0}{Cl_2} + 2\bar{e} = 2\overset{-1}{Cl} \mid 1$$

$$\overset{0}{Cl_2} + 2\bar{e} = 2\overset{+1}{Cl} \mid 1$$

$$2Cl_2 + 4OH^- = 2ClO^- + 2Cl^- + 2H_2O$$

yoki

$$Cl_2 + 2OH^- = ClO^- + Cl^- + H_2O$$

5. Kaliy xlorid kaliy xloratning parchalanishidan hosil bo'ladi:

$$2KClO_3 + 2KCl + 3O_2$$

**9.19.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) $HCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow KClO \rightarrow KCl \rightarrow HCl \rightarrow AgCl$

b) $HBr \rightarrow NaBr \rightarrow Br_2 \rightarrow HBr$

Eritmalarda boradigan reaksiyalarning tenglamalarini ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda yozing.

**9.20.** Sulfat usuli bilan massasi 11,7 g bo'lgan natriy xloriddan olingan vodorod xloridni kumush nitrat eritmasi orqali o'tkazildi. Massasi 20,09 g bo'lgan cho'kma olindi. Ikkinchi reaksiya mahsulotining unumini miqdoriy deb hisoblab, vodorod xloridning unumini aniqlang.

*Yechish.* Sulfat kislotani natriy xloridga ta'sir ettirib, vodorod xlorid olinishida quyidagicha reaksiya sodir bo'ladi:

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \uparrow$$

Reaksiya uchun olingan natriy xlorid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})};\ n(\text{NaCl}) = \frac{11,7}{58,5}\ \text{mol} = 0,2\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaCl});\ n(\text{HCl}) = 0,2\ \text{mol}.$$

Binobarin, miqdoriy unumda 0,2 mol vodorod xlorid hosil bo'ladi.

0,2 mol modda miqdoridagi vodorod xloridning massasini aniqlaymiz.

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl});\ m(\text{HCl}) = 0,2 \cdot 36,5\ \text{g} = 7,3\ \text{g}.$$

Vodorod xloridning kumush nitrat bilan reaksiyasi quyidagi tenglamaga muvofiq sodir bo'ladi:

$$\text{HCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{HNO}_3$$

Cho'kmaga tushgan kumush xlorid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(\text{AgCl}) = \frac{(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})};\ n(\text{AgCl}) = \frac{20,09}{143,5}\ \text{mol} = 0,14\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan $n(\text{AgCl}) = n_r(\text{HCl})$ kelib chiqadi, bu yerda $n_r(\text{HCl})$ — real olingan HCl moddasining miqdori. Binobarin,

$$n_r(\text{HCl}) = 0,14\ \text{mol}.$$

Real olingan vodorod xloridning massasini aniqlaymiz:

$$m_r(\text{HCl}) = n_r(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl});\ m_r(\text{HCl}) = 0,14 \cdot 36,5\ \text{g} = 5,11\ \text{g}.$$

(1.6) formuladan foydalanib, reaksiya mahsulotining unumini hisoblaymiz:

$$\eta(\text{HCl}) = \frac{m_r(\text{HCl}) \cdot 100}{m(\text{HCl})};\ \eta(\text{HCl}) = \frac{5,11 \cdot 100}{7,3}\ \% = 70\%.$$

**9.21.** Massasi 30,48 g bo'lgan molekular yodni kaliy yodid eritmasidan siqib chiqara oladigan xlor olish uchun marganes (IV) oksidning qanday massasi va zichligi 1,18 g/ml, massa ulushi 36% bo'lgan HCl eritmasidan qancha hajm olinishi mumkin? Jarayonning har qaysi bosqichidagi mahsulot unumini nazariy mumkin bo'lganidan 80% ni tashkil qiladi deb qabul qilinsin. *Javob:* 16,3 g $MnO_2$; 64,4 ml eritma.

**9.22.** Konlardan biridagi toshtuzning tarkibida natriy xlorid (massa ulushi 96%), kalsiy xlorid (0,2%), magniy xlorid (0,2%) va tarkibida xlor bo'lmagan boshqa komponentlar bor. Massasi 5 kg bo'lgan toshtuz namunasidan zichligi 1,18 kg/l va massa ulushi 36% bo'lgan qancha hajm xlorid kislota olinishi mumkin? *Javob:* 7,08 l.

**9.23.** Tarkibida natriy xlorid va natriy ftorid bo'lgan 500 g massali eritma bor. Eritmaning yarmiga mo'l miqdor kumush nitrat eritmasi qo'shildi va massasi 5,74 g bo'lgan cho'kma olindi. Ikkinchi yarmiga mo'l miqdor kalsiy xlorid eritmasi qo'shildi va natijada massasi 2,34 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Dastlabki eritmadagi natriy xloridning va natriy ftoridning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* natriy xloridniki —0,94%, natriy ftoridniki — 1,01%.

**9.24.** Massasi 14,9 g bo'lgan natriy xloridga mo'l miqdor sulfat kislotani ta'sir ettirishdan olingan vodorod xlorid hammasining massasi 200 g bo'lgan suvga shimdirildi. Agar vodorod xloridning reaksiyadagi unumi 70% bo'lsa, uning eritmasidagi massa ulushini aniqlang. *Javob:* 2,5%.

**9.25.** Kaliy xlorid eritmasiga elektrodlar tushirilib elektr toki yuborildi. Natijada massa ulushi 2,8% bo'lgan 200 g massali KOH eritmasi hosil bo'ldi. Elektroliz vaqtida qancha miqdor molekular xlor moddasi ajralib chiqdi? *Javob:* 0,05 mol.

**926.** Massasi 6,75 g bo'lgan noma'lum metall normal sharoitda hajmi 8,4 l bo'lgan xlor bilan birikadi. Shu metallning o'zi yod bilan reaksiyaga kirishishi mumkin, shu bilan birga, xloridda ham, yodidda ham u bir xil oksidlanish darajasini namoyon qiladi. 6,75 g massali metallning yod bilan o'zaro ta'sir etishidan qancha massa yodid hosil bo'ladi?

*Yechish.* Metall bilan xlor va yodning reaksiya tenglamalarini quyidagicha tasavvur etamiz:

a) $Me + \frac{x}{2}Cl_2 = MeCl_x$ b) $Me + \frac{x}{2}I_2 = MeI_x$

Reaksiyalarning ikkala tenglamasida ham $x$ koeffitsiyenti bir xil, chunki metall xloridda va yodidda bir xil oksidlanish darajasini namoyon qiladi. 6,75 g massali metall bilan reaksiyaga kirishadigan xlor moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Cl_2) = \frac{V(Cl_2)}{V_m};\ n(Cl_2) = \frac{8,4}{22,4}\ \text{mol} = 0,375\ \text{mol}.$$

(a) va (b) reaksiya tenglamalaridan metall moddasining dastlabki miqdorlari ikkala reaksiyada ham bir xil va ular bilan galogen moddalarning bir xil miqdorlari reaksiyaga kirishadi, ya'ni

$$n(I_2) = n(Cl_2); \quad n(I_2) = 0{,}375 \text{ mol.}$$

Reaksiyaga kirishgan yodning massasini topamiz:

$$m(I_2) = n(I_2) \cdot M(I_2); \quad m(I_2) = 0{,}875 \cdot 254 \text{ g} = 95{,}25 \text{ g.}$$

Olingan metall yodidning massasi reaksiyaga kirishgan metall va yod massalarining yig'indisidan iborat:

$$m(MeI_x) = m(Me) + m(I_2); \quad m(MeI_x) = (6{,}75 + 95{,}25)\text{g} = 102 \text{ g.}$$

**9.27.** Massasi 12 g bo'lgan texnik natriy xlorid namunasidan olingan vodorod xlorid konsentrlangan xlorid kislota olish uchun ishlatildi. Hamma olingan kislota marganes (IV) oksid bilan reaksiyaga kiritildi. Bunda hajmi 1 :12 *l* (normal sharoitda) bo'lgan gaz hosil bo'ldi. Dastlabki namunadagi NaCl ning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 97,5%.

**9.28.** Kaliy xloratning $KClO_3$ termik parchalanishidan keyin olingan qoldiqni marganes (IV) oksid bilan suvda eritildi. Eritmaga mo'l miqdor kumush nitrat eritmasi qo'shilib, massasi 57,4 g bo'lgan cho'kma olindi. $KClO_3$ ning parchalanishida qancha hajm kislorod ajralib chiqqan. Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 13,44 l.

**9.29.** Massasi 12,25 g bo'lgan kaliy xlorat $KClO_3$ parchalandi, bunda kislorod hosil bo'ldi, uning normal sharoitdagi hajmi 336 ml ni tashkil etdi. Reaksiya tugagandan keyin quruq qoldiqdagi kaliy xloridning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 6,33%.

**9.30.** Elektron balans usuli bilan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $KI + KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow KCl + I_2 + K_2SO_4 + H_2O$

b) $I_2 + HNO_3 \rightarrow HIO_3 + NO + H_2O$

d) $Br_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow HBrO_3 + HCl$

e) $NaBrO_3 + F_2 + NaOH \rightarrow NaBrO_4 + NaF + H_2O$

f) $NaI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + H_2S + Na_2SO_4 + H_2O$

Tenglamalarni qisqartirilgan ionli shaklda yozing.

## 10. KISLOROD GRUPPACHASI

**10.1.** Oltingugurt (VI) oksidning massa ulushi 4% ga teng bo'lgan eritmadagi sulfat kislotaning massa ulushini hisoblang. *Javob:* 4,9%.

**10.2.** Quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalarini davom ettirib yozing va elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang.

a) $H_2S + SO_2 \rightarrow \cdots$

b) $H_2S + Br_2 \rightarrow \cdots$

d) $H_2S + HNO_3(\text{kones}) \rightarrow \cdots$

Reaksiyalarda oksidlovchi hamda qaytaruvchini ko'rsating.

**10.3.** Mis kuporosidagi kristallizatsiya suvining massa ulushini aniqlang. *Javob:* 36 %.

**10.4.** Agar oltingugurt (IV) oksidning kislorod va oltingugurtdan hosil bo'lish entalpiyasi — 296,9 kJ/molga tengligi ma'lum bo'lsa, massasi 12 g bo'lgan oltingugurtning yonishidan qancha issiqlik ajralib chiqishini hisoblang.

*Yechish.* Oltingugurtning yonish reaksiyasining termokimyoviy tenglamasini yozamiz:

$$S(q) + O_2(g) = SO_2(g), \quad \Delta H = -296,9 \text{ kJ / mol}.$$

Termokimyoviy tenglamadan modda miqdori 1 mol bo'lgan [$n$(S) = 1 mol] oltingugurtning yonishida 296,6 kJ issiqlik ajralib chiqishi ma'lum.

Massasi 12 g bo'lgan yondirilgan oltingugurt moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n'(S) = \frac{m'(S)}{M(S)}; \quad n'(S) = \frac{12}{32} \text{ mol} = 0,375 \text{ mol}.$$

Yondirilgan oltingugurt moddasining miqdori o'zgarganda $\Delta H$ qiymati ham proporsional ravishda o'zgaradi, ya'ni:

$$\frac{\Delta H'}{\Delta H} = \frac{n'(S)}{n(S)}.$$

Bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta H' = \frac{n'(S)}{n(S)} \Delta H; \quad \Delta H' = \frac{0,375}{1}(-296,9) \text{ kJ} = -111,3 \text{ kJ}.$$

ya'ni 111,3 kJ issiqlik ajralib chiqadi.

**10.5.** Agar $TeO_2$ (q) uchun $\Delta H^0 = -321,7$ kJ/mol bo'lsa, massasi 1 g bo'lgan tellur yonganda qancha miqdorda issiqlik ajralib chiqishini hisoblang. *Javob:* 2,0 kJ.

**10.6.** Quyidagi reaksiyaga ko'ra 6,72 *l* hajmli (normal sharoitda) kislorod olishda qancha miqdor issiqlik yutiladi:

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2, \quad \Delta H^0 = 254,8 \text{ kJ}.$$

*Javob:* 73,74 kJ.

**10.7.** Massasi 5 g bo'lgan misni batamom eritish uchun zichligi 1,84 g/ml, massa ulushi 9,8% bo'lgan sulfat kislotaning konsentrlangan eritmasidan qanday hajmda olish kerak? Bunda normal sharoitda o'lchangan qancha hajm oltingugurt (IV) oksid ajralib chiqadi? *Javob:* eritma hajmi 13,6 ml, gaz hajmi 2,8 *l*.

**10.8.** FeS ning massa ulushi 95%, massasi 3 kg bo'lgan texnik temir sulfiddan normal sharoitda o'lchangan qancha hajm vodorod sulfid olinishi mumkin? *Javob:* 725 *l*.

**10.9.** Quyidagi o'zgarishlarni qanday amalga oshirish mumkin?

$$Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_3 \rightarrow BaCl_2 \rightarrow BaSO_4$$

Tegishli reaksiyalarning tenglamalarini molekular va ionli shakllarda yozing.

**10.10.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$Zn \rightarrow ZnS \rightarrow H_2S \rightarrow S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4$$

**10.11.** $H_2S$ massa ulushi 1,2% bo'lgan sulfid kislota eritmasini olish uchun massasi 300 g bo'lgan suvda normal sharoitda o'lchangan qancha hajm vodorod sulfid eritilishi kerak? *Javob:* 2,4 *l*.

**10.12.** Massasi 30 g bo'lib, tarkibida temir disulfiddan $FeS_2$ tashqari kuydirilganda $SO_2$ hosil qilmaydigan qo'shimchalari bo'lgan pirit kuydirilganda 27°C temperaturada va 98,5 kPa bosimda o'lchangan qancha hajm oltingugurt (IV) oksid hosil bo'ladi?

Piritdagi qo'shimchalarning massa ulushi 20% ni tashkil qiladi.

*Yechish.* Temir disulfidning kuydirilish reaksiyasi tenglamasini yozamiz:

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

Piritdagi qo'shimchalarning massa ulushi 20% ni tashkil qiladi, binobarin, $FeS_2$ massa ulushi 80% ni yoki 0,8 qismni tashkil qiladi. Piritdagi temir disulfidning massasini aniqlaymiz:

$$m(FeS_2) = m(pirit) \cdot \omega(FeS_2);\ m(FeS_2) = 30 \cdot 0{,}8\ g = 24\ g.$$

Temir disulfid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(FeS_2) = \frac{m(FeS_2)}{M(FeS_2)};\ n(FeS_2) = \frac{24}{120}\ mol = 0{,}2\ mol.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(SO_2)}{n(FeS_2)} = \frac{8}{4} = 2.$$

Bundan

$$n(SO_2) = 2n(FeS_2);\ n(SO_2) = 2 \cdot 0{,}2\ mol = 0{,}4\ mol.$$

Hosil bo'lgan oltingugurt (IV) oksidning normal sharoitdagi hajmini hisoblaymiz:

$$V_n(SO_2) = n(SO_2) \cdot V_m;\ \ V_n(SO_2) = 0{,}4 \cdot 22{,}4\ l = 8{,}96\ l.$$

(1.4) formuladan foydalanib, gaz hajmini masalaning shartida ko'rsatilgan sharoitda, T = (273 + 27) K = 300 K deb hisobga olgan holda topamiz:

$$V(SO_2) = \frac{p_n T V_n(SO_2)}{p T_n};\ V(SO_2) = \frac{101{,}3 \cdot 300 \cdot 8{,}96}{98{,}5 \cdot 273} = 10{,}1\ l.$$

**10.13.** Massasi 16 g bo'lgan sulfat kislota eritmasining mo'l miqdor bariy xlorid eritmasi bilan o'zaro ta'sir etishidan massasi 5,7 g bo'lgan cho'kma ajralib chiqdi. Dastlabki eritmadagi sulfat kislotaning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 15%.

**10.14.** Massasi 50 g bo'lgan vodorod sulfidni yondirish uchun 18°C temperaturada va 100 kPa bosimda o'lchangan qancha hajm kislorod kerak bo'ladi? *Javob:* 8,1 *l*.

**10. 15.** Kumush mo'l miqdor konsentrlangan sulfat kislotada eritildi, qizdirilganda hajmi 10 ml bo'lgan (normal sharoitda) oltingugurt (IV) oksid ajralib chiqdi. Eritilgan kumush massasini aniqlang. *Javob:* 0,096 g.

**10.16.** Hajmi 10 *l* (normal sharoitda) bo'lgan oltingugurt (IV) oksidning sulfat kislotaga aylanishi uchun qancha hajm havo va qancha massa suv olinishi kerak? Kislorodning havodagi hajmiy ulushi 20,95% ni, massa ulushi esa —23,1% tashkil qiladi. *Javob:* havo —23,9 *l*; suv 9,04 g.

**10.17.** Tarkibida $FeS_2$ va boshqa qo'shimchalar bo'lgan 200 kg massali piritdan massa ulushi 70% bo'lgan qancha massali sulfat kislota eritmasini olish mumkin? Piritdagi aralashmalarning massa

ulushi 10% ni tashkil etadi, sulfat kislotaning umumiy unumi esa—80%. *Javob:* 336 g.

**10.18.** Massasi 80 g bo'lgan rux sulfid, natriy xlorid va kalsiy karbonat aralashmasiga mo'l miqdor xlorid kislota ta'sir ettirildi. Bunda hajmi 13,44 *l* bo'lgan (normal sharoitda) gazlar aralashmasi hosil bo'ldi. Bu gaz aralashmasining mo'l miqdor oltingugurt (IV) oksid bilan o'zaro ta'sir etishidan massasi 19,2 g bo'lgan qattiq modda hosil bo'ldi. Dastlabki aralashmadagi moddalarning massa ulushlarini aniqlang.

*Yechish.* Xlorid kislota aralashma tarkibidagi rux sulfid va kalsiy karbonat bilan reaksiyaga kirishadi:

$$ZnS + 2HCl = ZnCl_2 + H_2S\uparrow \quad (a)$$

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O \quad (b)$$

Shunday qilib, gaz aralashmasi vodorod sulfid bilan uglerod (IV) oksiddan iborat. Oltingugurt (IV) oksid bilan bu gazlardan vodorod sulfid gazi qattiq modda — oltingugurt hosil qilib reaksiyaga kirishadi.

$$2H_2S + SO_2 = 3S + 3H_2O \quad (d)$$

Olingan oltingugurt moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(S) = \frac{m(S)}{M(S)};\ n(S) = \frac{19,2}{32}\ mol = 0,6\ mol.$$

(d) reaksiya tenglamasi asosida quyidagini yozamiz: $\frac{n(H_2S)}{n(S)} = \frac{2}{3}$.

Bundan, vodorod sulfid moddasining (a) reaksiya natijasida olingan miqdorini aniqlaymiz:

$$n(H_2S) = \frac{2}{3}n(S);\ n(H_2S) = \frac{2}{3}0,6\ mol = 0,4\ mol.$$

Bu gaz normal sharoitda quyidagi hajmni egallaydi.

$$V(H_2S) = n(H_2S) \cdot V_m;\ V(CO_2) = 0,4 \cdot 22,4\ l = 8,96\ l.$$

Uglerod (IV) oksidning gaz aralashmasidagi hajmini hisoblaymiz:

$$V(CO_2) = V - V(H_2S);\ V(CO_2) = (13,44 - 8,96)\ l = 4,48\ l,$$

bu yerda $V$— olingan gaz aralashmasining hajmi.

$CO_2$ modda miqdori quyidagidan iborat:

$$n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m};\ n(CO_2) = \frac{4,48}{22,4}\ \text{mol} = 0,2\ \text{mol}.$$

(a) tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(ZnS)}{n(H_2S)} = \frac{1}{1};\ n(ZnS) = n(H_2S);\ n(ZnS) = 0,4\ \text{mol}.$$

(b) tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(CaCO_3)}{n(CO_2)} = \frac{1}{1};\ n(CaCO_3) = n(CO_3);\ n(CaCO_3) = 0,2\ \text{mol}.$$

Dastlabki aralashmadagi moddaning massasini aniqlaymiz:

$$m(ZnS) = n(ZnS) \cdot M(ZnS);\ m(ZnS) = 0,4 \cdot 97\ \text{g} = 38,8\ \text{g};$$

$$m(CaCO_3) = n(CaCO_3) \cdot M(CaCO_3);\ m(CaCO_3) = 0,2 \cdot 100\ \text{g} = 20\ \text{g};$$

$$m(NaCl) = m(\text{aralashma}) - m(ZnS) - m(CaCO_3);$$

$$m(NaCl) = (80 - 38,8 - 20)\ \text{g} = 21,2\ \text{g}.$$

Aralashmadagi moddalarning massa ulushlarini hisoblaymiz:

$$\omega(ZnS) = \frac{m(ZnS)}{m(\text{aralashma})};\ \omega(ZnS) = \frac{38,8}{80} = 0,485;$$

$$\omega(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{m(\text{aralashma})};\ \omega(CaCO_3) = \frac{20}{80} = 0,25;$$

$$\omega(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{m(\text{aralashma})};\ \omega(NaCl) = \frac{21,2}{80} = 0,265.$$

**10.19.** Massasi 50 g bo'lgan kaliy xlorat $KClO_3$ bilan kaliy xlorid KCl aralashmasi qizdirilganda hajmi 6,72 l bo'lgan (normal sharoitda) gaz ajralib chiqdi. Dastlabki tuz aralashmasidagi KCl ning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 51%.

**10.20.** Massasi 10 g bo'lgan natriy sulfid, natriy sulfat va natriy xloridning aralashmasi bor. Aralashma suvda eritildi. Olingan eritmaning yarmiga mo'l miqdor mis (II) sulfat eritmasi qo'shildi, bunda massasi 4,8 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Eritmaning boshqa yarmiga mo'l miqdor bariy xlorid eritmasi qo'shilganda massasi 4,66 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Dastlabki aralashmadagi tuzlarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* 39,0% $Na_2S$; 28,4% $Na_2SO_4$; 32,6% NaCl.

## 11. AZOT GRUPPACHASI

**11.1.** Quyidagi birikmalarda azotning massa ulushini aniqlang: a) NO; b) $NO_2$; d) $HNO_3$; e) $NH_4NO_3$. Qaysi birikmada azotning massa ulushi eng ko'p? *Javob:* a) 46,7%; b) 30,4%; e) 22,2%; f) 35%.

**11.2.** Massasi 12,6 t bo'lgan nitrat kislota olish uchun sanoatda nobudgarchilik 5% ni tashkil etishini hisobga olgan holda sarf bo'ladigan ammiak massasini aniqlang. *Javob:* 3,58 t.

**11.3.** Elektron balans usuli bilan quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Ca + N_2 \rightarrow Ca_3N_2$

b) $P_4 + O_2 \rightarrow P_4O_6$

d) $NO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow HNO_3$

**11.4.** Quyidagi reaksiyalarni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) $Pb(NO_3)_2 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2O_4 \rightarrow HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow NH_3$

b) $Co_3(PO_4)_2 \rightarrow P \rightarrow P_4O_{10} \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow CaHPO_4 \cdot 2H_2O$

**11.5.** Hajmi 20 l (normal sharoitda) bo'lgan ammiakni massasi 400 g bo'lgan suvda eritildi. Eritmadagi ammiakning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 3,7%.

**11.6.** 20°C temperaturada va $1{,}4 \cdot 10^5$ Pa bosimda 10 l hajmni egallaydigan azotning massasini aniqlang. *Javob:* 16,1 g.

**11.7.** O'g'it tarkibidagi azotning massa ulushi 14% ni tashkil etadi. O'g'itda hamma azot mochevina $CO(NH_2)_2$ tarkibiga kiradi. Shu o'g'itdagi mochevinaning massa ulushini hisoblang.

*Yechish.* Hisoblash uchun massasi 100 g, ya'ni $m$ (o'g'it)=100 g bo'lgan o'g'it namunasini tanlab olamiz. Shu namunadagi azot massasini aniqlaymiz:

$$m(\text{N}) = m(\text{o'g'it}) \cdot \omega(\text{N});\ \ m(\text{N}) = 100 \cdot 0{,}14\ \text{g} = 14\ \text{g}.$$

Azot moddasining miqdori quyidagicha:

$$n(\text{N}) = \frac{m(\text{N})}{M(N)};\ \ n(\text{N}) = \frac{14}{14}\,\text{mol} = 1\ \text{mol}.$$

Mochevina $CO(NH_2)_2$ formulasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CO(NH_2)_2) = \frac{n(\text{N})}{2};\ \ n(CO(NH_2)_2) = \frac{1}{2}\,\text{mol} = 0{,}5\ \text{mol}.$$

Mochevinaning massasini topamiz:

$$m(CO(NH_2)_2) = n(CO(NH_2)_2) \cdot M(CO(NH_2)_2);$$
$$m(CO(NH_2)_2) = 0,5 \cdot 60 \text{ g} = 30 \text{ g}.$$

Namunadagi mochevinaning massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(CO(NH_2)_2) = \frac{m(CO(NH_2)_2)}{m \text{ (o'g'it)}}; \quad \omega(CO(NH_2)_2) = \frac{30}{100} = 0,3,$$

yoki 30%.

**11.8.** O'g'itning tarkibida fosfor bo'lgan komponenti—kalsiy digidrofosfat $Ca(H_2PO_4)_2$ dir. Agar fosforning massa ulushi 18,6% bo'lsa, o'g'itdagi kalsiy digidrofosfatning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 69,6%.

**11.9.** Massasi 7,3 g bo'lgan vodorod xloridning massasi 5,1 g bo'lgan ammiak bilan o'zaro ta'sir etishidan hosil bo'ladigan ammoniy xloridning massasini aniqlang. Qaysi gaz ortib qoladi? Ortiqcha qoldiqning massasini aniqlang. *Javob:* 10,7 g; ortiqcha ammiak 1,7 g.

**11.10.** Massasi 6,2 g bo'lgan fosfor bilan reaksiyaga kirishish uchun 60°C temperaturada va 96 kPa bosimda qancha hajm kislorod kerak bo'ladi? *Javob:* 6,47 *l*.

**11.11.** Massasi 18,2 g bo'lgan kalsiy fosfid $Ca_3P_2$ dan olingan fosfin $PH_3$ ning to'la yonishidan hosil bo'ladigan fosfor (V) oksidning massasini aniqlang *Javob:* 14,2 g.

**11.12.** Konsentrlangan nitrat kislotaning magniy va rux bilan o'zaro ta'sir etish tenglamalarini yozing. Qaysi metallarga bu kislota ta'sir qilmaydi?

**11.13.** Keraksiz qo'shimchalarning massa ulushi 8 % ni tashkil qiladigan, massasi 148 kg bo'lgan kalsiy gidroksiddan olish mumkin bo'ladigan o'g'it sifatida ishlatiladigan kalsiy selitrasining massasini hisoblang. *Javob:* 301,8 kg.

**11.14.** Pretsipitat $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ dagi fosfor (V) oksidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 41,2%.

**11.15.** Superfosfat namunasida fosfor (V) oksidning massa ulushi 20% ni tashkil qiladi. O'g'itdagi $Ca(H_2PO_4)_2$ ning massa ulushini hisoblang. *Javob:* 33%.

**11.16.** Massasi 12,8 g bo'lgan tuz qizdirilganda massasi 7,2 g suv, hajmi 4,48 *l* (normal sharoitda) azot hosil bo'ladi. Agar

tuzning molyar massasi 64 g/molga teng bo'lsa, uning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Hosil bo'lgan azot moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(N_2) = \frac{V(N_2)}{V_m};\ n(N_2) = \frac{4,48}{22,4}\,\text{mol} = 0,2\ \text{mol}.$$

Dastlabki modda namunasi tarkibidagi atomar azot moddasining miqdorini hisoblaymiz:

$$n(N) = 2\,n(N_2);\quad n(N) = 2 \cdot 0,2\,\text{mol} = 0,4\ \text{mol}.$$

Olingan suv moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)};\ n(H_2O) = \frac{7,2}{18}\,\text{mol} = 0,4\ \text{mol}.$$

Tuz namunasi tarkibidagi atomar vodorod va kislorod moddalarining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(H) = 2\,n(H_2O);\quad n(H) = 2 \cdot 0,4\,\text{mol} = 0,8\ \text{mol};$$

$$n(O) = 2n(H_2O);\quad n(O) = 0,4\,\text{mol}.$$

Birikmadagi atomar azot, vodorod va kislorod moddalari miqdorlari o'rtasidagi nisbatni topamiz:

$$n(N) : n(H) : n(O) = 0,4 : 0,8 : 0,4 = 1 : 2 : 1.$$

yoki

$$\frac{n(N)}{n(H)} = \frac{1}{2};\qquad (a)$$

$$\frac{n(H)}{n(O)} = 2.\qquad (b)$$

Moddaning molyar massasi 64 g/molga teng ekanligini bilgan holda quyidagini hosil qilamiz:

$$M(\text{tuz}) = n(N) \cdot M(N) + n(H) \cdot M(H) + n(O) \cdot M(O)$$

yoki

$$64 = 14n(N) + n(H) + 16\,n(O).\qquad (d)$$

(a), (b) va (d) tenglamalar sistemasini yechib, $n(N)=2$ mol, $n(N)=4$ mol, $n(O) = 2$ mol ekanligini topamiz, ya'ni birikmaning formulasi $N_2H_4O_2$ yoki $NH_4NO_2$. Bu tuz qizdirilganda azot va suv hosil bo'ladi:

$$NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2.$$

**11.17.** Agar moddani tashkil qiluvchi elementlarning massa ulushlari: kislorodniki 56,47%, azotniki 16,47% va natriyniki 27,06% ga teng bo'lsa, shu moddaning eng oddiy formulasini aniqlang. Massasi 340 g bo'lgan shu moddani qizdirganda qancha hajm gaz ajralib chiqadi? Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* $NaNO_3$; 44,8 *l*.

**11.18.** Massasi 310 kg bo'lgan tabiiy fosforitdan massasi 195 kg bo'lgan fosfat kislota olindi. Tabiiy fosforitdagi $Ca_3(PO_4)_2$ ning massa ulushini hisoblang. *Javob:* 93,5%.

**11.19.** Tarkibida massasi 19,6 g fosfat kislota bo'lgan suvli eritmaning massasi 18,5 g bo'lgan kalsiy gidroksid bilan neytrallandi. Hosil bo'lgan pretsipitat $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ning massasini aniqlang. *Javob:* 34,4 g.

**11.20.** Massasi 30 g bo'lgan azot (II) oksid bilan massasi 20 g bo'lgan kislorod yopiq idishda aralashtirildi. Hosil bo'lgan azot (IV) oksidning massasini hisoblang. Qanday gaz ortib qoladi? Ortib qolgan gazning massasini aniqlang. *Javob:* azot (IV) oksid 46 g; ortib qolgan $O_2$ — 4 g.

**11.21.** 67,2 *l* hajmli azot va 224 *l* hajmli vodoroddan ammiak hosil qilindi (gaz hajmlari normal sharoitga keltirilgan). Shu ammiakdan foydalanib, nitrat kislotaning zichligi 1,25 g/ml va massa ulushi 40% bo'lgan 400 ml hajmli eritmasi olindi. Reaksiya mahsulotining unumini hisoblang.

*Yechish.* Ammiak va nitrat kislota olish reaksiyalarining tenglamasini tuzamiz:

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3 \quad (a)$$

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O \quad (b)$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2 \quad (d)$$

$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3 \quad (e)$$

Reaksiya uchun olingan molekular azot va vodorod moddalarining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(N_2) = \frac{V(N_2)}{V_m};\ n(N_2) = \frac{67,2}{22,4}\ \text{mol} = 3\ \text{mol};$$

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m};\ n(H_2) = \frac{224}{22,4}\ \text{mol} = 10\ \text{mol}.$$

(a) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(N_2)}{n(H_2)} = \frac{1}{3}.$$

Binobarin, reaksiya uchun mo'l miqdor vodorod olingan. (a) — (e) reaksiyalari tenglamasidan quyidagilar kelib chiqadi:

$$\frac{n(N_2)}{n(NH_3)} = \frac{1}{2};\ \frac{n(NH_3)}{n(NO)} = \frac{4}{4} = 1;\ \frac{n(NO)}{n(NO_2)} = \frac{2}{2} = 1;\ \frac{n(NO_2)}{n(HNO_3)} = \frac{4}{4} = 1.$$

Bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{n(HNO_3)}{n(N_2)} = 2;\ n(HNO_3) = 2n(N_2);\ n(HNO_3) = 2 \cdot 3\,\text{mol} = 6\ \text{mol}.$$

Miqdoriy unum bo'lganda olish mumkin bo'lgan nitrat kislotaning massasini aniqlaymiz:

$$m(HNO_3) = n(HNO_3) \cdot M(HNO_3);\ m(HNO_3) = 6 \cdot 63\,\text{g} = 378\,\text{g}.$$

Olingan kislota eritmasining massasini topamiz:

$$m = V\rho;\ m = 400 \cdot 1{,}25\ \text{g/ml} = 500\ \text{ml}.$$

Shu eritma tarkibidagi real olingan $HNO_3$ massasini hisoblaymiz:

$$m_r(HNO_3) = m\omega(HNO_3);\ m_r(HNO_3) = 500 \cdot 0{,}4\ \text{g} = 200\,\text{g}.$$

Mahsulot unumini aniqlaymiz:

$$\eta(HNO_3) = \frac{m_n(HNO_3) \cdot 100}{m(HNO_3)};\ \eta(HNO_3) = \frac{200 \cdot 100}{378}\% = 52{,}9\%.$$

**11.22.** 7,84 *l* hajmli (normal sharoitda) ammiak katalitik oksidlantirildi va undan keyin nitrat kislotaga aylantirildi. Natijada massasi 200 g bo'lgan eritma olindi. $HNO_3$ unumini 40% dan hisoblab, uning olingan eritmadagi massa ulushini aniqlang. *Javob:* 4,41%.

**11.23.** Mevali daraxt ostidagi tuproqqa massasi 0,4 kg bo'lgan fosfor (V) oksid solinishi kerak. Agar o'zlashtiriladigan fosfor (V) oksidning massa ulushi 20% ga teng bo'lsa, bu holda superfosfatning qanday massasini olish kerakligini aniqlang. *Javob:* 2 kg.

**11.24.** 1 ga maydondagi tuproqqa 0,5 t azot solinishi kerak. Buning uchun ammoniy sulfatning qancha massasini olish kerakligini hisoblang. *Javob:* 2,357 t.

**11.25.** Agar 1ga maydonga solinadigan azot massasi 60 kg bo'lsa, 100 ga maydonni azot bilan ta'minlash uchun solinadigan ammoniy nitrat massasini aniqlang. *Javob:* 17,1 t.

**11.26.** Azotning massa ulushi 35% bo'lgan 140 g massali ammoniyli selitrani mevali daraxt ostiga solish kerak. Bu miqdorda azot solish uchun olinishi kerak bo'lgan ammoniy sulfatning massasini aniqlang. *Javob:* 231 kg.

**11.27.** $Ca_3(PO_4)_2$ massa ulushi 93% bo'lgan 100 kg massali fosforitdan olinadigan massa ulushi 40% bo'lgan fosfat kislota eritmasining massasini aniqlang. *Javob:* 147 kg.

**11.28.** Nitrat kislotaning massa ulushi 42 %, massasi 600 g bo'lgan eritmasi orqali mo'l miqdor ammiak o'tkazilganda massasi 300 g bo'lgan ammoniy nitrat olindi. Ammoniy nitrat unumini aniqlang. *Javob:* 93,75%.

**11.29.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

a) $NH_4NO_2 \rightarrow N_4 \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow N_2O$

b) $P \rightarrow Ca_3P_2 \rightarrow PH_3 \rightarrow P_4O_{10} \rightarrow HPO_3 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow$ superfosfat.

**11.30.** Massasi 75 g bo'lgan mis bilan mis (II) oksid aralashmasiga mo'l miqdor konsentrlangan nitrat kislota ta'sir ettirildi. Bunda 26,88 l hajmli (normal sharoitda) gaz hosil bo'ldi. Dastlabki aralashmadagi mis (II) oksidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 48,8%.

## 12. UGLEROD GRUPPACHASI

**12.1** Qanday reaksiyalar yordamida quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish mumkin:

$C \rightarrow CO_2 \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3$ ?

Tegishli reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

**12.2.** Massasi 2 kg bo'lgan kalsiy karbidning suv ta'sirida parchalanishi natijasida 560 *l* (normal sharoitda) hajmli $CaC_2$ asetilen ajralib chiqdi. Dastlabki kalsiy karbid namunasidagi $CaC_2$ ning massa ulushini hisoblang. *Javob:* 80%.

**12.3.** $Na_2CO_3 \cdot xH_2O$ kristallogidratdagi suvning massa ulushi 62,94% ni tashkil etadi. *x* ni aniqlang. *Javob:* 10.

**12.4.** Asbest minerali tarkibini $3MgSiO_3 \cdot CaSiO_3$ formula bilan ifodalash mumkin. Asbestdagi kremniy (IV) oksidning massa ulushini aniqlang. *Javob*: 58,68%.

**12.5.** Zumrad mineralidagi elementlarning massa ulushlari: 5,06% Be, 10,05% Al, 31,49% Si va 53,40% ga teng. Mineralning

formulasini aniqlang va uni metall oksidlari birikmasi ko'rinishida yozing. *Javob:* $3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.

**12.6.** 112 l hajmli (normal sharoitda) uglerod (IV) oksid olish uchun kalsiy karbonatning massa ulushi 80% bo'lgan ohaktosh moddasidan qancha miqdorda olish kerak? *Javob:* 5 mol.

**12.7.** Kimyoviy tenglamalar yordami bilan quyidagi o'zgarishlarni ko'rsating:

a) $CO_2 \rightarrow MgCO_3 \rightarrow Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3$

b) $SiO_2 \rightarrow \begin{cases} \rightarrow Si \rightarrow Mg_2Si \rightarrow SiH_4 \\ \rightarrow K_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3 \end{cases}$

**12.8.** Sanoatda kalsiy karbidni quyidagi sxemaga ko'ra olinadi:

$$CaO + C \rightarrow CaC_2 + CO$$

Massasi 2 t bo'lgan kalsiy karbid olish uchun qancha kalsiy oksid kerak bo'lishini hisoblang. Bunda normal sharoitda o'lchangan qancha hajm uglerod (II) oksid ajralib chiqadi? *Javob:* $CaO - 2,8$ t; $CO - 1120$ $m^3$.

**12.9.** $CaCO_3$ ning massa ulushi 95% dan iborat, massasi 2 t bo'lgan ohaktoshdan normal sharoitda o'lchangan qancha hajm uglerod (IV) oksid olish mumkinligini hisoblang. *Javob:* 424 $m^3$.

**12.10.** Kremniy olish uchun qaytaruvchi sifatida ko'pincha koks ishlatiladi. Jarayon tenglamasi:

$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO$$

Uglerodning koksdagi massa ulushi 90% dan iborat bo'lsa, massasi 20 kg bo'lgan koks yordamida qaytarilishi mumkin bo'lgan kremniy (IV) oksidning massasini aniqlang. *Javob:* 90 kg.

**12.11.** Massasi 25 g bo'lgan kalsiy karbonatga mo'l miqdor xlorid kislota ta'sir ettirib, massasi 10 g bo'lgan uglerod (IV) oksid olindi. Mahsulot unumini aniqlang. *Javob:* 90,9%.

**12.12.** Natriy gidroksidning massa ulushi 20% bo'lgan 10 g massali eritmasi orqali massasi 0,88 g bo'lgan uglerod (IV) oksid o'tkazilganda hosil bo'ladigan natriy karbonatning massasini hisoblang. *Javob:* 2,12 g.

**12.13.** Massasi 7 g bo'lgan kalsiy karbonat bilan HCl ning massa ulushi 20% ga teng, massasi 30 g bo'lgan xlorid kislota eritmasi o'zaro ta'siridan olinishi mumkin bo'lgan uglerod (IV) oksidning massasini hisoblang. *Javob:* 3,08 g.

**12.14**. Uglerod (IV) oksid bilan azot aralashmasi normal sharoitda 4,032 l hajmni egallaydi. Undagi gazlarning massa ulushlari teng. 2 l hajmdagi shu gazlar aralashmasini natriy gidroksidning massa ulushi 23% va massasi 20 g bo'lgan eritmasi orqali o'tkazilganda qanday tuz hosil bo'ladi?

*Yechish.* Gaz aralashmasi moddalarining umumiy miqdorini aniqlaymiz:

$$n(\text{aralashma}) = \frac{V(\text{aralashma})}{V_m};\ n(\text{aralashma}) = \frac{4{,}032}{22{,}4}\ \text{mol} = 0{,}18\ \text{mol}.$$

Aralashma massasini $t$ ga teng deb olib va $\omega(CO_2) = \omega(N_2) = 0{,}5$ deb hisoblab, aralashmadagi uglerod (IV) oksid moddasining miqdorini va massasini hisoblaymiz:

$$m(CO_2) = \omega(CO_2) \cdot m;\ \ m(CO_2) = 0{,}5\,m;$$

$$n(N_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)};\ \ n(CO_2) = \frac{0{,}5\,m}{44}.$$

Shunga o'xshash quyidagini olamiz:

$$m(N_2) = \omega(N_2) \cdot m;\ \ m(N_2) = 0{,}5\,m;$$

$$n(N_2) = \frac{m(N_2)}{M(N_2)};\ \ n(N_2) = \frac{0{,}5\,m}{28}.$$

$n$ (aralashma) $n(N_2) + n(CO_2)$ bo'lgani uchun quyidagini hosil qilamiz: $\frac{0{,}5\,m}{28} + \frac{0{,}5\,m}{44} = 0{,}18$.

Bundan gaz aralashmasining massasini topamiz:

$$m = 6{,}16\ \text{g}.$$

Gaz aralashmasi natriy gidroksid eritmasi orqali o'tkazilganda quyidagi reaksiyalardan bittasi bo'lishi mumkin:

agar $CO_2$ kam bo'lsa,

$$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O \qquad (a)$$

agar $CO_2$ mo'l bo'lsa,

$$CO_2 + NaOH = NaHCO_3 \qquad (b)$$

Aralashma tarkibidagi $CO_2$ moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(CO_2) = \frac{0{,}5\,m}{44};\ n(CO_2) = \frac{0{,}5 \cdot 6{,}16}{44}\ \text{mol} = 0{,}07\ \text{mol}.$$

Eritmadagi NaOH moddasining massasi va miqdorini hisoblaymiz:

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{eritma}) \cdot \omega(\text{NaOH});\ m(\text{NaOH}) = 20 \cdot 0{,}28\ \text{g} = 5{,}6\ \text{g}.$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})};\ n(\text{NaOH}) = \frac{0{,}5}{40}\ \text{mol} = 0{,}14\ \text{mol}.$$

Quyidagini olamiz:

$$\frac{n(CO_2)}{n(\text{NaOH})} = \frac{0{,}07}{0{,}14} = \frac{1}{2},$$

(a) reaksiya tenglamasiga to'g'ri keladi, binobarin, o'rta tuz — natriy karbonat hosil bo'ladi.

**12.15.** 2 $m^3$ hajmdagi havoni (normal sharoitda) kalsiy gidroksid eritmasi orqali o'tkazilganda massasi 3 g bo'lgan kalsiy karbonat hosil bo'ldi. Uglerod (IV) oksidning havodagi hajmiy ulushini aniqlang. *Javob:* 0,0336%.

**12.16.** CO va $CO_2$ gazlarining 48 ml hajmdagi aralashmasi mo'l miqdor kislorodda yondirilganda aralashmaning hajmi 6 ml kamaydi. Dastlabki aralashmadagi uglerod (II) oksidning massa ulushini hisoblang. Hamma hajmlar normal sharoitga keltirilgan.

*Yechish.* Ushbu aralashmani kislorodda yondirilganda faqat uglerod (II) oksid reaksiyaga kirishadi:

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

Modda miqdorlari bir xil bo'lganda, hamma gazlar bir xil sharoitda doimiy hajmni egallagani uchun hajmning 6 ml kamayishi 6 ml hajmdagi (normal sharoitda) kislorodning reaksiyaga kirishganini ko'rsatadi.

Aralashmadagi CO ning hajmini, $CO_2$ moddasining miqdorini va massasini aniqlaymiz:

$$\frac{V(CO)}{V(O_2)} = \frac{2}{1};\ V(CO) = 2V(O_2);\ V(CO) = 2 \cdot 6\ \text{ml} = 12\ \text{ml} = 0{,}012\ \text{l};$$

$$n(CO) = \frac{V(CO)}{V_m};\ n(CO) = \frac{0{,}012}{22{,}4}\ \text{mol} = 5{,}36 \cdot 10^{-4}\ \text{mol};$$

$$m(CO) = n(CO) \cdot M(CO);\ m(CO) = 5{,}36 \cdot 10^{-4} \cdot 28\ \text{g} = 0{,}015\ \text{g}.$$

Aralashmadagi $CO_2$ moddasining hajmini, miqdorini va $CO_2$ massasini hisoblaymiz:

$$V(CO_2) = V(\text{aralashma}) - V(CO);\ V(CO_2) = (48 - 12)\,\text{ml} = 36\,\text{ml} = 0{,}036\ \text{l};$$

$$n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m};\quad n(CO_2) = \frac{0{,}036}{22{,}4}\ \text{mol} = 1{,}608 \cdot 10^{-3}\ \text{mol};$$

$$m(CO_2) = n(CO_2) \cdot M(CO_2);\ m(CO_2) = 1{,}608 \cdot 10^{-3} \cdot 44\,\text{g} = 0{,}071\,\text{g}.$$

Uglerod (II) oksidning gaz aralashmasidagi massa ulushi quyidagidan iborat:

$$\omega(CO) = \frac{m(CO)}{m(CO) + m(CO_2)};\ \omega(CO) = \frac{0{,}015}{0{,}015 + 0{,}071} = 0{,}174 \text{ yoki } 17{,}4\%.$$

**12.17.** Hajmi 2,24 l (normal sharoitda) bo'lgan metan yondirilganda olingan hamma uglerod (IV) oksidni zichligi 1,35 g/ml va massa ulushi 32% bo'lgan 19,1 ml hajmdagi natriy gidroksidning eritmasi orqali o'tkazilganda qanday tuz hosil bo'ladi? Olingan eritmadagi tuzning massa ulushini aniqlang. *Javob:* $Na_2CO_3$; 35%.

**12.18.** Tarkibi $K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$ bo'lgan 300 kg massali shisha olish uchun massa ulushi 80% $K_2CO_3$ bo'lgan potashning massa ulushi 90% $CaCO_3$ bo'lgan bo'rning va massa ulushi 95% $SiO_2$ bo'lgan qumning qanday massasi olinishi kerak? *Javob:* 101,5 kg potash; 65,4 kg bo'r; 222,9 kg qum.

**12.19.** Natriy karbonat, natriy nitrat va natriy sulfat tuzlarining 41,8 g massali aralashmasiga $H_2SO_4$ ning massa ulushi 10% bo'lgan va massasi 98 g bo'lgan sulfat kislota eritmasi bilan qizdirib turib ishlov berildi. Bunda (normal sharoitda) 2,24 l hajmli gaz ajralib chiqdi. Olingan eritmaga bariy xlorid eritmasi qo'shilganda massasi 46,6 g bo'lgan cho'kma tushdi. Dastlabki aralashmadagi tuzlarning massasini aniqlang. *Javob:* 10,6 g $Na_2CO_3$; 17 g $NaNO_3$; 14,2 g $Na_2SO_4$.

**12.20.** Massasi 40 g bo'lgan kalsiy karbonatga mo'l miqdor xlorid kislota eritmasi ta'sir ettirib olingan gazni natriy gidroksid eritmasiga yuttirildi. Natijada natriy karbonat hosil bo'ldi. Hosil bo'lgan gazni yuttirishga sarflangan zichligi 1,22 g/ml va natriy gidroksidning massa ulushi 20% bo'lgan eritmasining hajmini hisoblang. *Javob:* 131,15 ml.

**12.21.** Massasi 150 g bo'lgan tabiiy ohaktoshni kremniy (IV) oksid bilan suyuqlantirilganda massasi 145 g bo'lgan kalsiy silikat

hosil bo'ldi. Tabiiy ohaktoshdagi kalsiy karbonatning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 83,3%.

**12.22.** Massasi 54 g bo'lgan ohaktosh kuydirilganda massasi 22 g ga kamayadi. Ohaktoshdagi kalsiy karbonatning massa ulushini hisoblang. *Javob:* 92,6%.

**12.23.** Massasi 19,6 g bo'lgan kalsiy oksid massasi 20 g bo'lgan koks bilan qizdirilganda massasi 16 g bo'lgan kalsiy karbid olindi. Agar uglerodning koksdagi massa ulushi 90% bo'lsa, kalsiy karbidning unumini aniqlang. *Javob:* 71,4%.

**12.24.** Massasi 20 g bo'lgan kremniy va ko'mir aralashmasiga mo'l miqdor konsentrlangan ishqor eritmasi bilan ishlov berildi. Reaksiya natijasida (normal sharoitda) 13,44 l hajmli vodorod ajralib chiqdi. Dastlabki aralashmadagi kremniyning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 42 %.

**12.25.** Kalsiy gidroksidning massa ulushi 0,148% bo'lgan 200 g massali eritmasi orqali uglerod (IV) oksid o'tkazilganda avval cho'kma hosil bo'ldi, so'ngra u eriy boshladi. Cho'kmaning hosil bo'lishi va to'liq erishi uchun eritma orqali o'tkazilishi kerak bo'ladigan normal sharoitda o'lchangan $CO_2$ ning eng kam hajmini aniqlang. Olingan eritma qaynatilganda qattiq moddaning qancha massasi cho'kmaga tushadi? *Javob:* 179,2 ml, hajm $CO_2$; cho'kma massasi 4g.

## 13. METALLARNING XOSSALARI

## Rudalar. Metallarning olinishi

**13.1.** Temir rudasi quyidagi tarkibga ega: magnetit $Fe_3O_4$ (massa ulushi 55%), ilmenit $FeTiO_3$ (massa ulushi 15%) va tarkibida temir va titan bo'lmagan boshqa moddalar. Massasi 300 kg bo'lgan shunday rudadan temir va titanning qanday massasini olish mumkin?

*Yechish.* Magnetit va ilmenitning massasini aniqlaymiz:

$$m(Fe_3O_4) = m(\text{ruda}) \cdot \omega(Fe_3O_4);\quad m(Fe_3O_4) = 300 \cdot 0,55\ \text{kg} = 165\ \text{kg};$$

$$m(FeTiO_3) = m(\text{ruda}) \cdot \omega(FeTiO_3);\quad m(FeTiO_3) = 300 \cdot 0,15\ \text{kg} = 45\ \text{kg}.$$

Magnetit va ilmenit moddalarining miqdorlari:

$$n(Fe_3O_4) = \frac{m(Fe_3O_4)}{M(Fe_3O_4)};\ n(Fe_3O_4) = \frac{165 \cdot 10^3}{232}\ \text{mol} = 711,2\ \text{mol};$$

$$n(FeTiO_3) = \frac{m(FeTiO_3)}{M(FeTiO_3)};\ n(FeTiO_3) = \frac{165 \cdot 10^3}{152}\ \text{mol} = 296,1\ \text{mol}$$

ni tashkil qiladi.

Moddalar formulasidan quyidagilar kelib chiqadi:

$$n_1(Fe)_3 = 3n(Fe_3O_4);\ n_1(Fe) = 3 \cdot 711,2\ mol = 2133,6\ mol;$$

$$n_2(Fe) = n(FeTiO_3);\ n_2(Fe) = 296,1\ mol.$$

Rudaning berilgan namunasidan olinishi mumkin bo'lgan temir moddasining umumiy miqdori quyidagidan iborat:

$$n(Fe) = n_1(Fe) + n_2(Fe);\ n(Fe) = (2133,6 + 296,1)\ mol = 2429,7\ mol.$$

Temirning massasini topamiz:

$$m(Fe) = n(Fe) + M(Fe);\ m(Fe) = 2429,7 \cdot 56\ g = 136063,2\ g \approx 136,1\ kg.$$

Ilmenit formulasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(Ti) = n(FeTiO_3);\ n(Ti) = 296,1\ mol.$$

Rudaning berilgan namunasidan olinishi mumkin bo'lgan titan massasini aniqlaymiz:

$$m(Ti) = n(Ti) \cdot M(Ti);\ m(Ti) = 296,1 \cdot 48\ g = 14212,8\ g \approx 134,21\ kg.$$

**13.2.** Mis rudasi tarkibida malaxit $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ va azurit $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ bor. Agar malaxitning massa ulushi 8,0%, azuritniki 3,6% bo'lsa, massasi 5 t bo'lgan rudadan qancha massali mis olish mumkin? Rudadagi misning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 330,5 kg; 6,61 %.

**13.3.** Marganes (II) sulfatning suvli eritmasini inert elektrod ishtirokida elektroliz qilib marganes olinadi. Agar anodda hajmi 16,8 l (normal sharoitda) kislorod yig'ilgan bo'lsa, olingan marganesning massasini aniqlang. Kislorod unumi miqdoriy, metall unumi esa 84% dan iborat ekanligini hisobga oling.

*Yechish.* Inert elektrod bilan marganes (II) sulfat eritmasining elektroliz tenglamasini tuzamiz. Eritmada tuz ionlarga dissotsilanadi:

$$MnSO_4 \rightleftarrows Mn^{2+} + SO_4^{2-}$$

Elektrodlardagi reaksiyalar:

$$\begin{array}{l} \text{katod } (-)\ Mn^{2+} + 2\bar{e} = Mn \quad | \ 2 \\ \text{anod } (+)\ 2H_2O - 4\bar{e} = 4H^+ + O_2 \ | \ 1 \end{array}$$

$$2Mn^{2+} + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Mn + 4H^+ + O_2$$

yoki

$$2MnSO_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektroliz}} 2Mn + 2H_2SO_4 + O_2.$$

Elektrolizda olingan kislorod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m};\ n(O_2) = \frac{16,8}{22,4}\ \text{mol} = 0,75\ \text{mol}.$$

Elektroliz tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(Mn)}{n(O_2)} = \frac{2}{1};\ n(Mn) = 2n(O_2);\ n(Mn) = 2 \cdot 0,75\ \text{mol} = 1,5\ \text{mol}.$$

Marganesning massasi:

$$m(Mn) = n(Mn) \cdot M(Mn);\ m(Mn) = 1,5 \cdot 55\ \text{g} = 82,5\ \text{g}.$$

Metall unumini hisobga olib, amalda olingan marganesning massasini topamiz:

$$m_r(Mn) = \frac{m(Mn) \cdot \eta}{100};\ m_r(Mn) = \frac{82,5 \cdot 84}{100}\ \text{g} = 69,3\ \text{g}.$$

**13.4.** Inert elektrodlar tushirilgan mis (II) sulfat eritmasi orqali doimiy elektr toki o'tkazilganda, eritmada kislota hosil bo'ldi. Shu kislotani to'liq neytrallash uchun zichligi 1,05 g/mol va massa ulushi 6% bo'lgan 16 ml hajmdagi kaliy gidroksidning eritmasi sarf bo'ldi. Katodda misning qanday massasi olingan? *Javob:* 2,88 t.

**13.5.** Massasi 60 g bo'lgan qo'rg'oshin (II) nitratning suvli eritmasini elektroliz qilib, qancha massa qo'rg'oshin olish mumkin? Eritmadagi tuzning massa ulushi 15 %. Elektrolizda normal sharoitda o'lchangan qancha hajm gaz ajralib chiqadi? *Javob:* 5,63 g qo'rg'oshin; 3,05 l kislorod.

**13.6.** Vanadiy (V) oksidni kalsiy metali bilan qaytarib vanadiy olinadi. $V_2O_5$ ning massa ulushi 85% ga teng bo'lgan 400 g massadagi konsentratni qaytarish natijasida qancha massa metall olish mumkin? Agar texnik kalsiy tarkibida kalsiy oksid qo'shimchasi bo'lsa, CaO ning massa ulushi 5% ni tashkil etsa, qaytarish uchun sarf bo'lgan texnik kalsiyning massasini aniqlang.

*Yechish.* Metallotermiya usuli bilan vanadiy olish reaksiyasi tenglamasini yozamiz:

$$V_2O_5 + 5Ca = 2V + 5CaO$$

$V_2O_5$ ning konsentratdagi massasini aniqlaymiz:

$$m(V_2O_5) = m\omega(V_2O_5);\ m(V_2O_5) = 400 \cdot 0,85\ \text{g} = 340\ \text{g}.$$

Vanadiy (V) oksid moddasining miqdorini hisoblaymiz:

$$n(V_2O_5) = \frac{n(V_2O_5)}{M(V_2O_5)};\ n(V_2O_5) = \frac{340}{182}\ \text{mol} = 1,87\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasi asosida quyidagini yozamiz:

$$\frac{n(V_2O_5)}{n(V)} = \frac{1}{2}; \quad n(V) = 2n(V_2O_5); \quad n(V) = 2 \cdot 1,87 \text{ mol} = 3,74 \text{ mol}.$$

Olinishi mumkin bo'lgan metallning massasini aniqlaymiz:

$$m(V) = n(V) \cdot M(V); \quad m(V) = 3,74 \cdot 51 \text{ g} = 190,7 \text{ g}.$$

Reaksiya tenglamasidan:

$$\frac{n(V_2O_5)}{n(Ca)} = \frac{1}{5}; \quad n(Ca) = 5n(V_2O_5); \quad n(Ca) = 5 \cdot 1,87 \text{ mol} = 9,35 \text{ mol}$$

ekanligi kelib chiqadi.

Qaytarish uchun kerak bo'lgan kalsiyning massasi:

$$m(Ca) = n(Ca) \cdot M(Ca); \quad m(Ca) = 9,35 \cdot 40 = 374 \text{ g}.$$

Texnik kalsiy tarkibida kalsiy oksid qo'shimchasi bor. Texnik metalldagi kalsiyning massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(Ca) = 1 - \omega(CaO); \quad \omega(Ca) = 1 - 0,05 = 0,95.$$

Jarayonni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan texnik metallning massasini topamiz:

$$n(\text{texn.met}) = \frac{m(Ca)}{\omega(Ca)}; \quad m(\text{texn.met}) = \frac{374}{0,95} \text{ g} = 393,7 \text{ g}.$$

**13.7.** Nikel (II) oksidni qaytarib, quyidagi reaksiyaga ko'ra nikel olinadi:

$$NiO + C = Ni + CO$$

Agar ko'mirdagi uglerodning massa ulushi 92% ni tashkil etsa va reaksiya uchun ikki hissa ko'p uglerod kerak bo'lsa, massasi 354 g bo'lgan nikel olish uchun qancha massa ko'mir kerak bo'ladi? *Javobi:* 156,5 g.

**13.8.** Tarkibida xalkozin $Cu_2S$ va mis bo'lmagan boshqa moddalar bor, massasi 16 t bo'lgan mis rudasidan 650 kg massadagi xomaki metall olindi. Agar xomaki metalldagi misning massa ulushi 98,4% ni tashkil etsa, rudadagi mis va xalkozinning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* mis 4%, xalkozin 5%.

**13.9.** Temir (II) oksid bilan temir (III) oksidning massasi 148 g bo'lgan aralashmasi vodorod bilan qaytarilganda massasi 112 g bo'lgan temir olindi. Aralashmadagi har qaysi oksidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* FeO 73%; $Fe_2O_3$ 27%.

**13.10.** 28 l hajmli po'lat ballonda 0°C temperaturada va 5065 kPa bosimda vodorod bor. Shu vodorod tarkibida volfram (VI) oksid va qaytarilmaydigan aralashmalar bo'lgan massasi 5,8 kg konsentratni qaytarish uchun yetadimi? Volfram (VI) oksidning konsentratdagi massa ulushi 80% ga teng. *Javob:* yetadi.

## Metallarning kimyoviy xossalari

**13.11.** Elektron balans usuli bilan metallar bilan kislotalarning o'zaro ta'sir etish reaksiyalarining quyidagi sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang.

a) $Al + HCl \rightarrow \ldots$

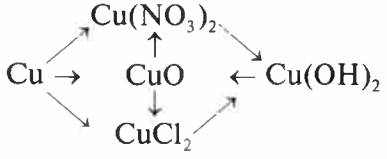
b) $Zn + H_2SO_4(kons.) \rightarrow \ldots$

d) $Ca + H_2SO_4(kons.) \rightarrow \ldots + H_2S + \ldots$

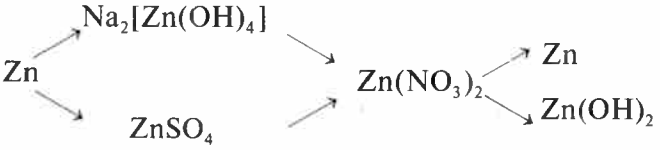
e) $Bi + HNO_3 \rightarrow Bi(NO_3)_3 + NO + H_2O$

**13.12.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a)




b)




**13.13.** Elektron balans usuli bilan quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang. Oksidlovchi va qaytaruvchilarni ko'rsating:

a) $Fe_3O_4 + Al \rightarrow Fe + Al_2O_3$

b) $Na[Au(CN)_4] + Zn \rightarrow Au + Na_2[Zn(CN)_4]$

d) $Mg + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + MgSO_4 + K_2SO_4 + H_2O.$

**13.14.** Massasi 12,2 g bo'lgan temir massasi 6,4 g bo'lgan oltingugurt bilan suyuqlantirildi. Olingan mahsulotga mo'l miqdor xlorid kislota qo'shildi. Ajralib chiqqan gaz mis (II) xloridning massa ulushi 15% bo'lgan 200 g massadagi eritmasi orqali o'tkazildi. Hosil bo'lgan cho'kmaning massasini aniqlang. *Javob:* 19,2 g.

**13.15.** Agar aralashmadagi nikelning massa ulushi 60,2% bo'lsa, massasi 49 g bo'lgan rux va nikel aralashmasini eritish uchun vodorod xloridning massa ulushi 20%, zichligi 1,1 g/ml bo'lgan eritmasining kerak bo'ladigan minimal hajmini aniqlang. *Javob:* 265,5 ml.

**13.56.** Massasi 1,32 g bo'lgan texnik ruxga mo'l miqdor sulfat kislota bilan ishlov berildi. Ajralib chiqqan vodorod normal sharoitda 448 ml hajmni egalladi. Texnik metalldagi ruxning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 98,5%.

**13.17.** Massasi 16 g bo'lgan temir, aluminiy va mis aralashmasi bor. Aralashmaning yarmiga mo'l miqdor konsentrlangan kaliy gidroksid eritmasini ta'sir ettirib, hajmi 3,36 l bo'lgan gaz olindi. Aralashmaning boshqa yarmiga mo'l miqdor xlorid kislota eritmasi qo'shildi. Bunda 4,48 l hajmli gaz ajralib chiqdi. Aralashmadagi metallarning massa ulushini aniqlang. Gaz hajmlari normal sharoitga keltirilgan.

*Yechish.* Kaliy gidroksid eritmasi bilan aralashmaning faqat bitta komponenti — aluminiy o'zaro ta'sirlashadi.

$$2Al + 2KOH + 10H_2O = 2K[Al(OH)_4(H_2O)] + 3H_2 \uparrow \qquad (a)$$

Ushbu reaksiyada ajralib chiqqan vodorod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n_a(H_2) = \frac{V_a(H_2)}{V_m}; \quad n_a(H_2) = \frac{3,36}{22,4}\,\text{mol} = 0,15\,\text{mol}.$$

(a) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(Al)}{n_a(H_2)} = \frac{2}{3}; \quad n(Al) = \frac{2}{3}n_a(H_2); \quad n(Al) = \frac{2 \cdot 0,15}{3}\,\text{mol} = 0,1\,\text{mol}.$$

Dastlabki namunaning yarmidagi, ya'ni 8 gramidagi aluminiy massasi:

$$m(Al) = n(Al) \cdot M(Al); \quad m(Al) = 0,1 \cdot 27 = 2,7\ \text{g}.$$

Xlorid kislota eritmasi bilan aluminiy va temir o'zaro ta'sirlashadi:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow \qquad (b)$$

$$Fe + 2HCl = FeCl_3 + H_2 \uparrow \qquad (d)$$

(b) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(\text{Al})}{n_b(\text{H}_2)} = \frac{2}{3};\quad n_b(\text{H}_2) = \frac{3}{2}n(\text{Al});\quad n_b(\text{H}_2) = \frac{3}{2}0{,}1\ \text{mol} = 0{,}15\ \text{mol}.$$

Bu vodorodning hajmi:

$$n_b(\text{H}_2) = n_b(\text{H}_2)\cdot V_m;\quad n_b(\text{H}_2) = 0{,}15\cdot 22{,}41 = 3{,}36\ \text{l}.$$

(d) reaksiyada ajralib chiqqan vodorodning hajmi quyidagidan iborat:

$$V_d(\text{H}_2) = V(\text{H}_2) - V_b(\text{H}_2);\quad V_d(\text{H}_2) = (4{,}48\cdot 3{,}36)\ \ 1 = 1{,}12\ \ \text{l}.$$

Bunda $1/(\text{H}_2)$ — massasi 8 g bo'lgan metall massasiga xlorid kislota ta'sir ettirganda ajralib chiqqan vodorodning hajmi, ya'ni (b) va (d) reaksiyalarda ajralib chiqqan vodorodning hajmi.

Temir bilan xlorid kislotaning o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan vodorod moddasining miqdorini hisoblaymiz:

$$n_d(\text{H}_2) = \frac{V_d(\text{H}_2)}{V_m};\quad n_d(\text{H}_2) = \frac{1{,}12}{22{,}4}\ \text{mol} = 0{,}05\ \text{mol}.$$

(d) tenglamasi asosida quyidagini yozamiz:

$$n(\text{Fe}) = n_d(\text{H}_2);\quad n(\text{Fe}) = 0{,}05\ \text{mol}.$$

Aralashma dastlabki namunasining yarmidagi temirning massasi quyidagidan iborat:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe})\cdot M(\text{Fe});\quad m(\text{Fe}) = 0{,}05\cdot 56 = 2{,}8\ \text{g}.$$

Aralashma dastlabki namunasining yarmidagi mis massasini aniqlaymiz:

$$m(\text{Cu}) = m\,(\text{aralashma}) - m(\text{Al}) - m(\text{Fe});$$
$$m(\text{Cu}) = (8 - 2{,}7 - 2{,}8)\,\text{g} = 2{,}5\,\text{g}.$$

Aralashmadagi metallarning massa ulushlarini aniqlaymiz:

$$\omega(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{m\,(\text{aralashma})};\quad \omega(\text{Al}) = \frac{2{,}7}{8} = 0{,}3375\ \text{yoki}\ 33{,}75\%;$$

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m\,(\text{aralashma})};\quad \omega(\text{Fe}) = \frac{2{,}8}{8} = 0{,}35\ \text{yoki}\ 35\%;$$

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{m\,(\text{aralashma})};\quad \omega(\text{Cu}) = \frac{2{,}8}{8} = 0{,}3125\ \text{yoki}\ 31{,}25\%.$$

**13.18.** Massasi 8,9 g bo'lgan magniy, aluminiy va temir aralashmasi bor. Aralashmaga sovuqda mo'l miqdor konsentrlangan nitrat kislota bilan ishlov berilganda reaksiyaga kirishmagan

qoldiqning massasi 4,1 g ni tashkil etdi. Shu qoldiqqa konsentrlangan ishqor eritmasi bilan ishlov berildi, bunda massasi 1,4 g bo'lgan aralashmaning bir qismi erimay qoldi. Aralashmadagi metallarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* 53,93% Mg; 30,34% Al; 15,73% Fe.

**13.19.** Nikel, rux va kumush metallari kukunlarining aralashmasi bor. Bu aralashmaning massasi 4,58 g bo'lgan bir qismiga konsentrlangan ishqor eritmasi bilan ishlov berildi va 224 ml hajm gaz olindi. Aralashmaning massasi 11,45 g bo'lgan yana bir qismiga suyultirilgan sulfat kislota bilan ishlov berildi. Bunda 2,24 l hajmni egallagan gaz ajralib chiqdi. Aralashmadagi metallarning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 38% Ni; 14,19% Zn; 47,16% Ag.

**13.20.** Aluminiy bilan noma'lum metall oksid kukunlarining aralashmasi bor, bunda metall +2 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Massasi 3,58 g bo'lgan bu aralashma namunasini ishqor eritmasiga solindi va shunday gaz olindiki, uning yonishidan massasi 1,08 g bo'lgan suv hosil bo'ldi. Qattiq qoldiqni eritish uchun zichligi 1,14 g/ml, massa ulushi 20% bo'lgan 25,8 ml hajmli sulfat kislota eritmasi sarf qilindi. Aluminiy bilan aralashmada yana qanday oksid bor? *Javob:* MgO.

## Qotishmalar. Intermetall birikmalar

**13.21.** Qalay bilan natriyning intermetall birikmasida natriyning massa ulushi 20,5% ga teng. Intermetall birikmaning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblash uchun massasi 100 g bo'lgan birikma namunasini tanlab olamiz. Natriy va qalay moddalarining massasini va miqdorini aniqlaymiz:

$$m(\text{Na}) = m\omega(\text{Na}); \quad m(\text{Na}) = 100 \cdot 0,205 \text{ g} = 20,5 \text{ g};$$

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})}; \quad n(\text{Na}) = \frac{20,5}{23} \text{ mol} = 0,89 \text{ mol};$$

$$m(\text{Sn}) = m - m(\text{Na}); \quad m(\text{Sn}) = (100 - 20,5) = 79,5 \text{ g};$$

$$n(\text{Sn}) = \frac{m(\text{Sn})}{M(\text{Sn})}; \quad n(\text{Sn}) = \frac{79,5}{119} \text{ mol} = 0,67 \text{ mol}.$$

Intermetall birikma tarkibiga kiradigan natriy va qalay moddalari miqdorlarining nisbatini topamiz:

$$n(\text{Na}) : n(\text{Sn}) = 0,89 : 0,67.$$

Tenglikning o'ng qismini 0,67 ga bo'lib quyidagini olamiz:

$$n(\text{Na}) : n(\text{Sn}) = 1,33 : 1.$$

Intermetall birikmalarning tarkibi odatda butun sonli koeffitsiyentlari bo'lgan formulalar bilan ifodalanadi. Butun sonlar bilan ifodalangan $n$(Na) va $n$(Sn) orasidagi nisbatni topish uchun tenglikning o'ng qismini 3 ga ko'paytirish kerak. U vaqtda:

$$n(\text{Na}) : n(\text{Sn}) = 3,99 : 3 = 4 : 3 \text{ bo'ladi.}$$

Shunday qilib, intermetall birikmaning formulasi $Na_4Sn_3$.

**13.22.** Agar kumushning massa ulushi 87% ni tashkil etsa, aluminiy bilan kumushning intermetall birikmasining formulasini aniqlang. *Javob:* $Ag_5Al_3$.

**13.23.** Temir bilan noma'lum metallning intermetall birikmasining tarkibi $Fe_5Me_{21}$ formula bilan ifodalanadi. Temirning birikmadagi massa ulushi 17% ni tashkil etadi. Temirning bu birikmasi tarkibiga qanday metall kiradi? *Javob:* rux.

**13.24.** Massasi 29,9 g bo'lgan intermetall $Na_4Pb$ birikma namunasi bor $Na_4Pb_3$ tarkibli birikmani olish uchun namunaga qancha massa qo'rg'oshin qo'shish kerak?

*Yechish.* $Na_4Pb$ birikmasidan $Na_4Pb_3$ birikmasiga o'tish jarayonini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$Na_4Pb + 8Pb = Na_4Pb_9$$

Dastlabki namunaga kirgan $Na_4Pb$ moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Na_4Pb) = \frac{m(Na_4Pb)}{M(Na_4Pb)}; \quad n(Na_4Pb) = \frac{29,9}{299}\,\text{mol} = 0,1\,\text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(Na_4Pb)}{n(Pb)} = \frac{1}{8}; \quad n(Pb) = 8n(Na_4Pb); \quad n(Pb) = 8 \cdot 0,1\,\text{mol} = 0,8\,\text{mol}.$$

Ko'rsatilgan birikmani olish uchun kerak bo'ladigan qo'rg'oshin massasini aniqlaymiz:

$$m(Pb) = n(Pb) \cdot M(Pb); \quad m(Pb) = 0,8 \cdot 207\ \text{g} = 165,6\ \text{g}.$$

**13.25.** Massasi 134,7 g bo'lgan $Na_4Sn_3$ tarkibli birikma olish uchun qalay va $Na_2Sn$ birikmasidan qancha massa olish kerak? *Javob:* 35,7 g Sn; 99 g $Na_2Sn$.

**13.26.** Massasi 112 g bo'lgan NaHg intermetall birikma namunasini olish uchun $Na_3Hg$ va $NaHg_2$ birikmalari suyuqlantirildi. Bu birikmalardan qancha massadan olingan? *Javob:* 27 g $Na_3Hg$; 85 g $NaHg_2$.

**13.27.** Massasi 62,1 g bo'lgan qo'rg'oshin va massasi 36 g bo'lgan magniy suyuqlantirildi. Qotishmada magniyning massa ulushi 18,8% ga teng bo'lgan intermetall birikmasi hosil bo'ldi. Olingan birikmaning massasi qanchaga teng?

*Yechish.* Olingan intermetall birikmaning massasini $m$ harfi bilan belgilaymiz. Reaksiyaga kirishgan qo'rg'oshin va magniy massasini aniqlaymiz:

$$m(\text{Pb}) = m\omega(\text{Pb}); \quad m(\text{Pb}) = m\,0,812 \text{ g};$$

$$m(\text{Mg}) = m\omega(\text{Mg}); \quad m(\text{Mg}) = m\,0,188 \text{ g}.$$

Qo'rg'oshin va magniy moddalarining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(\text{Pb}) = \frac{m(\text{Pb})}{M(\text{Pb})}; \quad n(\text{Pb}) = \frac{m\,0,812}{207} \text{ mol};$$

$$n(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})}; \quad n(\text{Mg}) = \frac{m\,0,188}{24} \text{ mol}.$$

Qo'rg'oshin va magniy moddalari miqdorining nisbatini topamiz:

$$n(\text{Pb}) : n(\text{Mg}) = \frac{m0,812}{207} : \frac{m\,0,188}{24} = 0,0039\,m : 0,0078\,m = 1 : 2,$$

ya'ni birikmaning formulasi $PbMg_2$, uning hosil bo'lish reaksiyasining tenglamasi esa

$$\text{Rb} + 2\text{Mg} = \text{PbMg}_2$$

Qotishma olish uchun olingan qo'rg'oshin va magniy moddalarining miqdorini aniqlaymiz:

$$n'(\text{Pb}) = \frac{m'(\text{Pb})}{M(\text{Pb})}; \quad n'(\text{Pb}) = \frac{62,1}{207} \text{ mol} = 0,3 \text{ mol};$$

$$n'(\text{Mg}) = \frac{m'(\text{Mg})}{M(\text{Mg})}; \quad n'(\text{Mg}) = \frac{36}{24} \text{ mol} = 1,5 \text{ mol}.$$

Binobarin, magniy mo'l miqdorda olingan. Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n'(\text{PbMg}_2) = n'(\text{Pb}); \; n'(\text{PbMg}_2) = 0,3 \text{ mol}.$$

Hosil bo'lgan intermetall birikmaning massasini aniqlaymiz:

$m'(PbMg_2) = n'(PbMg_2) \cdot M'(PbMg_2)$; $m'(PbMg_2) = 0,3 \cdot 255$ g = 76,5 g.

**13.28.** Magniy bilan surma intermetall birikma hosil qiladi, surmaning birikmadagi massa ulushi 78% ni tashkil etadi. Massasi 21,6 g bo'lgan magniy va massasi 89,6 g bo'lgan surma suyuqlantirilganda bu birikmaning qanday massasi hosil bo'ladi. *Javob:* 98,4 g.

**13.29.** Bronza turlaridan birining tarkibida mis (massa ulushi 85%), qalay (12%) va rux (3%) bor. Massasi 30 g bo'lgan bronza namunasiga konsentrlangan nitrat kislota ta'siridan azot (IV) oksid ajralib chiqdi. Normal sharoitda olingan gazning hajmini aniqlang. *Javob:* 19,8 *l.*

**13.30.** Qalay bilan qo'rg'oshinning qotishmasini tayyorlash zarur, unda qo'rg'oshinning massa ulushi 46,5% ga teng. Qalay (IV) oksid va qo'rg'oshin (II) oksidni ko'mir bilan qaytarib, massasi 44,5 g bo'lgan kerakli qotishma hosil bo'lishi uchun oksidlardan qanchadan massa olish kerak? *Javob:* 30,2 g $SnO_2$ va 22,3 g RbO.

## Standart elektrod potensiallari qatori*

**13.31.** Rux quyidagi suvli eritmalar bilan o'zaro ta'sir qiladimi: a) *1M* HCl; b) *1M* $NiSO_4$; d) *1M* $Mg(NO_3)_2$?

*Yechish.* Standart elektrod potensiallari qatoridan (5- ilovaga qarang) rux, vodorod, nikel va magniy elektrodlari potensiallarining qiymatini topamiz:

$$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0,76 \text{ V}^{**}, \quad E^0_{2H^+/H_2} = 0, \quad E^0_{Ni2+/Ni} = -0,25 \text{ V},$$

$$E^0_{Mg^{2+}/Mg} = -2,36 \text{ V}.$$

Rux elektrodining standart elektrod potensiali vodorod va nikel elektrodlarining standart elektrod potensiallaridan kichik, binobarin, rux xlorid kislota va nikel (II) sulfat eritmalari bilan o'zaro ta'sir qiladi:

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \uparrow$$

$$Zn + NiSO_4 = ZnSO_4 + Ni$$

---

* Bu nom o'quv adabiyotlarida foydalaniladigan elektrokimyoviy kuchlanish „qatori" terminiga qaraganda aniqroq.

**Birliklarning xalqaro belgilanishida volt B — V olingan.

Rux elektrodining standart elektrod potensiali magniy elektrodnikidan katta, binobarin, rux magniy tuzlari eritmalari bilan reaksiyaga kirishmaydi.

**13.32.** Quyidagi elektrolitlarning suvli eritmalari bilan temir reaksiyaga kirisha oladimi:

a) 1*M* KCl; b) 1*M* $MnSO_4$; d) 1*M* HCl; e) 1*M* $Cu(NO_3)_2$; f) 1*M* $ZnSO_4$? *Javob:* a, b, f — kirishmaydi; d, e — kirishadi.

**13.33.** Quyidagi tuzlar eritmasining aralashmasi bor: natriy sulfat, marganes (II) sulfat va mis (II) sulfat. Bu eritma elektroliz qilinganda qanday moddalar va qanday tartibda ajralib chiqadi?

*Yechish.* Standart elektrod potensiallari qatoriga qarab quyidagilarni aniqlaymiz: $E^0_{Na^{2}+/Na} = -2,71$ V, $E^0_{Mn^{2}+/Mn} = -1,18$ V, $E^0_{Cu^{2}+/Cu} = 0,34$ V.

Katodda elektrod potensiali ko'proq musbat qiymatli metall kationlari oson qaytariladi, ya'ni mis ionlari:

$$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$$

Misdan keyin marganes (II) kationlari marganes metalini hosil qilib qaytariladi:

$$Mn^{2+} + 2e^- = Mn$$

Suvli eritmada natriy kationini qaytarib bo'lmaydi. Shuning uchun $Mn^{2+}$ qaytarilishi tamom bo'lgandan so'ng faqat suvning zaryadsizlanishi sodir bo'ladi:

$$2H_2O + 2e^- = 2OH^- + H_2$$

Eritmada anionlarning faqat bir xili — sulfat ionlari bo'ladi. Bu ionlar suvli eritmalarda oksidlanmaydi, suv oksidlanishga uchraydi:

$$2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2$$

**13.34.** Magniy xlorid, nikel (II) sulfat, rux nitrat tuzlari eritmalarining aralashmalari elektroliz qilinganda elektrodlarda qaysi moddalar va qanday tartibda ajralib chiqadi?

**13.35.** Massasi 80 g bo'lgan rux plastinkasi qo'rg'oshin (II) nitrat eritmasiga tushirildi. Ma'lum vaqtdan so'ng plastinkaning massasi 94,2 g ga teng bo'lib qoldi. Ruxning qanday massasi eritmaga ionlar ko'rinishida o'tgan? Qo'rg'oshinning qanday massasi plastinkada o'tirgan?

*Yechish.* Standart elektrod potensiallar qatoridan $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0,76$ V, $E^0_{Pb^{2+}/Pb} = -0,13$ V ekanligini topamiz. Binobarin, rux qo'rg'oshin (II) nitrat eritmasi bilan o'zaro ta'sir etadi:

$$Zn + Pb(NO_3)_2 = Zn(NO_3)_2 + Pb$$

Quyidagi belgilarni kiritamiz: $m(Zn)$ va $m(Pb)$ — erigan ruxning va qo'rg'oshinning massalari; $m_1$ — plastinkaning dastlabki massasi, $m_2$ — plastinkaning oxirgi massasi.

Plastinka massasining o'zgarishi qo'rg'oshinning o'tirishi (massaning oshishi) va ruxning erishi (massaning kamayishi) bilan bog'liq. Binobarin:

$$m(Pb) - m(Zn) = m_2 - m_1;\ m(Pb) - m(Zn) = (94,2 - 80)\,g;$$

$$m(Pb) - m(Zn) = 14,2\,g. \qquad (a)$$

Reaksiyada ishtirok etgan rux va qo'rg'oshin moddalarining miqdorini aniqlaymiz;

$$n(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)};\quad n(Zn) = \frac{m(Zn)}{65}\ \text{mol};$$

$$n(Pb) = \frac{m(Pb)}{M(Pb)};\quad n(Pb) = \frac{m(Pb)}{207}\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan $n(Zn) = n(Pb)$ kelib chiqadi, binobarin,

$$\frac{m(Zn)}{65} = \frac{m(Pb)}{207}$$

(a) va (b) tenglamalar sistemasini yechib quyidagini topamiz:

$$m(Zn) = 6,5\ g,\ m(Pb) = 20,7\ g.$$

**13.36.** Marganesdan qilingan detal qalay (II) sulfat eritmasiga tushirildi. Biroz vaqtdan so'ng detal massasi 2,56 g ga oshdi. Elektrodga qalayning qanday massasi o'tirgan? Marganesning qanday massasi eritmaga o'tgan? *Javob:* 4,76 g Sn; 2,2 g Mn.

**13.37.** Massasi 73 g bo'lgan rux namunasi massasi 240 g bo'lgan nikel (II) sulfat eritmasiga botirilgan. Biroz vaqtdan so'ng namuna massasi 71,8 ga teng bo'lib qoldi. Reaksiyadan keyin eritmadagi rux sulfatning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 13,3%.

**13.38.** Rux plastinkasi qandaydir metall sulfat eritmasiga botirildi. Eritmaning massasi 50 g ga teng. Sulfatda metall +2 oksid-

lanish darajasiga ega. Biroz vaqtdan so'ng plastinka massasi 1,08 g ga ortdi. Bunda rux sulfatning eritmadagi massa ulushi 6,58% ga teng bo'lib qoldi. Plastinkada qanday metall ajralib chiqqan?

*Yechish.* Reaksiya tenglamasini quyidagi ko'rinishda ko'rsatish mumkin.

$$Zn + MeSO_2 = ZnSO_4 + Me$$

Plastinka massasi 1,08 g ortgan bo'lsa, u holda eritma massasi shunchaga kamaygan. Eritmaning reaksiyadan keyingi $m'$ massasini topamiz:

$$m' = m - \Delta m;\ \ m' = (50 - 1,08)\,g = 48,92\,g,$$

bunda $m$—reaksiyagacha bo'lgan eritmaning massasi; $\Delta m$ — reaksiya davomida eritma massasining o'zgarishi. Hosil bo'lgan rux sulfatning massasini topamiz:

$$m(ZnSO_4) - m'\omega(ZnSO_4);\ m(ZnSO_4) = 48,92 \cdot 0,0658\,g = 3,22\,g.$$

Rux sulfat moddasining miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$n(ZnSO_4) = \frac{m(ZnSO_4)}{M(ZnSO_4)};\ \ n(ZnSO_4) = \frac{3,22}{161}\ mol = 0,02\ mol.$$

Reaksiya tenglamasidan:

$$n(Zn) = n(ZnSO_4);\ \ n(Zn) = 0,02\ mol;$$
$$n(Me) = n(ZnSO_4);\ \ n(Me) = 0,02\ mol$$

ekanligi kelib chiqadi.

Binobarin, eritmaga 0,02 mol modda miqdorida rux o'tgan, elektrodda esa metall Me xuddi shuncha modda miqdorida o'tirgan.

Eritmaga o'tgan ruxning massasini aniqlaymiz:

$$m(Zn) = n(Zn) \cdot M(Zn);\ m(Zn) = 0,02 \cdot 65\,g = 1,3\,g.$$

Elektrodda ajralib chiqqan metallning massasini aniqlaymiz:

$$m(Me) = m(Zn) + \Delta m;\ m(Me) = (1,3 + 1,08)\,g = 2,38\,g.$$

Metallning molyar massasini hisoblaymiz:

$$M(Me) = \frac{m(Me)}{n(Me)};\ \ M(Me) = \frac{2,38}{0,02}\ g/mol = 119\,g/mol.$$

Elektrodda ajralib chiqqan metall — qalay.

**13.39.** Temir bo'lakchasi birikmalarda +1 oksidlanish darajasini namoyon qiladigan noma'lum metall nitrat eritmasiga tushirildi. Metall namunasining massasi 16 g ga ortdi. Olingan temir (II) nitrat eritmasi orqali mo'l miqdor vodorod sulfid o'tkazildi, bunda massasi 8,8 g bo'lgan temir (II) sulfid olindi.

Eritmadan qaysi metall ajratib olingan. *Javob:* kumush.

**13.40.** Massasi 248 g bo'lgan mis (II) sulfat eritmasiga massasi 20 g bo'lgan magniy kukuni solindi. Biroz vaqtdan so'ng metall cho'kma yig'ildi va quritildi. Uning massasi 28 g ni tashkil etdi. Olingan eritmadagi magniy sulfatning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 10%.

## 14. ASOSIY GRUPPACHANING METALLARI

### Ishqoriy metallar

**14.1.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

a) $Na \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow Na$

b) $KOH \rightarrow KHSO_4 \rightarrow K_2SO_3 \rightarrow KCl \rightarrow K$

Eritmalarda boradigan reaksiyalarning tenglamalarini ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda yozing.

**11.2.** Kaliyning kislorodli birikmasida metallning massa ulushi 44,8% ni tashkil etadi. Shu birikmaning eng oddiy formulasini aniqlang. *Javob:* $KO_3$.

**14.3.** KCN, $K_2SiO_3$, $Na_2HPO_4$ tuzlarining gidrolizlanish reaksiyalarining tenglamalarini qisqartirilgan ionli, ionli va molekular shakllarda yozing.

**14.4.** Natriy, kaliy va rubidiy atomlarining elektron va grafik elektron formulalarini yozing.

**14.5.** Zichligi 1,1 g/ml va hajmi 100 ml bo'lgan natriy karbonat eritmasiga mo'l miqdor xlorid kislota ta'sir ettirilganda normal sharoitda 2,016 l hajmni egallaydigan gaz ajralib chiqdi. Dastlabki eritmadagi natriy karbonatning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 8,67%.

**14.6.** Massasi 2,66 g bo'lgan ishqoriy metall mo'l miqdor molekular xlorga tushirildi. Olingan qattiq modda suvda eritildi, eritmaga mo'l miqdor kumush nitrat eritmasi qo'shildi. Bunda massasi 2,87 g bo'lgan cho'kma tushdi. Qaysi metall olingan edi? *Javob:* seziy.

**14.7.** Kaliyli o'g'it sifatida ishlatiladigan kul tarkibida kaliy karbonat—potash bor (massa ulushi 25%). Massasi 100 kg bo'lgan kulning o'rnini bosa oladigan kaliyli o'g'it sifatida ishlatiladigan kainit $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ ning massasini aniqlang. *Javob:* 90 kg.

**14.8.** Massasi 24 g bo'lgan natriy digidrofosfat olish uchun natriy gidroksidning massa ulushi 32% (zichligi 1,3 g/ml) bo'lgan eritmalardan qancha hajm kerak bo'ladi? *Javob:* ishqor eritmasi 18,5 ml; kislota eritmasi 328 ml.

**14.9.** Kaliy xloridning suvli eritmasi elektroliz qilinganda massasi 11,2 g bo'lgan kaliy gidroksid olindi. Ajralib chiqqan vodorod yondirilganda hosil bo'lgan suvning massasini aniqlang. *Javob:* 1,8 g.

**14.10.** Natriy karbonat va natriy gidrokarbonat aralashmasi bor. Massasi 60 g bo'lgan aralashma namunasi kuydirilganda massasi 2,7 g bo'lgan suv ajralib chiqdi. Aralashmadagi $Na_2CO_3$ va $NaHCO_3$ ning massa ulushini aniqlang. *Javob:* $Na_2CO_3$—58%, $NaHCO_3$—42%.

## Berilliy gruppachasi

**14.11.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

a) $Ca \rightarrow Ca(OH_2) \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH_2) \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Ca$

b) $MgCO_3 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg \rightarrow MgSO_4 \rightarrow Mg(NO_3)_2$

Eritmalarda boradigan reaksiyalarning tenglamalarini ionli, qisqartirilgan ionli shakllarda yozing.

**14.12.** Elektron balans metodi bilan quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sxemalariga koeffitsiyentlar tanlang.

a) $Mg + HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + N_2O + H_2O$.

b) $Ca + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + S + H_2O$.

d) $V_2O_5 + Ca \rightarrow V + CaO$.

Oksidlovchi va qaytaruvchini ko'rsating.

**14.13.** Kalsiy karbonatning massa ulushi 90% bo'lgan 1,5 t massali ohaktosh pechda kuydirildi. Qattiq qoldiqqa mo'l miqdor suv qo'shildi. Olingan kalsiy gidroksidning massasini aniqlang. *Javob:* 993 kg.

**14.14.** Massasi 46 g bo'lgan dolomit $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ namunasini eritish uchun zarur bo'lgan massa ulushi 25%, zichligi 1,15 g/ml nitrat kislota eritmasining hajmini aniqlang. *Javob:* 219 ml.

**14.15.** Qattiq suvning tarkibida kalsiy gidrokarbonat (massa ulushi 0,015%) va magniy gidrokarbonat (massa ulushi 0,005 %) bor. 10 l hajmdagi suvning qattiqligini yo'qotish uchun kalsiy gidroksidning qanday massasini qo'shish kerak? Suvning zichligini 1 kg/l ga teng deb qabul qilinsin.

*Yechish.* Olingan suv namunasining massasi quyidagidan iborat:

$$m = V \cdot \rho; \quad m = 10 \cdot 1\,\text{kg} = 10\,\text{kg} = 10^4\,\text{g}.$$

Suvdagi kalsiy va magniy gidrokarbonatlarning massasini aniqlaymiz:

$$m(Ca(HCO_3)_2) = m\omega(Ca(HCO_3)_2); \quad m(Ca(HCO_3)_2) = \\ = 10^4 \cdot 0,00015\,\text{g} = 1,5\ \text{g}.$$

$$m(Mg(HCO_3)_2) = m\omega(Mg(HCO_3)_2); \quad m(Mg(HCO_3)_2) = \\ = 10^4 \cdot 0,00005\,\text{g} = 0,5\ \text{g}.$$

Gidrokarbonat moddalarining miqdorini topamiz:

$$n[(Ca(HCO_3)_2)] = \frac{m(Ca(HCO_3)_2)}{M(Ca(HCO_3)_2)};$$

$$n[(Ca(HCO_3)_2)] = \frac{15}{162}\ \text{mol} = 9,26 \cdot 10^{-3}\,\text{mol};$$

$$n(Mg(HCO_3)_2) = \frac{m(Mg(HCO_3)_2)}{M(Mg(HCO_3)_2)};$$

$$n(Mg(HCO_3)_2) = \frac{0,5}{146}\ \text{mol} = 3,42 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}.$$

Kalsiy va magniy gidrokarbonatlarning kalsiy gidroksid bilan o'zaro ta'sir etish reaksiyalari tenglamalarini yozamiz:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 \downarrow + H_2O \qquad (a)$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCO_3 \downarrow + 2H_2O \qquad (b)$$

(a) tenglama asosida quyidagini yozamiz:

$$n_a(Ca(OH)_2) = n(Ca(HCO_3)_2); \ n_a(Ca(OH)_2) = 9,26 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}.$$

(b) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$n_b(Ca(OH)_2) = 2n(Mg(HCO_3)_2); \quad n_b(Ca(OH)_2) = \\ = 2 \cdot 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 6,84 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Suvning qattiqligini yo'qotish uchun kerak bo'ladigan kalsiy gidroksid moddasining umumiy miqdorini hisoblaymiz:

$$n(Ca(OH_2)) = n_a(Ca(OH)_2)) + n_b(Ca(OH_2));$$

$$n(Ca(OH)_2) = (9,26 + 6,84) \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,61 \cdot 10^{-2} \text{ mol}.$$

Talab etilgan kalsiy gidroksid massasini aniqlaymiz:

$$m(Ca(OH)_2) = n(Ca(OH)_2) \cdot M(Ca(OH)_2);$$

$$m(Ca(OH)_2) = 1,61 \cdot 10^{-2} \cdot 74 \text{ g} = 1,19 \text{ g}.$$

**14.16.** Suv karbonatsiz qattiqlikka ega: tarkibida kalsiy sulfat (massa ulushi 0,02%) va magniy sulfat (0,01%) bor. 100 *l* hajmdagi shunday suvning doimiy qattiqligini yo'qotish uchun natriy karbonatning (zichligi 1,16 g/ml) 15% li eritmasidan qancha hajm qo'shish kerak? Suvning zichligini 1 kg/*l* ga teng deb qabul qiling. *Javob:* 140 ml.

**14.17.** Massasi 200 kg bo'lgan ohaktoshdan ohakni so'ndirish uchun qancha hajm suv olish kerak? Suv uch barobar mo'l miqdorda kerak bo'ladi. Ohaktoshdagi kalsiy karbonatning massa ulushi 90%. Suvning zichligi 1 kg/*l* ga teng deb qabul qilinsin. *Javob:* 97,2 *l*.

**14.18.** Kalsiy xloridning massa ulushi 16% va zichligi 1,14 g/ml bo'lgan 150 ml hajmdagi eritmasini tayyorlash uchun kerak bo'ladigan kalsiy geksagidrat xloriddan $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ va suvdan qancha massadan olish kerak?

*Yechish.* Tayyorlanishi zarur bo'lgan eritmaning massasini aniqlaymiz:

$$m = V \cdot \rho; \; m = 150 \cdot 1,14 \text{ g} = 171 \text{ g}.$$

Eritma tayyorlash uchun zarur bo'lgan $CaCl_2$ massasini topamiz:

$$m(CaCl_2) = m\omega(CaCl_2); \quad m(CaCl_2) = 171 \cdot 0,16 \text{ g} = 27,36 \text{ g}.$$

Kalsiy xlorid moddasining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(CaCl_2) = \frac{m(CaCl_2)}{M(CaCl_2)}; \; n(CaCl_2) = \frac{27,36}{111} \text{ mol} = 0,2465 \text{ mol}.$$

Kalsiy geksagidrat xlorid $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ formulasidan:

$$m(CaCl_2 \cdot 6H_2O) = n(CaCl_2);\ n(CaCl_2 \cdot 6H_2O) = 0,2465 \text{ mol.}$$

kelib chiqadi.

Binobarin, eritma tayyorlash uchun kerak bo'ladigan kalsiy geksagidrat xloridning massasi quyidagidan iborat:

$$m(CaCl_2 \cdot 6H_2O) = n(CaCl_2 \cdot 6H_2O) \cdot M(CaCl_2 \cdot 6H_2O);$$
$$m(CaCl_2 \cdot 6H_2O) = 0,2465 \cdot 219 \text{ g.}$$

Suvning zarur bo'lgan massasini aniqlaymiz:

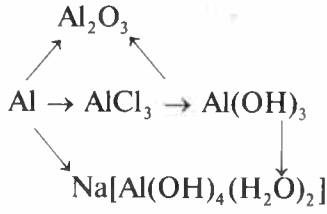
$$m(H_2O) = m - m(CaCl_2 \cdot 6H_2O); \quad m(H_2O) = (171 - 54) \text{ g} = 117\text{g}$$

**14.19.** Ohaktoshdagi kalsiy karbonatning massa ulushi 20% ni tashkil etadi. Massasi 20 kg bo'lgan kalsiy gidroksid (so'ndirilgan ohak) olish uchun ohaktoshning qanday massasi olinishi kerak? Amalga oshirilishi zarur bo'lgan reaksiya tenglamalarini yozing. *Javob:* 30 kg.

**14.20.** Massasi 20 g bo'lgan kalsiy karbonat, kalsiy fosfat va kalsiy oksid aralashmasiga mo'l miqdor nitrat kislota ta'sir ettirildi. Bunda 560 ml hajmli (normal sharoitda) gaz ajralib chiqdi va massasi 6,22 g bo'lgan qattiq modda qoldi. Dastlabki aralashmadagi moddalarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* kalsiy karbonatning massa ulushi 2,5%, kalsiy fosfatniki 31%, kalsiy oksidniki 56,5%.

## Aluminiy

**14.21.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:




*Yechish.* 1. Aluminiy xlorid aluminiy bilan xlorid kislotaning o'zaro ta'siridan olinishi mumkin:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$$

2. Aluminiy gidroksid olish uchun yaxshisi $AlCl_3$ eritmasiga ammiakning $NH_4OH$ suvli eritmasini qo'shish kerak (ishqor mo'l miqdor qo'shilganda, gidroksid erib ketadi):

$$AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$

3. Aluminiy gidroksid kuchli qizdirilganda aluminiy oksid hosil bo'ladi:

$$2Al + (OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

4. $Al_2O_3$ suyuqlanmasini elektroliz qilib aluminiy olinadi, u yuqori temperaturada ionlarga dissotsilanadi:

$$Al_2O_3 \rightleftarrows Al^{3+} + AlO_3^{3+}$$

Elektroliz tenglamasi:

$$\begin{array}{l|l} \text{katod } (-)\ Al^{3+} + 3\bar{e} = Al & 4 \\ \text{anod } (+)\ 4AlO_3^{3-} - 12\bar{e} = 2Al_2O_3 + 3O_2 & 1 \end{array}$$

$$4Al^{3+} + 4AlO_3^{3-} \xrightarrow{\text{elektroliz}} 4Al + 2Al_2O_3 + 3O_2$$

yoki

$$4Al_2O_3 \xrightarrow{\text{elektroliz}} 4Al + 2Al_2O_3 + 3O_2$$

Nihoyat, quyidagini olamiz:

$$2AlO_2 \xrightarrow{\text{elektroliz}} 4Al + 3O_2$$

5. Aluminiy gidroksid ishqorlarning suvli eritmalari bilan o'zaro ta'sir etadi:

$$Al(OH)_3 + NaOH + 2H_2O = Na[Al(OH)_4(H_2O)_2]$$

6. Aluminiy metall ishqorlarning suvli eritmalarida vodorod ajralib chiqishi bilan erishi mumkin.

$$2Al + 2NaOH + 10H_2O = 2Na[Al(OH)_4(H_2O)_2] + 3H_2 \uparrow$$

**14.22.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini molekular va qisqartirilgan ionli shakllarda yozing:

$$Al_2(SO_4)_3 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow Al$$

X va Y moddalarning nomini ayting. *Javob:* X — aluminiy gidroksid, Y— aluminiy oksid.

**14.23.** Bariy oksidni aluminotermik qaytarib bariy olinadi. Massasi 600 g bo'lgan oksid konsentrati BaO ning massa ulushi 91,8%, massasi 100 g bo'lgan texnik aluminiy (aluminiyning massa ulushi 98,55%) bilan o'zaro ta'sir etishidan bariyning qancha massasi olinadi?

*Yechish.* Bariyning aluminiy bilan o'zaro ta'sir reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$3BaO + 2Al = 3Ba + Al_2O_3$$

Reaksiya uchun olingan bariy oksid moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$m(BaO) = m(\text{konsentrat}) \cdot \omega(BaO); \quad \omega(BaO) = 600 \cdot 0,918\ g = 550,8\ g;$$

$$n(BaO) = \frac{m(BaO)}{M(BaO)}; \quad n(BaO) = \frac{550,8}{153}\ \text{mol} = 3,6\ \text{mol}.$$

Reaksiya uchun olingan aluminiy massasini va uning modda miqdorini topamiz:

$$m(Al) = m(\text{texn.met}) \cdot \omega(Al); \quad m(Al) = 100 \cdot 0,9855\ g = 98,55\ g;$$

$$n(Al) = \frac{m(Al)}{M(Al)}; \quad n(Al) = \frac{98,55}{27}\ \text{mol} = 3,65\ \text{mol}.$$

Modda miqdori 3,6 mol bo'lgan bariy oksid bilan boradigan reaksiyasi uchun aluminiy moddasining qanday miqdori $n'(Al)$ kerakligini hisoblaymiz. Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(BaO)}{n'(Al)} = \frac{3}{2}; \quad n'(Al) = \frac{2}{3}n(BaO); \quad n'(Al) = \frac{2 \cdot 3,6}{3}\ \text{mol} = 2,4\ \text{mol}.$$

Binobarin, reaksiya uchun aluminiy mo'l miqdorda olingan.

Olingan bariy moddasining miqdori va massasini aniqlaymiz. Reaksiya tenglamasi asosida quyidagini yozamiz:

$$n(Ba) = n(BaO); \quad n(Ba) = 3,6\ \text{mol};$$
$$m(Ba) = n(Ba) \cdot M(Ba); \quad m(Ba) = 3,6 \cdot 137\ g = 493,2\ g.$$

**14.24.** Vanadiy (V) oksiddan $V_2O_5$ massasi 15,3 kg bo'lgan vanadiyni aluminotermik usul bilan olish uchun kerak bo'ladigan texnik aluminiyning (massa ulushi 98,4%) massasini aniqlang. *Javob:* 13,7 kg.

**14.25.** Aluminotermik usulda xrom olish uchun kerak bo'lgan xomashyo tarkibida xrom (III) oksiddan tashqari massa ulushi 20% ga teng bo'lgan turli qo'shimchalar bor. Massasi 36 g bo'lgan shunday xomashyoga massasi 10 g bo'lgan texnik aluminiy qo'shilgan va qaytarilish reaksiyasi amalga oshirildi. Texnik metalldagi aluminiyning massa ulushi 97,2 %, xromning unumi esa — 75% bo'lsa, xromning qanday massasi hosil bo'lgan? *Javob:* 14,04 g.

**14.26.** Aluminiydan (massa ulushi 21,6%), aluminiy oksiddan (10,4%) va aluminiy gidroksiddan (68%) tarkib topgan 200 g massali aralashmani eritish uchun kaliy gidroksidning massa ulushi 22% va zichligi 1,2 g/ml bo'lgan eritmasidan eng kamida qancha hajm olish kerak bo'ladi? *Javob:* 1,754 *l.*

**14.27.** Aluminiy oksid suyuqlanmasini elektroliz qilib aluminiy olinadi. Anodda ajralib chiqayotgan kislorod grafitli anodni oksidlaydi, bunda uglerod (IV) oksid hosil bo'ladi. Agar reaksiya natijasida anodda normal sharoitda 67,2 l hajm gaz yig'ilgan bo'lsa, aluminiyning qancha massasi olingan bo'ladi? *Javob:* 108 g.

**14.28.** Aluminiy, rux va mis qirindilarining aralashmasi bor. Massasi 8 g bo'lgan aralashma namunasiga mo'l miqdor konsentrlangan nitrat kislota bilan ishlov berilgandan so'ng, qattiq qoldiq massasi 1,52 g ni tashkil etdi. Massasi 3 g bo'lgan shu aralashma namunasini mo'l miqdor konsentrlangan ishqor eritmasiga solindi, erimaydigan qoldiqning massasi 0,6 g ni tashkil etdi. Aralashmadagi metallarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* 19% Al; 61% Zn; 20% Cu.

**14.29.** Suvda massasi 23,7 g bo'lgan alumokaliyli achchiqtosh $KAl(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ eritildi. Eritmaga natriy gidroksidning massa ulushi 20% va zichligi 1,22 g/ml bo'lgan 24,6 ml hajmdagi eritmasi qo'shildi. Aluminiyning qanday birikmalari hosil bo'ladi? Ularning massasini aniqlang.

*Yechish.* Kaliy-aluminiy gidrosulfatning natriy gidroksid bilan o'zaro ta'sir etishida quyidagi reaksiya sodir bo'lishi mumkin:

$$2KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O + 6NaOH = K_2SO_4 + 2Al(OH)_3 + \\ +3Na_2SO_4 + 24H_2O \qquad (a)$$

Agar natriy gidroksid mo'l miqdor olingan bo'lsa, hosil bo'layotgan aluminiy gidroksidning erishi sodir bo'ladi:

$$Al(OH)_3 + NaOH + 2H_2O = Na[Al(OH)_4(H_2O)_2] \qquad (b)$$

Kristallogidrat moddasining dastlabki miqdorini aniqlaymiz:

$$n[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O] = \frac{m[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]}{M[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]};$$

$$n[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O] = \frac{23,7}{474}\,\text{mol} = 0,05\ \text{mol}.$$

(a) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]}{n(NaOH)} = \frac{2}{6};\ n(NaOH) = 3n[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O];$$

$$n(NaOH) = 3 \cdot 0,05\,\text{mol} = 0,15\ \text{mol}.$$

Natriy gidroksid eritmasining massasini aniqlaymiz:

$$m = V \cdot \rho;\ m = 24,6 \cdot 1,22\,\text{g} = 30,0\,\text{g}.$$

Eritma tarkibidagi natriy gidroksid moddasining massasi va miqdorini hisoblaymiz:

$$m'(NaOH) = m\omega(NaOH);\quad m'(NaOH) = 30 \cdot 0,2\,\text{g} = 6\ \text{g};$$

$$n'(NaOH) = \frac{m'(NaOH)}{M(NaOH)};\quad n'(NaOH) = \frac{6}{40}\ \text{mol} = 0,15\ \text{mol}.$$

Shunday qilib, eritma tarkibida (a) reaksiyani amalga oshirish uchun zarur bo'lgan miqdorda natriy gidroksid bor deb hisoblansa [$n'(NaOH) = n(NaOH)$], ya'ni aluminiy gidroksid hosil bo'ladi.

Hosil bo'lgan aluminiy gidroksid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Al(OH)_3) = n[KA(SO_4)_2) \cdot 12H_2O];\ n[Al(OH)_3] = 0,05\ \text{mol}.$$

Cho'kmaga tushgan aluminiy gidroksidning massasini topamiz:

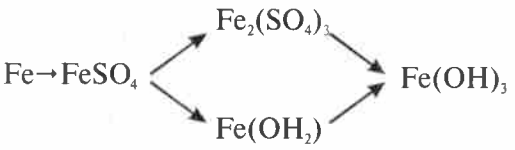
$$n(Al(OH)_3)_2 = n(Al(OH)_3) \cdot M(Al(OH)_3);\ m[Al(OH)_3] = 0,05 \cdot 78\text{g} = 3,9\,\text{g}.$$

**14.30.** Tarkibida massasi 32 g aluminiy xlorid bo'lgan eritmaga tarkibida massasi 33 g kaliy sulfid bo'lgan eritma quyildi. Qanday cho'kma hosil bo'ladi? Cho'kmaning massasini aniqlang. *Javob:* 15,6 gramm massali $Al(OH)_3$.

## 15. QO'SHIMCHA GRUPPACHALARNING METALLARI

### Temir

**15.1.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.




Eritmalarda boradigan reaksiyalarning tenglamalarini qisqartirilgan ionli shaklda tasvirlang.

*Yechish.* 1. Temir suyultirilgan sulfat kislotada temir (II) sulfat hosil qilib eriydi:

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2 \uparrow$$

Qisqartirilgan ionli shakldagi tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2 \uparrow$$

2. Temir (II) sulfatni temir (III) sulfatgacha qandaydir oksidlovchi bilan oksidlash mumkin, masalan, sulfat kislota ishtirokida kaliy permanganat $KMnO_4$ bilan:

$$10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} \overset{+2}{2Fe} + 2\bar{e} = \overset{+3}{2Fe} & 5 \\ \overset{+7}{Mn} + 5\bar{e} = \overset{+2}{Mn} & 2 \end{array}$$

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + MnO^{2+} + 4H_2O.$$

3. Temir (III) sulfatga ishqor eritmasi qo'shilsa, temir (III) gidroksid cho'kmaga tushadi:

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6KOH = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3K_2SO_4$$

yoki

$$Fe^{3+} + 3\overline{OH} = Fe(OH)_3 \downarrow$$

4. Xuddi shunga o'xshash temir (II) gidroksid olinadi:

$$FeSO_4 + 2KOH = Fe(OH)_2 \downarrow + K_2SO_4$$

$$Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2 \downarrow .$$

5. Temir (II) gidroksid suv ishtirokida havodagi kislorod bilan temir (III) gidroksidgacha oson oksidlanadi:

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$$

$$\begin{array}{l|l} \overset{+2}{Fe} - 2\bar{e} = \overset{+3}{Fe} & 4 \\ \overset{0}{O_2} + 4\bar{e} = 2\overset{-2}{O} & 1 \end{array}$$

**15.2.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$Fe(NO_3)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe \begin{array}{l} \nearrow FeCl_2 \rightarrow FeS \\ \searrow FeCl_3 \end{array}$$

Elektrolitlarning suvli eritmalarida boradigan reaksiyalarning tenglamalarini qisqartirilgan ionli shaklda yozing.

**15.3.** Temir karbidda uglerodning massa ulushi 6,57% ni tashkil etadi. Temir karbidning formulasini aniqlang. *Javob:* $Fe_3C$.

**15.4.** Birikma tarkibiga kiradigan moddalarning massa ulushlari: kristallizatsiya suvi 40,10%, temir 13,86%, azot 10,40%, kislorod kristallizatsiya suvi tarkibiga kiradigan kislorodni hisobga olmaganda 36,64% ga teng bo'lsa, shu birikmaning formulasini aniqlang. *Javob:* $Fe[NO_3)_3 \cdot 9H_2O$.

**15.5.** Massasi 11,6 g bo'lgan temir oksidni metallgacha qaytarish uchun 4,48 *l* hajm (normal sharoitda) vodorod sarflandi. Temir oksidning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Oksid formulasini $Fe_xO_y$ ko'rinishida tasavvur qilamiz, bu yerda $x = n(Fe)$, $y = n(O)$— oksid namunasidagi moddaning miqdori 1 mol bo'lgandagi atomar temir va atomar kislorod moddalarining miqdori.

Temir oksidning vodorod bilan qaytarilish reaksiyasining tenglamasini tuzamiz:

$$Fe_xO_y + yH_2 = xFe + yH_2O$$

Oksidning molyar massasi: $M(Fe_xO_y) = (56x+16y)$ g/moldan iborat.

Qaytarish uchun olingan, oksid moddaning miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Fe_xO_y) = \frac{n(Fe_xO_y)}{M(Fe_xO_y)}; \quad n(Fe_xO_y) = \frac{11,6}{56x+16y}.$$

Reaksiyaga sarflangan vodorod modda miqdorini topamiz:

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m}; \quad n(H_2) = \frac{4,48}{22,4} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}.$$

kelib chiqadi.

Bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{x}{y} = \frac{8,4}{11,2} = \frac{1}{1,333} = \frac{3}{4}.$$

Binobarin, oksid tarkibi $Fe_3O_4$ formula bilan ifodalangan bo'lishi mumkin.

**15.6.** Tarkibida massasi 3,81 g temir xlorid bo'lgan eritmaga ammiakning suvli eritmasini ta'sir ettirilganda massasi 2,70 g bo'lgan temir gidroksid olindi. Temir xloridning formulasini aniqlang. *Javob:* $FeCl_2$.

**15.7.** Massasi 14,64 g bo'lgan temir (II) oksid va temir (III) oksid aralashmasini eritish uchun nitrat kislotaning massa ulushi 30%, zichligi 1,18 g/ml bo'lgan eritmasidan 89 ml hajm sarflandi. Aralashmadagi oksidlarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:*

$$FeO - 34,4\%; \quad Fe_2O_3 - 65,6\%.$$

**15.8.** Massasi 20,4 g bo'lgan temir plastinka mis (II) sulfat eritmasiga tushirildi. Plastinka massasi 22,0 g ga teng bo'lgan vaqtda eritmaga temirning qanday massasi o'tgan? *Javob:* 11,2 g.

**15.9.** Tarkibida massasi 24 g kumush nitrat bo'lgan eritma bilan massasi 2,8 g bo'lgan temir namunasining o'zaro ta'siridan olingan kumushni eritish uchun kerak bo'ladigan massa ulushi 80% va zichligi 1,45 g/ml bo'lgan nitrat kislota eritmasining eng kam hajmini aniqlang. *Javob:* 108,6 ml.

**15.10.** Massasi 32 g bo'lgan temir oksid namunasi metallgacha uglerod (II) oksid bilan qaytarildi. Agar reaksiyaga kirishgan SO ning hajmi normal sharoitda 13,14 *l* ni tashkil etsa, temir oksidning formulasini aniqlang. *Javob:* $Fe_2O_3$.

**15.11.** Massasi 8 g bo'lgan temir (II) oksid va temir (III) oksid aralashmasi mo'l miqdor sulfat kislotada eritildi. Hosil qilingan eritma bilan yana reaksiya davom ettirish uchun kaliy permanganatning massa ulushi 5% bo'lgan 31,6 g massali eritma sarf qilindi. Dastlabki aralashmadagi oksidlarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* $FeO - 45\%$; $Fe_2O_3 - 55\%$.

**15.12** Massasi 120 g bo'lgan temir (III) oksidni qisman qaytarish uchun 5,6 *l* hajm (normal sharoitda) vodorod sarflandi.

Reaksiya natijasida temirning qanday oksidi hosil bo'lgan? *Javob:* $Fe_3O_4$.

**15.13.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini molekular va qisqartirilgan ionli shakllarda tuzing:

$$Fe \rightarrow X \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(NO_3)_3$$

X va Y moddalarning nomini ayting. *Javob:* X — temir (II) xlorid yoki temir (II) sulfat; Y — $Fe(OH)_3$.

**15.14.** 22,4 g massali temir bilan 15,68 l hajmli (normal sharoitda) xlor o'rtasidagi reaksiya natijasida temir (III) xlorid olindi va uni massasi 500 g bo'lgan suvda eritildi. Hosil qilingan eritmadagi $FeCl_3$ ning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 7,85%.

**15.15.** 14 g massali temir 4,8 g massali oltingugurt bilan suyuqlantirildi. Olingan moddalar aralashmasiga mo'l miqdor xlorid kislota qo'shildi. Bunda qanday gazlar hosil bo'ladi? Shu gazlarning normal sharoitda o'lchangan hajmlarini aniqlang. *Javob:* 2,24 l hajmli $H_2$; 3,36 l hajmli $H_2S$.

## Cho'yan va po'lat

**15.16.** Massasi 7,27 g bo'lgan temir bilan uglerod qotishmasi sulfat kislotada eritildi. Ajralib chiqqan vodorodning hajmi normal sharoitda 2,8 *l* ni tashkil etdi. Temirning qanday qotishmasi olingan edi? Qotishmadagi uglerodning massa ulushini aniqlang. *Javob:* cho'yan 3,7% C.

**15.17.** Po'latni legirlash uchun suyuqlanmaga titan qo'shish talab etiladi, suyuqlanmada titanning massa ulushi 0,12% ni tashkil etsin. Metallarning ferrotitandagi massa ulushlari: titan — 30%, temir 70% ni tashkil qilsa, massasi 500 g bo'lgan po'lat suyuqlanmasiga ferrotitan qotishmasining qanday massasi qo'shilishi kerak?

*Yechish.* Talab etiladigan ferrotitanning massasini — $x$, ya'ni $t$ (ferrotitan) = $x$ kg deb belgilaymiz. U holda titanning massasi quyidagidan iborat bo'ladi:

$$m(\text{Ti}) = m(\text{ferrotitan}) \cdot \omega(\text{Ti}); \quad m(\text{Ti}) = 0,3x \text{ kg}.$$

Suyuqlanmaga ferrotitan qo'shilgandan keyin po'latning massasini topamiz:

$$m'(\text{po'lat}) = m(\text{po'lat}) + m(\text{ferrotitan}); \; m(\text{po'lat}) = (500 + x) \text{ kg},$$

bu yerda $m$ (po'lat) — dastlabki po'lat suyuqlanmasining massasi.

Olingan qotishmadan titanning massa ulushi quyidagidan iborat:

$$\omega(\text{Ti})\ \frac{m(\text{Ti})}{m(\text{po'lat})}.$$

$\omega(\text{Ti}) = 0,0012$ ekanligini hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$0,0012 = \frac{0,3x}{500+x}.$$

Olingan tenglamani yechib, $x = 2,01$ ni topamiz, ya'ni suyuqlanmaga qo'shiladigan ferrotitanning massasi 2,01 kg ni tashkil qiladi.

**15.18.** Ferromarganes qotishmasi komponentlarining massa ulushlari quyidagiga teng: marganes 75%, temir 17%, uglerod 6%, kremniy 2%. Marganesning po'latdagi massa ulushi 2% bo'lishi uchun massasi 1 t bo'lgan po'latga qo'shilishi kerak bo'lgan ferromarganesning massasini aniqlang. Ferromarganes tarkibidagi uglerod va kremniy po'lat suyuqlantirilganda chiqarib yuborilishini hisobga oling. *Javob:* 27,34 kg.

**15.19.** Ferrovanadiy qotishmasi tarkibida temir (massa ulushi 55%) va vanadiy (45%) bor. Vanadiyning massa ulushini 0,4% dan 1,2% gacha oshirish uchun massasi 200 kg bo'lgan po'latga ferrovanadiyning qancha massasini qo'shish kerak?

*Yechish.* Po'latga qo'shiladigan ferrovanadiy massasini $x$ harfi bilan belgilaymiz, ya'ni $m$ (ferrovanadiy) $= x$ kg. Ushbu qotishmadagi vanadiy massasi $m_1(\text{V})$ quyidagiga teng:

$$m_1(\text{V}) = m\,(\text{ferrovanadiy}) \cdot \omega_1(\text{V}) = 0,45x \text{ kg} \cdot m_1(\text{V}) = 0,45x \text{ kg}.$$

Shuningdek, po'latning dastlabki namunasida vanadiy bor, uning massasi $m_2(\text{V})$ quyidagidan iborat:

$$m_2(\text{V}) = m\,(\text{po'lat}) \cdot \omega_2(\text{V});\ m_2(\text{V}) = 200 \cdot 0,004 \text{ kg} = 0,8 \text{ kg}.$$

Ferrovanadiy qo'shilgandan keyingi qotishmadagi vanadiyning umumiy massasini aniqlaymiz:

$$m(\text{V}) - m_1(\text{V}) + m_2(\text{V});\ m(\text{V}) = (0,45x + 0,8) \text{ kg}.$$

Ferrovanadiy qo'shilgandan keyingi qotishmaning massasini topamiz:

$$m'(\text{po'lat}) = m(\text{po'lat}) + m\,(\text{ferrovanadiy});\ m'(\text{po'lat}) = (200 + x) \text{ kg}.$$

Suyuqlanmadagi vanadiyning massa ulushi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\omega(V)\frac{m(V)}{m'(po'lat)},$$

$\omega(V) = 0{,}012$ ekanligini hisobga olib quyidagini hosil qilamiz:

Hosil qilingan tenglamani yechib, $x = 3{,}65$ ni topamiz, ya'ni po'latga massasi 3,65 kg ferrovanadiyni qo'shish kerak.

**15.20.** Cho'yandagi uglerodning massa ulushi 3,6% dan iborat. Qotishmadagi uglerod birikmasida temir karbid $Fe_3C$ ko'rinishida bo'ladi. Cho'yandagi temir karbidning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 54%.

## Xrom

**15.21.** Xrom birikmalari ishtirok etadigan quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari sxemalariga elektron balans usuli bilan koeffitsiyentlar tanlang:

a) $Cr_2(SO_4)_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow Na_2CrO_4 + NaBr + Na_2SO_4 + H_2O$

b) $KI + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

d) $SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow SnCl_4 + CrCl_3 + KCl + H_2O$

e) $Cr(NO_3)_3 + KMnO_4 + HNO_3 \rightarrow H_2Cr_2O_7 + Mn(NO_3)_2 + KNO_3 + H_2O$

f) $Na_2S + Na_2CrO_4 + H_2O \rightarrow S + Na[Cr(OH)_4(H_2O)_2] + NaOH$

Qaysi reaksiyalarda xrom birikmalari oksidlovchi, qaysilarida qaytaruvchi ekanligini ko'rsating.

**15.22.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun o'tkaziladigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) $Cr \rightarrow CrCl_2 \rightarrow Cr(OH)_2 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow Cr$

b) $Na_2CrO_4 \rightarrow Na_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow K[Cr(OH)_4(H_2O)_2]$

d) $K_2Cr_2O_7 \rightarrow CrO_3 \rightarrow Cr_2O_3 \rightarrow NaCrO_2 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3$

e) $Cr(NO_3)_3 + K_2Cr_2O_7 \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow BaCrO_4$

f) $K_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 \rightarrow Cr \rightarrow CrSO_4$

Elektrolitlarning suvli eritmalarda boradigan reaksiyalarining tenglamalarini molekular, ionli va qisqartirilgan ionli shakllarda yozing.

**15.23.** Temir bilan xromning qotishmasi — ferroxrom — xromli temirtosh $Fe(CrO_2)_2$ qaytarib olinadi. Ruda tarkibiga kiradigan temir va xrom birikmalari to'liq qaytarilishini, qotishma tarkibida esa massa ulushi —5% ga teng bo'lgan uglerod va boshqa qo'shimchalar borligini hisobga olib, olingan qotishmadagi metallarning massa ulushlarini aniqlang.

*Yechish.* Hisoblash uchun xromli temirtoshning massasi 100 g, ya'ni $m[Fe(CrO_2)_2] = 100$ g bo'lgan namunasini tanlab olamiz. Xromli temirtosh moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Fe(CrO_2)_2) = \frac{m(Fe(CrO_2)_2)}{M(Fe(CrO_2)_2)};\quad n(Fe(CrO_2)_2) = \frac{100}{224}\ \text{mol} =$$
$$= 0{,}4464\ \text{mol}.$$

Xromli temirtoshning formulasidan:

$$n(Fe) = n[Fe(CrO_2)_2];\quad n(Fe) = 0{,}4464\ \text{mol};$$
$$n(Cr) = 2n[Fe(CrO_2)_2];\quad n(Cr) = 2 \cdot 0{,}4464\ \text{mol} = 0{,}8928\ \text{mol}.$$

Olinishi mumkin bo'lgan temir va xrom massalari quyidagilardan iborat bo'ladi:

$$m(Fe) = n(Fe) \cdot M(Fe);\quad m(Fe) = 0{,}4464 \cdot 56\ \text{g} = 25{,}00\ \text{g};$$
$$m(Cr) = n(Cr) \cdot M(Cr);\quad m(Cr) = 0{,}8928 \cdot 52\ \text{g} = 46{,}43\ \text{g}.$$

Qotishmadagi temir va xromning massa ulushlari quyidagilardan iborat:

$$\omega(Cr) + \omega(Fe) = 1 - \omega(\text{qo'shimchalar});\ \omega(Cr) + \omega(Fe) = 1 - 0{,}05 = 0{,}95.$$

Olinadigan qotishmaning massasini topamiz:

$$m(\text{qotishma}) = \frac{m(Fe)+m(Cr)}{\omega(Fe)+\omega(Cr)};\ m(\text{qotishma}) = \frac{25{,}00+46{,}43}{0{,}95}\ \text{g} = 75{,}19\ \text{g}.$$

Olingan ferroxromdan temir va xromning massa ulushlarini aniqlaymiz:

$$\omega(Fe) = \frac{m(Fe)}{m(\text{qotishma})};\ \omega(Fe) = \frac{25{,}00}{79{,}19} = 0{,}3325\ \text{yoki}\ 33{,}25\%;$$
$$\omega(Cr) = \frac{m(Cr)}{m(\text{qotishma})};\ \omega(Cr) = \frac{46{,}4}{75{,}19} = 0{,}6175\ \text{yoki}\ 61{,}75\%.$$

**15.24.** Tarkibida temir bor massasi 40 g bo'lgan qotishma namunasi mo'l miqdor sulfat kislotada eritildi. Olingan eritmaga

kaliy bixromatning massa ulushi 14% bo'lgan eritmasi temirning ikki valentli birikmalarining to'liq oksidlanishiga qadar qo'shildi. Reaksiya uchun sarflangan kaliy bixromat eritmasining massasi 210 g ni tashkil etdi. Qotishmadagi temirning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 84%.

**15.25.** Massasi 5 g bo'lgan xrom (VI) oksid 2,24 *l* hajmli (normal sharoitlarda) ammiak bilan reaksiyaga kirishdi. Olingan qattiq modda mo'l miqdor natriy gidroksid bilan suyuqlantirildi va so'ngra reaksion aralashmaga mo'l miqdor sulfat kislota eritmasi ta'sir ettirildi. Olingan eritmadan kristallogidrat $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ning qanday massasini ajratib olish mumkin?

*Yechish.* Xrom (VI) oksid bilan ammiak o'rtasidagi reaksiyaning tenglamasini yozamiz:

$$2CrO_3 + 2NH_3 = Cr_2O_3 + N_2 + 3H_2O \qquad (a)$$

Reaksiya uchun olingan xrom (VI) oksid va ammiak modda miqdorlarini topamiz:

$$n(CrO_3) = \frac{m(CrO_3)}{M(CrO_3)};\quad n(CrO_3) = \frac{5}{100}\,\text{mol} = 0,05\,\text{mol};$$

$$n(NH_3) = \frac{V(NH_3)}{V_m};\quad n(NH_3) = \frac{2,24}{22,4}\,\text{mol} = 0,1\,\text{mol}.$$

Bundan ammiak mo'l miqdor olinganligi ko'rinib turibdi.

$Cr_2O_3$ ning ishqor bilan reaksiyasining qattiq mahsuloti suyuqlantirilganda quyidagi reaksiya boradi:

$$Cr_2O_3 + 2NaOH = 2NaCrO_2 + H_2O \qquad (b)$$

Olingan moddaga mo'l miqdor sulfat kislota qo'shilganda xrom (III) sulfat hosil bo'ladi:

$$2NaCrO_2 + 4H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + 4H_2O \qquad (d)$$

(a) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(Cr_2O_3) = \frac{1}{2}n(Cr_2O_3);\quad n(Cr_2O_3) = \frac{1}{2}0,05\ \text{mol} = 0,025\,\text{mol}.$$

(b) va (d) reaksiyalarining tenglamalari asosida quyidagini yozamiz:

$$n(NaCrO_2) = 2n(Cr_2O_3);\quad n(Cr_2(SO_4)_3) = \frac{1}{2}n(NaCrO_2).$$

binobarin,

$$n(Cr_2(SO_4)_3) = n(Cr_2O_3);\quad n(Cr_2(SO_4)_3 = 0,025\ \text{mol}.$$

Eritmadan ajratib olish mumkin bo'lgan xrom (III) sulfat kristallogidrat moddasining miqdori olingan xrom sulfat moddasining miqdoriga teng, ya'ni:

$$n(Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = n(Cr_2SO_4)_3;\ n(Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = 0,025 \text{ mol}.$$

Kristallogidratning massasini topamiz:

$$m(Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = n(Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) \cdot M(Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O);\ m(Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = 0,025 \cdot 716 \text{ g} = 17,9 \text{ g}.$$

**15.26.** Aluminiy nitrat va xrom (III) nitrat kristallogidratning $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ aralashmasi bor. Massasi 22,35 g bo'lgan shu aralashma namunasi suvda eritildi va unga natriy gidroksid va mo'l miqdor bromli suv qo'shildi. Olingan eritmaga mo'l miqdor bariy gidroksid eritmasi quyildi. Massasi 5,06 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Dastlabki aralashmadagi tuzlarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* 64,2% aluminiy nitrat; 35,8% xrom (III) nitrat kristallogidrati.

**15.27.** Massasi 6,48 g bo'lgan sariq rangli natriy tuzini sulfat kislota bilan kislotali muhitga keltirildi, bunda to'q sariq eritma olindi. Mo'l miqdor kaliy sulfat eritmasi qo'shilganda ko'kish-gunafsha rangli eritma hosil bo'ldi. Hosil bo'lgan eritma elektroliz qilinganda xrom metalining qanday massasi ajralib chiqishi mumkin?

*Yechish.* Kislotali muhitda to'q sariq rangga o'tadigan sariq rangli natriy tuzining eritmasi — natriy xromat $Na_2CrO_4$ dir. Boradigan reaksiyaning tenglamasini yozamiz. Natriy xromat eritmasi kislotali muhitda natriy bixromatga aylanadi:

$$2NaCrO_4 + H_2SO_4 = Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O \qquad (a)$$

Natriy bixromat sulfat kislota ishtirokida kaliy sulfat bilan xrom (III) sulfatgacha qaytariladi: ko'kish-gunafsha rangli eritma hosil bo'ladi:

$$\begin{aligned} &Na_2Cr_2O_7 + 3K_2SO_3 + 4H_2SO_4 = \\ &= Cr_2(SO_4)_3 + 3K_2SO_4 + Na_2SO_4 + 4H_2O \end{aligned} \qquad (b)$$

$$\begin{aligned} 2Cr^{+6} + 6\bar{e} &= 2Cr^{+3} \quad | \ 1 \\ S^{+4} - 2\bar{e} &= S^{+6} \quad | \ 3 \end{aligned}$$

Xrom (III) sulfatning suvli eritmasining elektrolizi:

$$\begin{gathered}\text{katod}\,(-)\,Cr^{+3} + 3\bar{e} = Cr \\ 2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^- \\ \text{anod}\,(+)\,2H_2O - 4\bar{e} = 4H^+ + O_2\end{gathered} \qquad \text{(d)}$$

Dastlabki modda natriy xromatning miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Na_2CrO_4) = \frac{m(Na_2CrO_4)}{M(Na_2CrO_4)};\quad n(Na_2CrO_4) = \frac{6{,}48}{162}\,\text{mol} = 0{,}04\,\text{mol}.$$

(a), (b) va (d) reaksiya tenglamalarini taqqoslab, quyidagini olamiz:

$$n(Cr) = n(Na_2CrO_4);\quad n(Cr) = 0{,}04\,\text{mol}.$$

Elektroliz qilinganda ajralib chiqishi mumkin bo'lgan xromning massasini aniqlaymiz:

$$m(Cr) = n(Cr)\cdot M(Cr);\quad m(Cr) = 0{,}04\cdot 52\,\text{g} = 2{,}08\,\text{g}.$$

**15.28.** Tarkibida massasi 3,17 g xrom (III) xlorid bo'lgan suvli eritmaga tarkibida massasi 3,85 g kaliy sulfid bo'lgan eritma qo'shildi. Qanday modda cho'kmaga tushadi? Cho'kmaning massasini aniqlang *Javob:* $Cr(OH)_3$; 2,06 g.

**15.29.** Massasi 3 g bo'lgan xrom (VI) oksid 120 ml hajmdagi (suvning zichligi 1 g/ml) suvda eritildi. Olingan eritmadagi xromat kislota $N_2SrO_4$ ning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 2,88%.

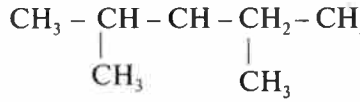
**15.30.** Po'latdagi xromning massa ulushi 1% bo'lishi uchun massasi 60 kg bo'lgan po'latga ferroxrom qotishmasining qanday massasi qo'shilishi kerak? Xromning ferroxromdagi massasi 65% ga teng. *Javob:* 937,5 g.

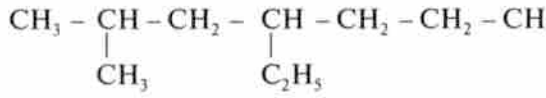
# ORGANIK KIMYO

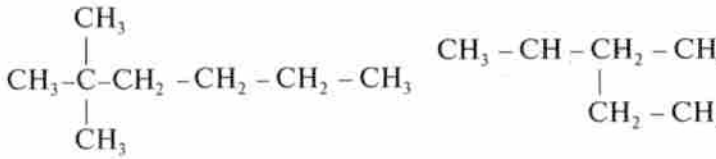
## 16. ALKANLAR

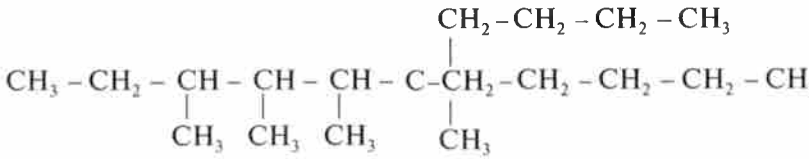
### Alkanlarning tuzilishi, nomenklaturasi va xossalari

**16.1.** O'rin olish nomenklaturasiga ko'ra, quyidagi birikmalarning nomini ayting:





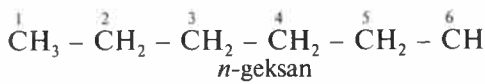




**16.2.** Birikmalarning nomlariga qarab struktura formulalarini yozing: 2-metilpentan, 2, 5, 6-trimetiloktan, 3, 3-dietilgeksan, 1, 3-dimetilsiklogeksan, 2-metil-4-izopronilnonan.

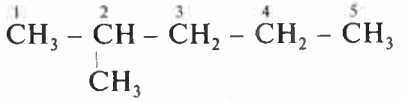
**16.3.** $C_6H_{14}$ alkan izomerlarining struktura formulalarini yozing va ularning nomlarini ayting.

*Yechish.* $C_6H_{14}$ tarkibli moddaning bitta izomeri tarmoqlanmagan uglerod zanjiriga ega:

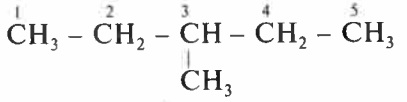


*n*-geksan

Ikkita izomeri—asosiy zanjirda beshta uglerod atomi bo'lgan izomer:

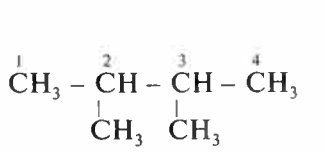


2-metilpentan

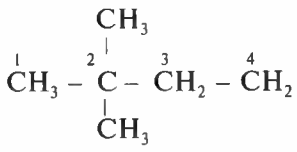


3-metilpentan

Nihoyat, asosiy zanjirda to'rtta uglerod atomi bo'lgan yana ikkita izomer:



2,3-dimetilbutan



2,2-dimetilbutan

Binobarin, $C_6H_{14}$ empirik formulaga beshta izomer to'g'ri keladi.

**16.4.** Geptanning nechta izomeri bor? Shu izomerlarning struktura formulalarini yozing va nomini ayting. *Javob:* 9 ta izomeri bor.

**16.5.** Quyidagi birikmalarning qaysilari izomerlar hisoblanadi: a) 2-metilgeksan; b) 3-metilgeptan; d) 3-etilgeksan; e) 2,2-dimetilgeptan; f) 2,4-dimetilgeksan; g) 2-metiloktan *Javob:* b, d va f.

**16.6.** Alkanlar qatorining birinchi yettita a'zolari orasida bitta uglerod atomi to'rtlamchi uglerod atomi tutgan uglevodorodlardan nechtasi bo'lishi mumkin? Shu uglevodorodlarning struktura formulalarini tuzing va ularning nomini ayting. *Javob:* 4 ta uglevodorod ($C_6H_{12}$ va $C_6H_{14}$ da bittadan va $C_7H_{16}$ da ikkita).

**16.7.** Metan va anorganik reagentlardan foydalanib butan olish mumkin. Boradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* 1. Metanni bromlash yo'li bilan brommetan olish mumkin (metil bromid):

$$CH_4 + Br_4 \rightarrow CH_3Br + HBr.$$

2. Brommetanni natriy bilan qizdirilganda etan hosil bo'ladi (Vyurs reaksiyasi):

$$2CH_3Br + 2Na \rightarrow C_2H_6 + 2NaBr.$$

3. Etanning brom bilan o'zaro ta'sir etishidan brometan olish mumkin:

$$C_2H_6 + Br_2 \rightarrow C_2H_5Br + HBr.$$

4. Vyurs reaksiyasi bo'yicha brometandan butan olinadi:

$$2C_2H_5Br + 2Na \rightarrow C_4H_{10} + 2NaBr.$$

**16.8.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$Al_4C_3 \rightarrow CH_4 \rightarrow CH_3Br \rightarrow C_2H_6 \rightarrow CO_2 \rightarrow CH_4.$$

Reaksiyalarning borish sharoitlarini ko'rsating.

**16.9.** 2, 4, 5-tetrametil-3-etiloktanning struktura formulasini yozing. Hamma birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi uglerod atomlarini ko'rsating.

**16.10.** *n* - butanda nechta dixlor hosilali izomer bo'lishi mumkin? Shu hosilalarning struktura formulalarini yozing va o'rin olish nomenklaturasi bo'yicha nomini ayting. *Javob:* 6 ta izomeri.

## Alkanlar formulalari va alkanlar ishtirokidagi reaksiyalarning tenglamalari bo'yicha hisoblashlar

**16.11.** Organik modda tarkibida uglerod (massa ulushi 84,21 %) va vodorod (massa ulushi 15,79%) bor. Modda bug'ining havoga nisbatan zichligi 3,93 ga teng. Shu moddaning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Moddaning formulasini $C_xH_y$ ko'rinishda tasavvur qilamiz. Hisoblashlar uchun massasi 100 g bo'lgan modda namunasini olamiz. Shu namunadagi uglerod va vodorodning massasi va modda miqdorini aniqlaymiz:

$$m(C) = m(\text{modda}) \cdot \omega(C); \quad m(C) = 100 \cdot 0,8421\,g = 84,21\,g.$$

$$m(H) = m(\text{modda}) \cdot \omega(H); \quad m(H) = 100 \cdot 0,1579\,g = 15,79\,g.$$

$$n(C) = \frac{m(C)}{M(C)}; \quad n(C) = \frac{84,21}{12}\ \text{mol} = 7,02\ \text{mol}.$$

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)}; \quad n(H) = \frac{15,79}{1}\ \text{mol} = 15,79\ \text{mol}.$$

Birikma tarkibiga kirgan vodorod va uglerod moddalari miqdorining nisbatini topamiz:

$$\frac{n(H)}{n(C)} = \frac{15,79}{7,02} = 2,25.$$

Bu nisbat $y$ va $x$ koeffitsiyentlari nisbatiga teng:

$$\frac{n(H)}{n(C)} = \frac{y}{x}$$

$$\frac{y}{x} = 2,25. \qquad (a)$$

Uglevodorodning havoga nisbatan bug‘ zichligini bilgan holda uning molyar massasini hisoblaymiz:

$$M(C_xH_y) = 29D_x;\ M(C_xH_y) = 29 \cdot 3,93 \text{ g/mol} = 144 \text{ g/mol}.$$

Molyar massa ham quyidagi ko‘rinishda ko‘rsatilishi mumkin:

$$M(C_xH_y) = M(C) \cdot x + M(H) \cdot y;\ M(C_xH_y) = 12x + y.$$

quyidagini olamiz:

$$12x + y = 114. \qquad (b)$$

(a) va (b) tenglamalar sistemasini yechib, $x = 8$, $y = 18$ ni topamiz, ya’ni uglevodorodning formulasi $C_8H_{18}$, bu oktan.

**16.12.** Uglevodoroddagi uglerodning massa ulushi 83,33% ni tashkil etadi. Uglevodorod bug‘ining vodorodga nisbatan zichligi 36 ga teng. Uglevodorodning formulasini aniqlang. Uning qancha izomeri bor? Shu izomerlarning struktura formulalarini yozing va nomini ayting. *Javob:* $C_5H_{12}$, 3 ta izomeri bor.

**16.13.** Siklik zanjirda tarmoqlari bo‘lmagan siklik tuzilishdagi uglevodorod bug‘ining havoga nisbatan zichligi 1,931 dir. Shu moddadagi uglerodning massa ulushi 35,7% ni tashkil etadi. Uglevodorodning formulasini aniqlang va uning struktura formulasini yozing. *Javob:* $C_4H_8$.

**1614.** Alkan bug‘ining havoga nisbatan zichligi 4,414. Alkanning formulasini aniqlang. *Javob:* $C_9H_{20}$.

**16.15.** Sikloalkan bug‘ining vodorodga nisbatan zichligi 42 ga teng. Sikloalkan molekulasida asosiy uglerod zanjiridan chiqqan yon tarmoqlari yo‘q. Sikloalkan formulasini aniqlang va uning nomini ayting. *Javob:* $C_6H_{12}$; siklogeksan.

**16.16.** Qandaydir alkanning yonishi uchun bir xil sharoitda, shu alkan bug‘ining hajmiga nisbatan 8 marta katta hajmdagi kislorod kerak bo‘ladi. Alkanning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Alkan formulasini $C_xH_{2x+2}$ ko‘rinishida tasavvur qilamiz. Agar sarf bo‘ladigan kislorodning hajmi alkan bug‘ining hajmidan 8 marta katta bo‘lsa, u holda kislorod moddasining miqdori ham alkan moddasining miqdoridan 8 marta katta bo‘ladi. Shuning uchun yonish reaksiyasini quyidagicha yozish mumkin:

$$C_xH_{2x+2} + 8O_2 \rightarrow xCO_2 + (x+1)H_2O.$$

Tenglamaning chap va o'ng tomonidagi atomar kislorod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n_{ch}(O) = 8 \cdot 2 \text{ mol} = 16 \text{ mol};$$

$$n_{o'}(O) = [2x + (x+1)1] \text{ mol} = (3x + 1) \text{ mol}.$$

Quyidagicha $n_{ch}(O) = n_{o'}(O)$; $16 = 3x + 1$ bo'lishi shart.

Tenglamani yechib, $x = 5$ ni topamiz, ya'ni alkanning formulasi $C_5H_{12}$ ekan. Bu pentan.

**16.17.** Sikloalkanning yonishi uchun, uning bug'ining hajmiga nisbatan 9 marta katta hajmdagi kislorod sarflanadigan, sikloalkanning formulasini aniqlang. Agar sikloalkanning uglevodorod skeleti tarmoqlanmagan tuzilishga ega bo'lsa, shu sikloalkanning nomini ayting. *Javob:* $C_6H_{12}$, siklogeksan.

**16.18.** Massasi 7 g bo'lgan sikloalkan yonganda massasi 22 g bo'lgan uglerod (IV) oksid hosil bo'ladi. Bunda normal sharoitda o'lchangan qancha hajm kislorod sarflanadi?

*Yechish.* 1. Yonishda hosil bo'ladigan uglerod (IV) oksidning modda miqdorini aniqlaymiz:

$$n(CO_2) = \frac{m'(CO_2)}{M(CO_2)}; \quad n(CO_2) = \frac{22}{44} \text{ mol} = 0{,}5 \text{ mol}.$$

Uglerod (IV) oksid formulasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C) = n(CO_2); \quad n(C) = 0{,}5 \text{ mol}:$$

0,5 mol—sikloalkandagi uglerod moddasining miqdori. Uglerod massasini aniqlaymiz:

$$m(C) = m(C) \cdot M(C); \quad m(C) = 0{,}5 \cdot 12 \text{ g} = 6 \text{ g}.$$

Sikloalkan tarkibidagi atomar vodorod moddasining massasi va miqdorini hisoblaymiz:

$$m(H) = m \text{ (sikloalkan)} - m(C); \; m(H) = (7-6)\text{g} = 1 \text{ g};$$

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)}; \quad n(H) = \frac{1}{1} \text{ mol} = 1 \text{ mol}.$$

Vodorod bilan suv hosil qilib birikadigan atomar kislorod moddasining miqdori $n_1(O)$ ni va $CO_2$ hosil bo'lishida uglerod bilan birikadigan atomar kislorod moddasining miqdori $n_2(O)$ ni hisoblaymiz. Suv formulasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n_1(O) = \frac{1}{2}n(O) = n_1(O) = \frac{1}{2}1 \text{ mol} = 0{,}5 \text{ mol}.$$

Uglerod (IV) oksid formulasining asosida quyidagini yozamiz:

$$n_2(O) = 2n(C); \quad n_2(O) = 2 \cdot 0{,}5 \text{ mol} = 1 \text{ mol}.$$

Atomar kislorod moddasining umumiy miqdorini topamiz:

$$n(O) = n_1(O) + n_2(O); \quad n(O) = (0{,}5 + 1) \text{ mol} = 1{,}5 \text{ mol}.$$

Molekular kislorod moddasi miqdori quyidagidan iborat:

$$n(O_2) = \frac{1}{2}n(O); \quad n(O_2) = \frac{1{,}5}{2} \text{ mol} = 0{,}75 \text{ mol}.$$

Normal sharoitdagi kislorodning hajmini aniqlaymiz:

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_m; \quad n(O_2) = 0{,}75 \cdot 22{,}4 \text{ l} = 16{,}8 \text{ l}.$$

*Yechish.* 2. Dastlabki modda sikloalkan ekanligi ma'lum. Uning formulasini $C_xH_{2x}$ ko'rinishda yozish mumkin. Sikloalkan yonish reaksiyasining tenglamasi:

$$C_xH_{2x} + \frac{3}{2}xO_2 \rightarrow CO_2 + xH_2O.$$

Hosil bo'lgan uglerod (IV) oksid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(CO_2) = \frac{m(O_2)}{M(CO_2)}; \quad n(CO_2) = \frac{22}{44} \text{ mol} = 0{,}5 \text{ mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(O_2)}{n(CO_2)} = \frac{\frac{3}{2}x}{x}.$$

Bundan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(O_2) = \frac{3}{2}n(CO_2); \quad n(O_2) = \frac{3}{2} \text{ 0,5 mol} = 0{,}75 \text{ mol}.$$

Normal sharoitdagi kislorod hajmini topamiz:

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_m; \quad n(O_2) = 0{,}75 \cdot 22{,}4 = 16{,}8 \text{ litr}.$$

**16.19.** Massasi 3,6 g bo'lgan alkanning yonishidan 5,6 l hajmli (normal sharoitda) uglerod (IV) oksid hosil bo'ladi. Reaksiya uchun normal sharoitga keltirilgan qancha hajm kislorod kerak bo'ladi? *Javob:* 8,96 l.

**16.20.** Massasi 14,2 g bo'lgan uglevodorodning yonish mahsulotlari uglerod (IV) oksid va massasi 19,8 g bo'lgan suvdir. Yonish

jarayonida qancha hajm kislorod sarf qilingan edi? Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 3,472 litr.

**16.21.** 112 litr hajmli (normal sharoitda) propanning yonishidan hosil bo'lgan uglerod (IV) oksidni yuttirish uchun kaliy gidroksidning massa ulushi 20% va zichligi 1,19 g/ml bo'lgan eritmasidan qancha hajm kerak bo'ladi? *Javob:* 10,0 litr.

**16.22.** Hajmi 5 litr bo'lgan metan bilan 2 litr hajmdagi etan aralashmasini yondirish uchun qancha hajm havo kerak bo'ladi? Kislorodning havodagi hajmiy ulushi 21% ni tashkil etadi. Barcha hajmlar normal sharoitga keltirilgan. *Javob:* 30,9 litr.

**16.23.** Xlorlanish natijasida olinishi mumkin bo'lgan uglerod tetraxloridning massasini hisoblang. Gazlarning hajmi normal sharoitga keltirilgan. Mahsulot unumi nazariy jihatdan 70% ni tashkil etadi.

*Yechish.* Metanni uglerod tetraxloridgacha xlorlanish reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$CH_4 + 4Cl_2 \rightarrow CCl_4 + 4HCl$$

Dastlabki moddalarning miqdorini aniqlaymiz:

$$n(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V_m};\quad n(CH_4) = \frac{11,2}{22,4}\ \text{mol} = 0,5\ \text{mol};$$

$$n(Cl_2) = \frac{V(Cl_2)}{V_m};\quad n(Cl_2) = \frac{56}{22,4}\ \text{mol} = 2,5\ \text{mol};$$

$$n(CH_4) : n(Cl_2) = 0,5 : 2,5 = 1 : 5$$

binobarin, xlor mo'l miqdorda olingan.

Reaksiyaning tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CCl_4) = n(CH_4);\quad n(CCl_4) = 0,5\ \text{mol}.$$

Miqdoriy unumda olinishi mumkin bo'lgan uglerod tetraxloridning massasini aniqlaymiz:

$$m(CCl_4) = n(CCl_4) \cdot M(CCl_4);\quad m(CCl_4) = 0,5 \cdot 154\ \text{g} = 77\ \text{g}.$$

Mahsulot unumining nazariy ehtimol tutilganining 70% ini tashkil etishini hisobga olib, olingan $CCl_4$ ning massasini topamiz:

$$m_p(CCl_4) = \frac{m(CCl_4) \cdot \eta}{100};\quad m_p(CCl_4) = \frac{77 \cdot 70}{100}\ \text{g} = 53,9\ \text{g}.$$

**16.24.** Massasi 2,84 g bo'lgan yodmetan, massasi 0,69 g bo'lgan natriy metali bilan qo'shib qizdirilganda, normal sharoitda o'lchangan 179,2 ml hajmli etan olindi. Reaksiya mahsulotining unumini aniqlang. *Javob:* 80%.

**16.25.** Massasi 16 g bo'lgan texnik aluminiy karbid namunasiga mo'l miqdor suv bilan ishlov berildi. Agar karbiddagi qo'shimchalarning massa ulushi 10% bo'lsa, reaksiya mahsulotining unumi 75% ga teng bo'lsa, hosil bo'lgan gazning hajmini aniqlang. Gazning hajmini normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 5,04 litr.

## Tabiiy gazlar

**16.26.** Gaz konlarining biridagi tabiiy gaz tarkibida metan (hajmiy ulushi 92%), etan (3%), propan (1,6%), butan (0,4%), azot (2%), uglerod (IV) oksid, suv bug'i va boshqa yonmaydigan gazlar (1%) bor. $5m^3$ hajmdagi (normal sharoitda) gazni yondirish uchun qancha hajm havo kerak bo'ladi? Kislorodning havodagi hajmiy ulushi 21% ni tashkil etadi. Havoning hajmini normal sharoitda hisoblang.

*Yechish.* Tabiiy gaz tarkibida to'rtta yonuvchan komponent: metan $CH_4$, etan $C_2H_6$, propan $C_3H_8$ va butan $C_4H_{10}$ bor.

Gazlarning yonish reaksiyalarining tenglamalarini yozamiz:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \quad (a)$$

$$C_2H_6 + 3,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \quad (b)$$

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O \quad (d)$$

$$C_4H_{10} + 6,5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 35H_2O \quad (e)$$

Ularning hajmi 5 $m^3$ bo'lgan tabiiy gazdagi hajmlarini aniqlaymiz:

$$V(CH_4) = V\varphi(CH_4); \qquad V(CH_4) = 5 \cdot 0,92\,m^3 = 4,6\,m^3;$$

$$V(C_2H_6) = V\varphi(C_2H_6); \qquad V(C_2H_6) = 5 \cdot 0,03\,m^3 = 0,15\,m;$$

$$V(C_3H_8) = V\varphi(C_3H_8); \qquad V(C_3H_8) = 5 \cdot 0,016\,m^3 = 0,08\,m^3;$$

$$V(C_4H_{10}) = V\varphi(C_4H_{10}); \qquad V(C_4H_{10}) = 5 \cdot 0,004\,m^3 = 0,02\,m^3;$$

(a) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$V_a(O_2) = 2V(CH_4); \qquad V_a(O_2) = 2 \cdot 4,6\,m^3 = 9,2\,m^3.$$

Shunga o'xshash (b), (d) va (e) reaksiyalarning tenglamalaridan foydalanib quyidagilarni hosil qilamiz:

$$V_b(O_2) = 3,5V(C_2H_6); \quad V_b(O_2) = 3,5 \cdot 0,15\ m^3 = 0,525\ m^3;$$
$$V_d(O_2) = 5V(CH_{38}); \quad V_d(O_2) = 5 \cdot 0,08\ m^3 = 0,4\ m^3;$$
$$V_e(O_2) = 6,5V(C_4H_{10}); \quad V_e(O_2) = 6,5 \cdot 0,02\ m^3 = 0,13\ m^3.$$

Reaksiya uchun kerak bo'ladigan kislorodning umumiy hajmi quyidagidan iborat:

$$V(O_2) = V_a(O_2) + V_b(O_2) + V_d(O_2) + V_e(O_2);$$
$$V(O_2) = (9,2 + 0,525 + 0,4 + 0,13)\ m^3 = 10,255\ m^3.$$

Havoning zarur bo'lgan hajmini hisoblaymiz:

$$V(\text{havo}) = \frac{V(O_2)}{\omega(O_2)}; \quad V(\text{havo}) = \frac{10,255}{0,21}\ m^3 = 48,83\ m^3.$$

**16.27.** Hajmi 240 litr (normal sharoitda) bo'lgan tabiiy gaz asetilen olish uchun ishlatildi. Metanning gazdagi hajmiy ulushi 95% ni tashkil etadi. Agar mahsulot unumi 60% ni tashkil etsa, hosil bo'lgan asetilenning normal sharoitga keltirilgan hajmini aniqlang. *Javob:* 61,2 litr.

**16.28.** Hajmi 40 litr (normal sharoitda) bo'lgan tabiiy gazdan massasi 30,3 g bo'lgan xlormetan olindi. Agar xlormetan unumi nazariy ehtimol tutilganning 40% iga teng bo'lsa, tabiiy gazdagi metanning hajmiy ulushini aniqlang.

*Yechish.* Tabiiy gaz tarkibidagi metandan xlormetan olish reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl_4 + HCl$$

Unum miqdoriy bo'lganida hosil bo'ladigan xlormetanning massasini aniqlaymiz:

$$m(CH_3Cl) = \frac{m(CH_3Cl) \cdot 100}{\eta}; \quad m(CH_3Cl) = \frac{30,3 \cdot 100}{40} = 75,75\ g.$$

$CH_3Cl$ moddasining miqdorini hisoblaymiz:

$$n(CH_3Cl) = \frac{m(CH_3Cl)}{M(CH_3Cl)}; \quad n(CH_3Cl) = \frac{75,75}{50,5}\ mol = 1,5\ mol.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CH_4) = n(CH_3Cl); \quad n(CH_4) = 1,5\ mol.$$

Normal sharoitdagi metanning hajmini topamiz:

$$V(CH_4) = n(CH_4) \cdot V_m; \quad x(CH_4) = 1,5 \cdot 22,4\ \text{litr} = 33,6\ \text{litr}.$$

Metanning tabiiy gazdagi hajmiy ulushini aniqlaymiz:

$$\varphi(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V(\text{tabiiy gaz})};\quad \varphi(CH_4) = \frac{33,6}{40} = 0,84 \text{ yoki } 84\%.$$

**16.29.** Massasi 14,4kg bo'lgan molibden (VI) oksidni qaytarish uchun kerak bo'ladigan vodorod olish uchun tarkibida metan (hajmiy ulushi 96%), azot, inert gazlar, uglerod oksidlari va juda kam miqdordagi boshqa qo'shimchalar bo'lgan tabiiy gazning hajmini aniqlang. Vodorod tabiiy gazni suv bug'i bilan konversiyalab olinadi. Vodorod unumi 80% ni tashkil etadi. Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 2,92 $m^3$.

**16.30.** Metanning hajmiy ulushi 90% ni tashkil etadigan 60 l hajmdagi (normal sharoitda) tabiiy gazdan zichligi 1,5 g/ml bo'lgan qancha hajm xloroform olish mumkin. Xloroformning unumi nazariy ehtimol tutilganidan 70% ini tashkil etadi. *Javob:* 134,4 ml.

## 17. ALKENLAR. ALKINLAR. ALKADIYENLAR

### To'yinmagan uglevodorodlarning nomenklaturasi va izomeriyasi

**17.1.** Quyidagi birikmalarning nomini ayting:

$CH_2 = CH - CH = CH - CH_3$ $\qquad$ $CH_2 = CH - CH \equiv CH$

$CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} = CH - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_2 - CH_3$ $\qquad$ $CH \equiv C - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_2 - CH_3$

$CH_3 - CH - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} - CH = \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} - CH = \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} - CH_3$ $\qquad$ $CH \equiv C - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_3$

**17.2.** Quyidagi birikmalarning nomiga ko'ra struktura formulalarini yozing: 3-metilpentan-1, 2, 3-dimetilbutadiyen-1, 3; 4-metilpentin-2; 2-metilgeptatriyen-1, 3, 5, 2- metil-4-izopropilgeksen-1.

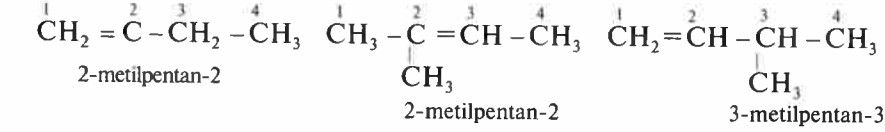
**17.3.** $C_5H_{10}$ empirik formulaga alkenlarning qancha izomerlari muvofiq kelishi mumkin? Bu izomerlarning struktura formulalarini yozing va ularning nomini ayting.

*Yechish.* $C_5H_{10}$ formulaga javob beradigan alkenlarning asosiy zanjirida beshtadan uglerod atomlari bor ikkita izomeri bo'lishi mumkin:

$\overset{1}{CH_2} = \overset{2}{CH} - \overset{3}{CH_2} - \overset{4}{CH_2} - \overset{5}{CH_3}$ $\qquad$ $\overset{1}{CH_2} - \overset{2}{CH} = \overset{3}{CH} - \overset{4}{CH_2} - \overset{5}{CH_3}$

penten-1 $\qquad$ penten-2

Shuningdek, yana asosiy zanjirda to'rttadan uglerod atomlari bo'lgan uchta izomeri bor:




Shunday qilib, $C_5H_{10}$ formulaga beshta alken izomeri muvofiq keladi.

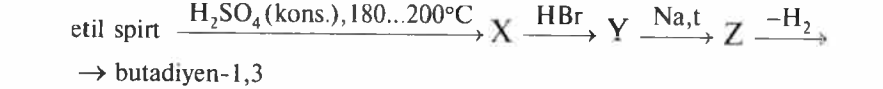
**17.4.** Nechta alkinlar izoprenga izomer bo'la oladi? Shu alkinlarning struktura formulalarini yozing va nomini ayting. *Javob:* 3 ta alkin izomeri.

**17.5.** $C_6H_{12}$ formulaga alkenlarning nechta izomeri muvofiq keladi? Ularning struktura formulalarini yozing va ularning nomini o'rin olish nomenklaturasiga ko'ra ayting. *Javob:* 11 alken izomer.

**17.6.** $C_4H_8$ formulaga javob beradigan barcha izomerlarning struktura formulalarini yozing. *Javob: 5* ta izomer (3 ta alken va 2 ta sikloalkan).

## Alkenlar, alkinlar va alkadiyenlarning xossalari va olinishi

**17.7.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:




*Yechish.* 1. Etil spirtini 180...200°C gacha konsentrlangan sulfat kislota bilan qizdirilganda vodorod bromid bilan reaksiyaga kirishadigan mahsulot hosil bo'lishi kerak. Bu etilen (X moddasi). Reaksiyaning tenglamasi:

$$C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4,\ 180...200^\circ C} C_2H_4 + H_2O$$

2. Vodorod bromidning etilenga birikishi natijasida brometan (Y) hosil bo'ladi:

$$C_2H_4 + HBr \rightarrow C_2H_5Br$$

3. Brometan natriy ishtirokida qizdirilganda butan (Z) hosil bo'ladi:

$$2C_2H_5Br + 2Na \rightarrow C_4H_{10} + 2NaBr$$

4. Butanning aluminiy va xrom (III) oksiddan iborat bo'lgan katalizatorlar ishtirokida degidrogenlanishi—butadiyen-1,3 ning olish usullaridan biridir:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{Al_2O_3,Cr_2O_3} CH_2=CH-CH-CH_2+2H_2.$$

**17.8.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

xlorbutan→buten-1→1,2-dibrombutan→butin-1.

Reaksiyalarning borish sharoitlarini ko'rsating.

**17.9.** Quyidagi sxemaga ko'ra boradigan sintezning birinchi va ikkinchi bosqichlarida olinadigan birikmalarning nomini ayting:

kalsiy karbid→X→Y→xloretan.

Ushbu o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini, ularning borish sharoitlarini ko'rsatib yozing. *Javob:* X—asetilen; Y—etilen.

**17.10.** Qanday qilib, metandan ikkita har xil usullar bilan etan olish mumkin? Amalga oshirilishi zarur bo'lgan reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* 1. Metanni yuqori temperaturada qizdirib asetilen olamiz:

$$2CH_4 \xrightarrow{1500°C} C_2H_2+3H_2$$

Asetilenni gidrirlab etan olamiz:

$$C_2H_2+2H_2 \rightarrow C_2H_6$$

*Yechish.* 2. Metanni xlorlab, xlormetan olamiz:

$$CH_4+Cl_2 \rightarrow CH_3Cl+HCl$$

Xlormetanni natriy bilan qizdirib (Vyurs sintezi), etan olamiz:

$$2CH_3Cl+2Na \rightarrow C_2H_6+2NaHCl$$

**17.11.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirilishi mumkin bo'ladigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$Al_4C_3 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow Cu_2C_2$$

X va Y birikmalarning nomini ayting. *Javob:* X— metan; Y—asetilen.

**17.12.** Kalsiy karbid va anorganik reaktivlardan foydalanib, 1,2-dixloretan va 1,1-dixloretan olishni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing. Reaksiyalarning borish sharoitlarini ko'rsating.

**17.13.** Birikmaning tarkibi $C_4H_0$ formula bilan ifodalanadi. Bu birikmaning bromli suv bilan oson o'zaro ta'sir etishi, kumush oksidning ammiakli eritmasi bilan reaksiyaga kirishmasligi, lekin simobning ikki valentli tuzlari ishtirokida suvni biriktirib olishi ma'lum. Birikmaning struktura formulasini yozing va uning nomini ayting.

*Yechish.* Uglevodorodning formulasiga qaraganda birikma alkinlarga, alkadiyenlarga va siklik alkenlarga taalluqli bo'lishi mumkin, chunki ularning tarkibi $C_4H_6$ formula bilan ifodalanadi. Simobning ikki valentli tuzlari ishtirokida suvni biriktirib olish reaksiyasi alkinlar uchun xarakterlidir. Uglevodorod kumush oksidning ammiakdagi eritmasi bilan o'zaro ta'sir etmasligiga sabab, unda birinchi uglerod atomida uchlamchi bog' yo'q. Binobarin, alkinning struktura formulasi quyidagicha:

$$CH_3 - C \equiv C - CH_3$$

Bu butin-2.

**17.14.** Tarkibi $C_3H_4$ formula bilan ifodalanadigan uglevodorod bromli suv bilan va vodorod ajratib natriy bilan o'zaro ta'sir etadi. Uglevodorodning struktura formulasini yozing va uning nomini ayting. *Javob:* propin.

**Hisoblashga doir masalalar**

**17.15.** Hajmi 1,12 l (normal sharoitda) bo'lgan propilen bromning massa ulushi 1,6% bo'lgan bromli suvning qancha massasini rangsizlantirishi mumkin? *Javob:* 500 g.

**17.16.** Hajmi 400 ml (normal sharoitda) bo'lgan metan bilan etilen aralashmasi bromning massa ulushi 3,2% bo'lgan 40 g massadagi bromli suvni rangsizlantirdi. Aralashmadagi etilenning hajmiy ulushini aniqlang.

*Yechish.* Bromli suv faqat etilen bilan o'zaro oson ta'sir etib 1,2-dibrometan hosil qiladi:

$$C_2H_2 + Br_2 \rightarrow C_2H_4Br_2$$

Bromli suv tarkibidagi molekular holdagi brom moddasining massasini va miqdorini aniqlaymiz:

$$m(Br_2) = m\omega(Br_2);\ m(Br_2) = 40 \cdot 0,032\ \text{g} = 1,28\ \text{g}.$$

$$n(Br_2) = \frac{m(Br_2)}{M(Br_2)};\quad n(Br_2) = \frac{1,28}{160} = \text{mol} = 0,008 \text{ mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_2H_4) = n(Br_2):n(C_2H_4) = 0,008 \text{ mol}.$$

Etilenning normal sharoitdagi hajmini topamiz:

$$V(C_2H_4) = n(C_2H_4)\cdot V_m;\ V(C_2H_4) = 0,008\cdot 22,4\ l = 0,792\ l = 179,2\ ml.$$

Etilenning aralashmadagi hajmiy ulushini aniqlaymiz:

$$\varphi(C_2H_4) = \frac{V(C_2H_4)}{V(\text{aralashma})};\quad \varphi(C_2H_4) = \frac{179,2}{400} = 0,448 \text{ yoki } 44,8\%.$$

**17.17.** Massasi 5,8 g bo'lgan etan bilan etilen aralashmasining gidrogenlanishi natijasida massasi 6,0 g bo'lgan gaz olindi. Etilenning dastlabki aralashmadagi massa va hajmiy ulushini aniqlang. *Javob:* massa ulushi—0,48; hajmiy ulushi—0,50.

**17.18.** Normal tuzilishdagi alkenning birinchi uglerod atomida ikkilamchi bog' bor. Massasi 0,7 g bo'lgan shu alken namunasi massasi 1,6 g bo'lgan bromni biriktirib oldi. Alkenning formulasini aniqlang va nomini ayting. *Javob:* penten-1.

**17.19.** Tarkibida etilen (massa ulushi 54,5%), propilen (27,3%) va butilen (18,2%) bo'lgan 15,4 g massali gazlar aralashmasi normal sharoitda o'lchangan qancha hajm vodorodni biriktirib olishi mumkin? *Javob:* 10,08 l.

**17.20.** 6 l hajmdagi propan bilan propilen aralashmasiga 5 l hajmdagi vodorod qo'shildi. Gazlar aralashmasi qizdirilgan platina katalizatori ustidan o'tkazildi. Reaksiya mahsulotlarini dastlabki sharoitga keltirilgandan so'ng, aralashmaning hajmi 7 l ga teng bo'lib qoldi. Propan va propilenning dastlabki gazlar aralashmasidagi hajmiy ulushlarini aniqlang.

*Yechish.* Propilen va vodorod o'rtasidagi katalizator ishtirokida boradigan reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$C_3H_6 + H_2 \rightarrow C_3H_8$$

Quyidagi belgilarni kiritamiz: $V_1$—propan va propilenning dastlabki aralashmasining hajmi; $V_2$—reaksiyadan keyingi gazlar aralashmasining hajmi; $V(H_2)$— vodorodning dastlabki hajmi; $V'(H_2)$—reaksiyaga kirishgan vodorodning hajmi; $V(C_6H_6)$—propilenning dastlabki aralashmadagi hajmi; $V'(C_3H_6)$—$C_3H_6$ ning

reaksiyaga kirishgan hajmi; $V(C_3H_8)$—propanning dastlabki aralashmadagi hajmi.

Teng hajmdagi vodorod va propilenning o'zaro ta'siri hisobiga gazlar aralashmasining hajmi kamayadi:

$$V(H_2) = V'(C_3H_6) = V_1 + V(H_2) - V_2;$$

$$V'(H_2) = V'(C_3H_6) = (6 + 5 - 7)\ l = 4 \text{ litr.}$$

Binobarin, vodorod mo'l miqdorda olingan va aralashmadagi propilenning hammasi vodorod bilan reaksiyaga kirishgan, ya'ni

$$V(C_3H_6) = V'(C_3H_6); V(C_3H_6) = 4 \text{ litr.}$$

Propanning propilen bilan berilgan aralashmasidagi hajmini aniqlaymiz:

$$V(C_3H_8) = V_1 - (C_3H_8);\ V(C_3H_8) = (6 - 4)\,l = 2 \text{ litr.}$$

Ushbu gazlarning dastlabki aralashmasidagi propanning va propilenning hajmiy ulushlarini hisoblaymiz:

$$\varphi(C_3H_8) = \frac{V(C_3H_8)}{V_1};\quad \varphi(C_3H_8) = \frac{2}{6} = 0,333 \text{ yoki } 33,3\%;$$

$$\varphi(C_3H_6) = \frac{V(C_3H_6)}{V};\quad \varphi(C_3H_6) = \frac{4}{6} = 0,667 \text{ yoki } 66,7\%.$$

**17.21.** Etan, etilen va vodoroddan iborat 20 l hajmli gaz aralashmasi bor. Bu aralashma qizdirilgan platina katalizatori ustidan o'tkaziladi. Reaksiya mahsulotlarini dastlabki sharoitga keltirilgandan so'ng aralashmaning hajmi 13 l ni tashkil etdi. Bundan 1 litri esa reaksiyaga kirishmagan vodorod hisobiga to'g'ri keladi. Gazlarning dastlabki aralashmadagi hajmiy ulushlarini aniqlang. *Javob:* 25% $C_2H_6$; 35 % $C_2H_4$; 40% $H_2$.

**17.22.** Massasi 8,1 g bo'lgan butadiyen-1,3 ning gidrogenlanishi natijasida butan va buten-1 aralashmasi olindi. Shu aralashma brom eritmasi orqali o'tkazilganda 10,8 g massadagi 1,2-brombutan hosil bo'ldi. Olingan aralashmadagi uglevodorodlarning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Butadiyen-1,3 ning gidrogenlanishi quyidagi tenglamalarga muvofiq boradi:

$$\underset{\text{butadiyen-1,3}}{C_4H_6} + H_2 \rightarrow \underset{\text{buten-1}}{C_4H_8} \qquad (a)$$

$$\underset{\text{butadiyen-1,3}}{C_4H_6} + 2H_2 \rightarrow \underset{\text{butan}}{C_4H_{10}} \qquad (b)$$

Hosil bo'lgan aralashma komponentlaridan brom bilan faqat buten-1 o'zaro ta'sirlashadi:

$$C_4H_8 + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,2 -dibrombutan}}{C_4H_8Br_2} \qquad (d)$$

Hosil bo'lgan 1,2-dibrombutanning modda miqdorini aniqlaymiz:

$$n(C_4H_8Br_2) = \frac{m(C_4H_8Br_2)}{M(C_4H_8Br_2)};\ n(C_4H_8Br_2) = \frac{10,8}{216}\ \text{mol} = 0,05\ \text{mol}.$$

(d) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_4H_8) = n(C_4H_8Br_2);\ n(C_4H_8) = 0,05\ \text{mol}.$$

Hosil bo'lgan buten-1 ning massasini aniqlaymiz:

$$m(C_4H_8) = n(C_4H_8) \cdot M(C_4H_8);\ m(C_4H_8) = 0,05 \cdot 56\ \text{g} = 2,8\ \text{g}.$$

(a) reaksiya tenglamasi asosida quyidagini yozamiz:

$$n_a(C_4H_6) = n(C_4H_8);\ n_a(C_4H_6) = 0,05\ \text{mol}.$$

0,05 mol—reaksiyaga kirishgan butadiyen-1,3 moddasining miqdori.

Butadiyen-1,3 moddasining dastlabki miqdori quyidagidan iborat:

$$n(C_4H_6) = \frac{m(C_4H_6)}{M(C_4H_6)};\ n(C_4H_6) = \frac{81}{54}\ \text{mol} = 0,15\ \text{mol}$$

Butadiyen-1,3 moddasining (b) reaksiyaga kirishgan miqdorini hisoblaymiz:

$$n_b(C_4H_6) = n(C_4H_8) - n_a(C_4H_6);\ n_b(C_4H_6) = (0,15 - 0,05)\ \text{mol} = 0,1\ \text{mol}.$$

(b) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_4H_{10}) = n_b(C_4H_6);\ n(C_4H_{10}) = 0,1\ \text{mol}$$

Hosil bo'lgan butan massasini aniqlaymiz:

$$m(C_4H_{10}) = n(C_4H_{10}) \cdot M(C_4H_{10});\ m(C_4H_{10}) = 0,1 \cdot 58\,\text{g} = 5,8\ \text{g}.$$

Hosil bo'lgan uglevodorodlar aralashmasining massasini topamiz:

$$m = m(C_4H_8) = m(C_4H_{10});\ m(2,8 + 5,8)\ \text{g} = 8,6\ \text{g}.$$

Uglevodorodlarning aralashmadagi massa ulushlarini hisoblaymiz:

$$\omega(C_4H_8) = \frac{m(C_4H_8)}{m};\ \omega(C_4H_8) = \frac{2,8}{8,6} = 0,326\ \text{yoki}\ 32,6\%$$

$$\omega(C_4H_{10}) = \frac{m(C_4H_{10})}{m};\ \omega(C_4H_{10}) = \frac{5,8}{8,6} = 0,674 \text{ yoki } 67,4\%.$$

**17.23.** Hajmi 672 ml (normal sharoitda) bo'lgan asetilenning gidrogenlanishi natijasida bromning massa ulushi 4% bo'lgan 40 g massadagi uglerod tetraxloriddagi brom eritmasini rangsizlantiradigan etan va etilen aralashmasi olindi. Hosil qilingan aralashmadagi uglevodorodlarning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* 31,8% $C_2H_4$ va 63,2% $C_2H_6$.

**17.24.** Massasi 20 g bo'lgan texnik kalsiy karbidga mo'l miqdor suv bilan ishlov berildi va bunda olingan asetilen mo'l miqdor bromli suv orqali o'tkazilganda 86,5 massali 1, 1, 2, 2-tetrabrometan hosil bo'ldi. Texnik karbiddagi $CaC_2$ ning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 80%.

**17.25.** Massasi 12,3 g bo'lgan siklogeksan gidrogenlandi. Gidrogenlanish mahsuloti yondirildi va 13,44 l hajmli (normal sharoitda) uglerod (IV)oksid olindi. Agar yonish mahsulotining unumi—miqdoriy bo'lsa, gidrogenlanish unumini aniqlang.

*Yechish.* Siklogeksenning gidrogenlanishi natijasida siklogaksen hosil bo'ladi:

$$C_6H_{10} + H_2 \rightarrow C_6H_{12} \qquad (a)$$

Siklogeksanning yonish reaksiyasi tenglamasi:

$$C_6H_{12} + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O \qquad (b)$$

Siklogeksan yonishidan olingan uglerod (IV)oksid moddasining miqdorini hisoblaymiz:

$$n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m};\ n(CO_2) = \frac{13,44}{22,4} \text{ mol} = 0,6 \text{ mol},$$

(b) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n_p(C_6H_{12}) = \frac{1}{6}n(CO_2);\ n_p(C_6H_{12}) = \frac{1}{6}\ 0,6 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol},$$

bunda $n_p(C_6H_{12})$ — haqiqiy olingan siklogeksan moddasining miqdori.

Haqiqiy olingan siklogeksanning massasini topamiz:

$$m_p(C_6H_{12}) = n_p(C_6H_{12}) \cdot M(C_6H_{12});\ m_p(C_6H_{12}) = 0,1 \cdot 84\,\text{g} = 8,4\ \text{g}.$$

Dastlabki siklogeksan moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(C_6H_{10}) = \frac{m(C_6H_{10})}{M(C_6H_{10})};\ n(C_6H_{10}) = \frac{12,3}{82}\ \text{mol} = 0,15\ \text{mol}.$$

(a) tenglama asosida quyidagini yozamiz:

$$n(C_6H_{12}) = n(C_6H_{10});\ n(C_6H_{10}) = 0,15\ \text{mol},$$

0,15 mol—miqdoriy unum bo'lganida hosil bo'ladigan siklogeksan moddasining miqdori. Shu siklogeksanning massasini topamiz:

$$m(C_6H_{12}) = n(C_6H_{10}) \cdot M(C_6H_{12});\ m(C_6H_{12}) = 0,15 \cdot 84\ \text{g} = 12,6\ \text{g}.$$

Siklogeksanning unumini aniqlaymiz:

$$\eta(C_6H_{12}) = \frac{m_p(C_6H_{12})}{m(C_6H_{12})};\ \eta(C_6H_{12}) = \frac{8,4 \cdot 100}{12,6}\% = 66,7\%.$$

**17.26.** Hajmi 89,6 l (normal sharoitda) bo'lgan etanning degidrogenlanishi natijasida 80% unum bilan etilen olindi. Shu etilendan qancha hajm 1,2-dixloretan eritmasi olinishi mumkin? 1, 2-dixloretanning zichligini 1,24 g/ml ga teng deb olinsin. *Javob:* 255,5 ml.

**17.27.** Hajmi 10 l bo'lgan etan va etilen aralashmasi yuqori temperaturada degidrogenlandi, natijada 16 l hajmdagi etilen va vodorod aralashmasi olindi. Hamma hajmlar normal sharoitga keltirildi. Etilenning dastlabki aralashmadagi hajmiy va massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* hajmiy ulushi 40%, massa ulushi 38,4%.

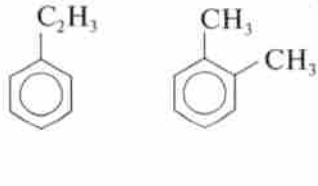
**17.28.** Uglevodorodning tarkibi $C_3H_4$ formula bilan ifodalanadi. Massasi 5 g bo'lgan bu uglevodorodning to'yingan birikmaga qadar gidrogenlanishiga 2,8 l hajmli (normal sharoitda) vodorod sarflandi. Uglevodorodning struktura formulasini aniqlang va uning nomini ayting. *Javob:* siklopropen.

## 18. AROMATIK UGLEVODORODLAR

**18.1.** Aromatik halqa bo'lgan va $C_8H_{10}$ formulaga javob beradigan izomerlarning struktura formulalarini tuzing.

*Yechish.* Molekulalari tarkibida aromatik halqalar bo'ladigan va $C_8H_{10}$ formulaga javob beradigan moddalar benzol gomologlariga

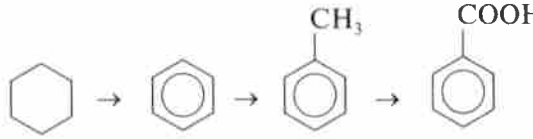
taalluqlidir, chunki benzol gomologik qatorining umumiy formulasi $C_nH_{2n-6}$. Benzolning to'rtta gomologi $C_8H_{10}$ formulaga javob beradi:



etilbenzol 1,2-dimetilbenzol 1,3-dimetilbenzol 1,4-dimetilbenzol

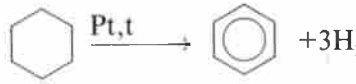
**18.2.** $C_9H_{12}$ formulaga benzolning nechta gomolog izomerlari javob berishi mumkin? Izomerlarning struktura formulalarini yozing va ularning nomini ayting. *Javob:* 8 izomeri.

**18.3.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga yordam beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

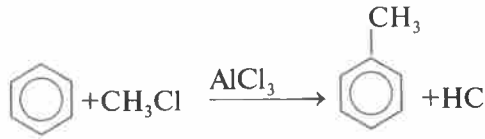


Reaksiyalarning borish sharoitlarini ko'rsating.

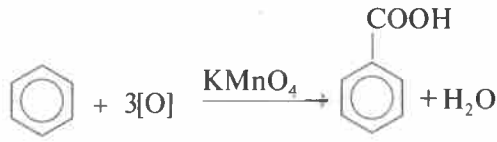
*Yechish.* 1. Siklogeksan bug'ini qizdirilgan platina katalizatori ustidan o'tkazilganda, u benzolga aylanadi:



2. Benzol halqasiga alkil gruppasini kiritish uchun unga alkil galogenini aluminiy xlorid ishtirokida ta'sir ettiriladi:



3. Kaliy permanganat eritmasi toluolga ta'sir ettirilganda benzoat kislota hosil bo'ladi:



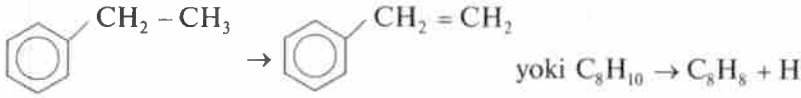

**18.4.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$\text{metan} \rightarrow X \rightarrow \text{benzol}$$

X—moddaning nomini ayting. Reaksiyaning borish sharoitlarini ko'rsating. *Javob:* X—asetilen.

**18.5.** Massasi 4,24 g bo'lgan etilbenzolning degidrogenlanishi natijasida stirol olindi. Reaksiya mahsulotining unumi 75% ni tashkil etdi. Agar bromning eritmadagi massa ulushi 4% ni tashkil etsa, olingan stirol uglerod to'rt xloriddagi brom eritmasining qanday massasini rangsizlantirishi mumkin?

*Yechish.* Etilbenzolning degidrogenlanish reaksiyasi tenglamasini yozamiz (a):




Etilbenzol moddasining dastlabki miqdorini aniqlaymiz:

$$n(C_8H_{10}) = \frac{m(C_8H_{10})}{M(C_8H_{10})};\quad n(C_8H_{10}) = \frac{4{,}24}{106}\ \text{mol} = 0{,}04\ \text{mol}$$

(a) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_8H_8) = n(C_8H_{10});\quad n(C_8H_8) = 0{,}04\ \text{mol}.$$

Unum miqdoriy bo'lganda hosil bo'lishi mumkin bo'lgan stirolning massasini aniqlaymiz:

$$m(C_8H_8) = n(C_8H_8) \cdot M(C_8H_8);\quad m(C_8H_8) = 0{,}04 \cdot 104\ \text{g} = 4{,}16\ \text{g}.$$

Stirol unumini hisobga olib, haqiqiy olingan moddaning massasini aniqlaymiz:

$$m_p(C_8H_8) = \frac{m(C_8H_8)\cdot\eta}{100};\quad m_p(C_8H_8) = \frac{4{,}16\cdot 75}{100}\ \text{g} = 3{,}12\ \text{g}.$$

Ushbu reaksiyadagi haqiqiy olingan stirol moddasining miqdori quyidagidan iborat:

$$n_p(C_8H_8) = \frac{m_p(C_8H_8)}{M(C_8H_8)};\ n_p(C_8H_8) = \frac{3{,}12}{104}\ \text{mol} = 0{,}03\ \text{mol}.$$

Stirol bilan brom reaksiyasining tenglamasini yozamiz (b)

$$C_8H_8 + Br_2 \rightarrow C_8H_8Br_2$$

(b) tenglamasi asosida quyidagini yozamiz:

$$n(Br_2) = n_p(C_8H_8) : n(Br_2) = 0{,}03\ \text{mol}.$$

Reaksiyaga kirishi mumkin bo'lgan bromning massasini aniqlaymiz:

$$m(Br_2) = n(Br_2) \cdot M(Br_2);\ m(Br_2) = 0{,}03 \cdot 160\ \text{g} = 4{,}8\ \text{g}.$$

Uglerod tetraxloriddagi brom eritmasining massasini topamiz:

$$m = \frac{m(Br_2)}{\omega(Br_2)}:\ m = \frac{4{,}8}{0{,}04}\ \text{g} = 120\ \text{g}.$$

**18.6.** Hajmi 200 ml va zichligi 0,66 g/ml bo'lgan *n*-geksanning siklik uglevodorodga aylanishi va degidrogenlanishi natijasida normal sharoitda o'lchangan qancha hajm vodorod hosil bo'ladi? Reaksiya 65% unum bilan boradi. *Javob:* 89,4 l.

**18.7.** Massasi 5,3 g bo'lgan 1,4-dimetilbenzolning to'liq yonishi uchun normal sharoitda o'lchangan qancha hajm havo kerak bo'ladi? Kislorodning havodagi hajmiy ulushi 21% ni tashkil etadi. *Javob:* 34,7 l.

**18.8.** Massasi 0,92 g bo'lgan benzol gomologi kislorodda yondirilganda uglerod (IV) oksid hosil qilindi va uni mo'l miqdor kalsiy gidroksid eritmasi orqali o'tkazildi. Bunda massasi 7 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Uglevodorodning formulasini aniqlang va nomini ayting.

*Yechish.* Mo'l miqdorda olingan uglerod (IV) oksid bilan kalsiy gidroksid eritmasi orasidagi reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

Reaksiya natijasida olingan kalsiy karbonat moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)\cdot\eta}{M(CaCO_3)};\ n(CaCO_3) = \frac{7}{100}\ \text{mol} = 0{,}07\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CO_2) = n(CaCO_3);\ n(CO_2) = 0{,}07\ \text{mol}.$$

Uglerod (IV) oksiddagi atomar uglerod moddasining miqdorini hisoblaymiz:

$$n(C) = n(CO_2);\ n(C) = 0{,}07\ \text{mol}.$$

Dastlabki uglevodorod tarkibida ham shuncha miqdor atomar uglerod bor edi. Uglerodning massasini aniqlaymiz:

$$m(C) = n(C) \cdot M(C);\ m(C) = 0{,}07 \cdot 12\ \text{g} = 0{,}84\ \text{g}.$$

Uglevodorod tarkibidagi vodorodning massasini topamiz:

$$m(H) = m(\text{benzol gomologi}) - m(C);\ m(H) = 0{,}92 - 0{,}84\ \text{g} = 0{,}84\ \text{g}.$$

Atomar vodorod moddasining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)};\ n(C) = \frac{0{,}08}{1}\ \text{mol} = 0{,}08\ \text{mol}.$$

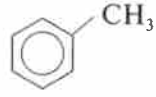
Moddadagi uglerod va vodorod moddalari miqdorlarining nisbatini hisoblaymiz:

$$\frac{n(C)}{n(C)} = \frac{0{,}07}{0{,}08} = 0{,}875.$$

Benzol gomologining formulasini $C_xH_{2x-6}$ ko'rinishida yozamiz. Bu moddadagi uglerod va vodorod moddalari miqdorlarining nisbati $x : (2x—6)$ ga teng. Binobarin,

$$\frac{x}{2x-6} = 0{,}875.$$

Bundan $x = 7$ ni olamiz, ya'ni uglevodorodning formulasi $C_7H_8$ yoki




Bu metilbenzol yoki toluoldir.

**18.9.** Benzol gomologlaridan massasi 5,3 g bo'lgan aromatik uglevodorod yondirildi va hajmi 8,96 l (normal sharoitda) uglerod (IV) oksid olindi. Uglevodorodning formulasini aniqlang. Bu

uglevodorodning benzol gomologlari ichida nechta izomerlari bo'lishi mumkin? Ushbu izomerlarning struktura formulalarini yozing. *Javob:* $C_8H_8$; benzol gomologining 4 izomeri.

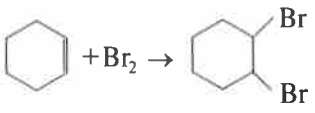
**18.10.** 3,36 l hajmda (normal sharoitda) asetilendan 2,5 l hajmda benzol olindi. Agar benzolning zichligi 0,88 g/ml ga teng bo'lsa, mahsulot unumini aniqlang. *Javob:* 56,4%.

**18.11.** Benzol temir (III) bromid ishtirokida bromlanib vodorod bromid olindi va uni mo'l miqdor kumush nitrat eritmasi orqali o'tkazildi. Bunda massasi 7,52 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Benzolning bromlanishidan hosil bo'lgan mahsulotning massasini hisoblang va bu mahsulotning nomini ayting. *Javob:* 6,2 g; brombenzol.

**18.12.** Hajmi 151 ml va zichligi 0,779 g/ml bo'lgan siklogeksanning degidrogenlanishidan olingan benzol yorug'da xlorlandi. Massasi 300 g bo'lgan xlorli hosila olindi. Reaksiya mahsulotining unumini aniqlang. *Javob:* 75,2%.

**18.13.** Massasi 4,39 g bo'lgan siklogeksen bilan benzolning aralashmasi, bromning massa ulushi 32% bo'lgan, 125 g massali bromli suvni rangsizlantiradi. Massasi 10 g bo'lgan xuddi shunday aralashma kislorodda yondirilganda suvning qanday massasi hosil bo'ladi?

*Yechish.* Bromli suv bilan aralashmaning faqat bitta komponenti—siklogeksen o'zaro ta'sirlashadi:

yoki 


$$C_6H_{10} + Br_2 \rightarrow C_6H_{10}Br_2 \qquad (a)$$

Reaksiyaga kirishgan brom moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$m(Br_2) = m(\text{bromli suv}) \cdot \omega(Br_2);\ m(Br_2) = 125 \cdot 0,032\ \text{g} = 4\ \text{g};$$

$$n(Br_2) = \frac{m(Br_2)}{M(Br_2)};\ n(Br_2) = \frac{4}{160}\ \text{mol} = 0,025\ \text{mol}.$$

(a) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_6H_{10}) = n(Br_2);\ n(C_6H_{10}) = 0,025\ \text{mol}.$$

Aralashmadagi siklogeksanning massasi va massa ulushini aniqlaymiz:

$$m(C_6H_{10}) = n(C_6H_{10}) \cdot M(C_6H_{10});\ m(C_6H_{10}) = 0,025 \cdot 82\ g = 2,05\ g;$$

$$\omega(C_6H_{10}) = \frac{m(C_6H_{10})}{m};\ \omega(C_6H_{10}) = \frac{2,05}{4,39} = 0,467.$$

Benzolning aralashmadagi massa ulushini hisoblaymiz:

$$\omega(C_6H_6) = 1 - \omega(C_6H_{10});\ \omega(C_6H_6) = 1 - 0,467 = 0,533.$$

Massasi $m' = 10$ g bo'lgan aralashma namunasidagi benzol va siklogeksan moddasining massasini va miqdorini topamiz:

$$m'(C_6H_6) = m'\omega(C_6H_6);\ m'(C_6H_6) = 10 \cdot 0,533\ g = 5,33\ g;$$

$$n'(C_6H_6) = \frac{m'(C_6H_6)}{M(C_6H_6)};\ n'(C_6H_6) = \frac{5,33}{78}\ mol = 0,06833\ mol.$$

Shunga o'xshash quyidagini hosil qilamiz: $m = (C_6H_{10}) = 4,67$ g va $n'(C_6H_{10}) = 0,05695$ mol.

Benzol va siklogeksanning yonish reaksiyalarining tenglamalarini yozamiz:

$$2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O \qquad (b)$$

$$2C_6H_{10} + 17O_2 \rightarrow 12CO_2 + 10H_2O \qquad (d)$$

(b) tenglama asosida quyidagini yozamiz:

$$\frac{n(C_6H_6)}{n_b(H_2O)} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3};\ n_b(H_2O) = 3n(C_6H_6);$$

$$n_b(H_2O) = 3 \cdot 0,06833\ mol \approx 0,205\ mol.$$

Xuddi shunday qilib (d) tenglamadan foydalanib, quyidagini olamiz:

$$n_d(H_2O) = 5n(C_6H_{10});\ n_d(H_2O) = 5 \cdot 0,05695\ mol \approx 0,300\ mol.$$

Massasi 10 g bo'lgan aralashma yondirilganda hosil bo'lgan suv moddasining umumiy miqdori quyidagidan iborat:

$$n(H_2O) = n_b(H_2O) + n_d(H_2O);\ n(H_2O) = (0,205 + 0,300)\ mol = 0,505\ mol.$$

Olingan suvning massasini aniqlaymiz:

$$m(H_2O) = n(H_2O) \cdot M(H_2O);\ m(H_2O) = 0,505 \cdot 18\ g = 9,09\ g.$$

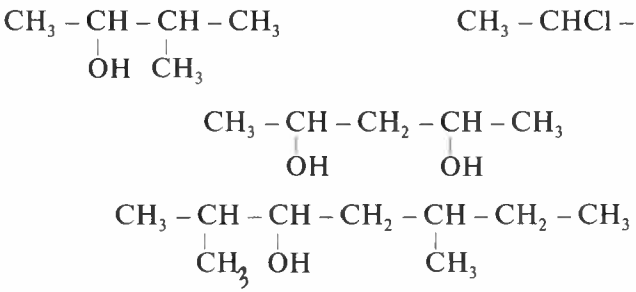
**18.14.** Benzol va stirolning ma'lum massadagi aralashmasi bromning massa ulushi 3,2% bo'lgan 500 g massadagi bromli suvni

rangsizlantiradi. O'sha massadagi aralashma yondirilganda 44,8 l hajmli (normal sharoitda) uglerod (IV) oksid ajralib chiqadi. Benzol va stirolning aralashmadagi massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* 40% benzol, 60% stirol.

## 19. SPIRT VA FENOLLAR

### Spirt va fenollarning nomenklaturasi, xossalari va olinishi

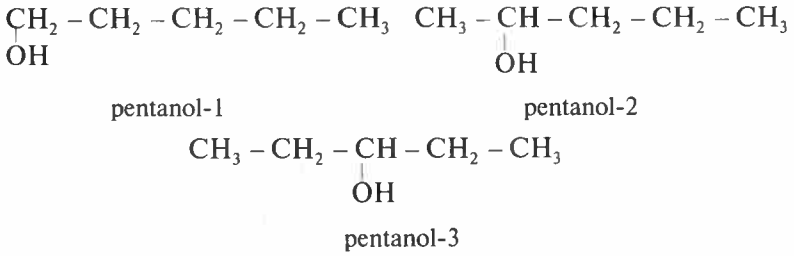
**19.1.** O'rin olish nomenklaturasiga ko'ra quyidagi birikmalarning nomini ayting:



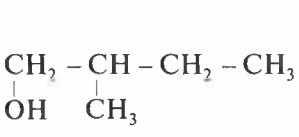
**19.2.** Quyidagi birikmalarning struktura formulalarini yozing: 3-bromgeksanol-2; 2-metil-3 etilpentanol; 2,7- dixloroktandiol-4,5; 2- etilfenol; 5-metil-3 bromfenol; 3, 4, 5-trietilfenol.

**19.3.** $C_5H_{11}OH$ tarkibli spirtlarning izomerlarini struktura formulalarini yozing va ularning o'rin olish nomenklaturasiga ko'ra nomini ayting.

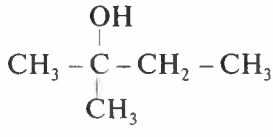
*Yechish.* Spirtlarning izomeriyasi molekuladagi OH gruppasining joylashgan o'rniga va, shuningdek, uglerod skeletining tarmoqlanganligiga bog'liq. Uglerod zanjiri normal bo'lganda uchta izomeri bo'lishi mumkin.



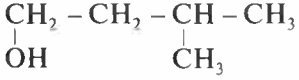
Spirtning 4 ta izomerida asosiy zanjirda 4 tadan uglerod atomi bo'lishi mumkin:



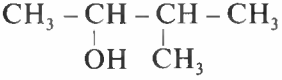
2-metilbutanol-1



2-metilbutanol-2

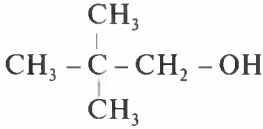


3-metilbutanol-1



3-metilbutanol-2

Bundan tashqari, asosiy zanjirda uchta uglerod atomi bitta izomeri bor:



Shunday qilib, $C_5H_{11}OH$ formula spirtning 8 ta izomeri tarkibini ko'rsatadi.

**19.4.** Xlorpropanolning $C_3H_6ClOH$ necha xil izomer spirtlari bo'lishi mumkin? Izomerlarning struktura formulalarini yozing va ularning o'rinbosar nomenklaturasiga ko'ra nomini ayting. *Javob:* 5 ta izomer.

**19.5.** 2- metil-6- xlorfenolda qancha fenol izomer bo'lishi mumkin? Shu fenollarning struktura formulalarini yozing va nomini ayting. *Javob:* 12 ta izomer fenollar (2- metil-6- xlorfenol hisobga olinmaganda).

**19.6.** $C_6H_{13}OH$ tarkibning qancha uchlamchi spirt izomerlari bo'lishi mumkin? Shu spirtlarning formulalarini yozing va ularning o'rinbosar nomenklaturaga ko'ra nomini ayting. *Javob*: uchta spirt.

**19.7.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga yordam beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$C_2H_4 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow C_2H_5 - O - C_2H_5$$

Reaksiyaning borish sharoitlarini ko'rsating. X va Y moddalarning nomini ayting.

*Yechish.* Oxirgi mahsulot—dietil efir etil spirtdan olinadi, binobarin, Y modda—etanol. Etilendan etanolga oraliq birikma—etanning galogenli hosilasi (X modda) orqali o'tish mumkin.

1. Etilenning vodorod bromid bilan o'zaro ta'siridan brometan hosil bo'ladi:

$$C_2H_4 + HBr \rightarrow C_2H_5Br$$

2. Brometan spirtgacha natriy gidroksidning suvli eritmasi ta'sirida gidrolizlanadi:

$$C_2H_5Br + NaOH \rightarrow +C_2H_5OH + NaBr$$

3. Katalizator sifatida olingan sulfat kislota ishtirokida 140°C gacha qizdirilganda etanoldan dietilefir hosil bo'ladi:

$$2C_2H_5OH \xrightarrow{H+,t} C_2H_5 - O - C_2H_5 + H_2O$$

**19.8.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish mumkin bo'lgan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) $C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_5OH$

b) propanol-1 → 1- brompropan → *n*-geksan → benzol → → izopropilbenzol → fenol.

Reaksiyalarning borish sharoitlarini ko'rsating.

**19.9.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) propanol-1 → X → propanol-2

b) etanol → Y → 1,2- dixloretan

d) 2-metilpropanol-1 → Z → 2-metilpropanol-2 X, Y va Z moddalarning nomini ayting. Reaksiyalarning borish sharoitlarini ko'rsating.

**19.10.** Quyidagi sxema bo'yicha boradigan o'zgarishlar qanday reaksiyalar yordamida amalga oshirilishi mumkin:

$$C_2H_4 \xrightarrow{+HCl} A \xrightarrow{+H_2O,KOH} B \xrightarrow{H+,\ t=180°C} C \xrightarrow{H_2O,t,\ katalizator} D$$

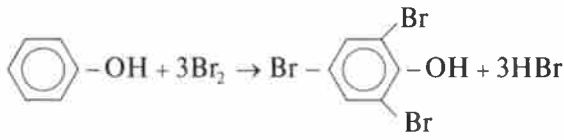
A, B, C va D moddalarning nomlarini ayting. Reaksiya tenglamalarini yozing. *Javob:* A—xloretan; B, D— etanol; C — etilen.

**19.11.** Uchta probirkada butanol-1, etilenglikol va fenolning benzoldagi eritmasi bor. Qanday kimyoviy reaksiyalar yordamida bu moddalarni bir-biridan farq qilish mumkin? Tegishli reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

*Yechish.* Har qaysi modda namunasiga mis (II) gidroksid qo'shamiz, bunda etilenglikolga xos och ko'k rangli birikma hosil qiladi:

$$2CH_2OH - CH_2OH + Cu(OH)_2 \rightarrow (CH_2OH - CH_2O)_2Cu + 2H_2O$$

Qolgan ikki modda namunasiga bromli suv qo'shamiz, uni fenolning benzoldagi eritmasi rangsizlantiradi:



**19.12.** Yozuvi bo'lmagan uchta probirkada n-propanol, 1-xlorbutan va glitserin bor. Qanday kimyoviy reaksiyalar yordamida bu moddalarni farq qilish mumkin? Ushbu reaksiyalarning tenglamalarini yozing.

**19.13.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun o'tkazilishi kerak bo'lgan reaksiyalarning tenglamalarini tuzing:

a) etanol → etilen → X → etanol

b) $CH_4 \rightarrow Y \rightarrow CH_3OH \rightarrow CH_3 - O - CH_3$

d) propanol- 1 → $Z_1$ → $Z_2$ → 2,3- dimetilbutan

X, Y, $Z_1$, va $Z_2$ moddalarning nomini ayting. Qanday sharoitlarda reaksiyalar borishi mumkin? *Javob:* X—xloretan; Y—brommetan; $Z_1$—propilen; $Z_2$—2-brompropan.

**To'yingan bir atomli spirtlar ishtirokidagi reaksiyalarning tenglamalari bo'yicha hisoblashlar**

**19.14.** Massasi 15 g bo'lgan propanol- 1 ning massasi 9,2 g bo'lgan natriy bilan o'zaro ta'siri natijasida natriy propilatning qanday massasi olinishi mumkin?

*Yechish.* Propanol- 1 va natriy metali orasidagi reaksiyaning tenglamasini yozamiz:

$$2C_3H_7OH + 2Na \rightarrow 2C_3H_7ONa + H_2$$

Propanol-1 va natriy moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(C_3H_7OH) = \frac{m(C_3H_7OH)}{M(C_3H_7OH)};\ n(C_3H_7OH) = \frac{15}{60}\ \text{mol} = 0{,}25\ \text{mol};$$

$$n(Na) = \frac{m(Na)}{M(Na)};\ n(Na) = \frac{9{,}2}{23}\ \text{mol} = 0{,}4\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan o'zaro reaksiyaga kirishayotgan spirt va natriy moddalarining miqdori teng bo'lishi kerakligi ko'rinib turibdi, binobarin, natriy mo'l miqdorda olingan.

Reaksiya tenglamasi asosida quyidagini yozamiz:

$$n(C_3H_7ONa) = n(C_3H_7OH);\ n(C_3H_7ONa) = 0{,}25\ \text{mol}$$

Olinishi kerak bo'lgan natriy propilatning massasini aniqlaymiz:

$$m(C_3H_7ONa) = n(C_3H_7ONa) \cdot M(C_3H_7ONa);$$

$$m(C_3H_7ONa) = 20{,}5 \cdot 82\ \text{g} = 20{,}5\ \text{g}.$$

**19.15.** Butanol- 1 ning mo'l miqdor natriy metali bilan o'zaro ta'siri natijasida normal sharoitda 2,8 l hajmni egallaydigan vodorod ajralib chiqdi. Butanol- 1 moddasining qancha miqdori reaksiyaga kirishgan? *Javob:* 0,25 mol.

**19.16.** Modda miqdori 0,5 mol bo'lgan metanol mo'l miqdor kaliy bromid va sulfat kislota bilan isitildi va massasi 38 g bo'lgan brommetan olindi. Brommetan unumini aniqlang. *Javob:* 80%.

**19.17.** Propanol-2 ning degidratlanishi natijasida olingan propilen massasi 200 g bo'lgan bromli suvni rangsizlantirdi. Bromning bromli suvdagi massa ulushi 3,2 % ga teng. Reaksiya uchun olingan propanol-2 ning massasini aniqlang. *Javob:* 2,4 g.

**19.18.** Massasi 12 g bo'lgan to'yingan bir atomli spirt konsentrlangan sulfat kislota bilan qizdirilganda massasi 6,3 g bo'lgan alken hosil bo'ldi. Mahsulot unumi 75% ni tashkil etadi. Dastlabki spirtning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Spirtning formulasini $C_xH_{2x+1}OH$ ko'rinishida yozamiz, u holda uning degidratlanish reaksiyasining tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$C_xH_{2x+1}OH \rightarrow C_xH_{2x} + H_2O$$

bu yerda $C_xH_{2x}$ — hosil bo'layotgan alken.

Spirtning molyar massasi quyidagidan iborat:

$$M(C_xH_{2x+1}OH) = [2x + 1(2x + 1) + 16 + 1]\ \text{g/mol} = (14x+18)\ \text{g/mol}.$$

Shunga o'xshash quyidagini hosil qilamiz:

$$M(C_xH_{2x}) = (12x + 2x)\ \text{g/mol} = 14\ x\ \text{g/mol}.$$

Shu moddaning unumi miqdoriy bo'lganda, olinadigan alkenning massasini aniqlaymiz:

$$m(C_xH_{2x}) = \frac{m_p(C_xH_{2x}) \cdot 100}{\eta};\ m(C_xH_{2x}) = \frac{6{,}3 \cdot 100}{75}\ \text{g} = 8{,}4\ \text{g}.$$

Spirt va alken moddalarning miqdorini hisoblaymiz:

$$n(C_xH_{2x+1}OH) = \frac{m(C_xH_{2x+1}OH)}{M(C_xH_{2x+1}OH)};\ n(C_xH_{2x}OH) = \frac{12}{14x+18}\ \text{mol};$$

$$n(C_xH_{2x}) = \frac{m(C_xH_{2x})}{M(C_xH_{2x})};\ n(C_xH_{2x}) = \frac{8,4}{14x}\ \text{mol} = \frac{0,6}{x}\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_xH_{2x+1}OH) = n(C_xH_{2x})$$

yoki

$$\frac{12}{14x+18} = \frac{0,6}{x}.$$

Olingan tenglamani yechib, $x = 3$ ekanligini topamiz, ya'ni spirtning formulasi $C_3H_7OH$. Bu propanol.

**19.19.** Zichligi 1,4 g/ml bo'lgan 37 ml hajmdagi to'yingan bir atomli spirt namunasining degidratlanishi natijasida 39,2 g massali alken olinsa, shu spirtning formulasini aniqlang. *Javob:* $C_4H_9OH$.

**19.20.** Zichligi 0,8 g/ml bo'lgan 23 ml hajmdagi etanolga massasi 12 g bo'lgan natriy solindi. Suvning etanoldagi massa ulushi 5% ni tashkil etadi. Bunda qancha hajm vodorod ajralib chiqadi? Hajmni normal sharoitda hisoblang.

*Yechish.* Tarkibida suv bo'lgan etanolga solingan natriy suv bilan ham, spirt bilan ham o'zaro ta'sir etadi:

$$2Na + 2H_2O \rightarrow NaOH + H_2 \qquad (a)$$

$$2Na + 2C_2H_5OH \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2 \qquad (b)$$

Reaksiya boradigan sistemaga solingan suv, etanol va natriy moddalarining massasi va miqdorini aniqlaymiz. Etanolning suv bilan birga massasi quyidagidan iborat:

$$m = V\rho;\ m = 23 \cdot 0,8\ \text{g} = 18,4;$$

$$m(H_2O) = m(H_2O);\ m(H_2O) = 18,4 \cdot 0,05\,\text{g} = 0,92\ \text{mol};$$

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)};\ n(H_2O) = \frac{0,92}{18}\ \text{mol} = 0,051\ \text{mol};$$

$$m(C_2H_5OH) = m - m(H_2O);\ m(C_2H_5OH) = (18,4 - 0,92)\,\text{g} = 17,48\ \text{g};$$

$$n(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{M(C_2H_5OH)};\ n(C_2H_5OH) = \frac{17,48}{46}\ \text{mol} = 0,380\ \text{mol};$$

$$n(Na) = \frac{m(Na)}{M(Na)};\ n(Na) = \frac{12}{13}\ \text{mol} = 0,522\ \text{mol}.$$

(a) reaksiya uchun zarur bo'lgan natriy moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n_a(\text{Na}) = n(\text{H}_2\text{O});\ n_a(\text{Na}) = 0,051\ \text{mol};$$

(b) reaksiya uchun:

$$n_b(\text{Na}) = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH});\ n_b(\text{Na}) = 0,380\ \text{mol}.$$

Suv va spirtning o'zaro ta'siri uchun zarur bo'lgan natriy moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n'(\text{Na}) = n_a(\text{Na}) + n_b(\text{Na});\ n'(\text{Na}) = (0,051 + 0,380)\,\text{mol} = 0,431\ \text{mol}.$$

Binobarin, natriy reaksiya boradigan sistemaga mo'l miqdorda solingan.

(a) va (b) reaksiyalarda olingan molekular vodorod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n_a(\text{H}_2) = \frac{1}{2}n(\text{H}_2\text{O});\ n_a(\text{H}_2) = \frac{1}{2}0,051\ \text{mol} = 0,026\ \text{mol};$$

$$n_b(\text{H}_2) = \frac{1}{2}n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH});\ n_b(\text{H}_2) = \frac{1}{2}0,380\ \text{mol} = 0,190\ \text{mol}.$$

(a) va (b) reaksiyalarda olingan vodorod moddasining umumiy miqdorini topamiz:

$$n(\text{H}_2) = n_a(\text{H}_2) + n_b(\text{H}_2);\ n(\text{H}_2) = (0,026 + 0,190)\,\text{mol} = 0,216\ \text{mol}.$$

Vodorodning normal sharoitdagi hajmini aniqlaymiz:

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_m;\ V(\text{H}_2) = 0,216 \cdot 22,4\ \text{l} = 4,84\ \text{litr}.$$

**19.21.** Suvning massa ulushi 10% bo'lgan, 200 g massali propanol-1 eritmasi bilan natriy metalining qancha massasi reaksiyaga kirishadi? Bu reaksiyada vodorodning normal sharoitda o'lchangan qanday hajmi ajralib chiqadi? *Javob:* 94,5 g Na; 46 litr $H_2$.

**19.22.** Agar etanolning spirtdagi massa ulushi 96% ni tashkil etsa, absolut (suvsiz) spirt olish uchun, zichligi 0,8 g/ml bo'lgan 150 ml hajm spirtga kalsiy karbidning qancha massasini qo'shish kerak? Bunda qancha massa absolut spirt hosil bo'ladi? *Javob:* 8,53 g $CaC_2$; 115,2 ml absolut spirt.

**19.23.** Massasi 4 g bo'lgan texnik kalsiy karbidga mo'l miqdor suv ta'sir ettirilganda 1,12 l hajm (normal sharoitda) gaz olinishi mumkin. Massasi 240 g suvning massa ulushi 6% bo'lgan propanoldan, suvsiz propanol olish uchun texnik kalsiy karbidning qancha massasi ishlatilishi kerak? *Javob:* 32 g.

**19.24.** Massasi 1,84 g bo'lgan etanolning katalitik degidratlanishi natijasida ajralib chiqqan gaz, massasi 50 g bo'lgan bromning xloroformli eritmasi tarkibidagi brom bilan reaksiyaga kirishadi. Bu eritmadagi bromning massa ulushi 8% ga teng. Agar bromlanish reaksiyasidagi unum miqdoriy bo'lsa, spirtning degidratlanish mahsuloti unumini aniqlang. *Javob:* 62,5%.

**19.25**. Massasi 30 g bo'lgan to'yingan bir atomli spirt mo'l miqdor natriy metali bilan o'zaro ta'sir etishidan normal sharoitda o'lchangan 5,6 l hajm vodorod hosil bo'ladi. Spirtning formulasini aniqlang. *Javob:* $C_3H_7OH$.

**19 26**. Lebedev usuli bilan sintetik kauchuk olishda dastlabki xomashyo sifatida etanol ishlatildi, uning bug'i katalizator ustidan o'tkazildi va butadien-1,3, vodorod va suv olinadi. Agar etanolning spirtdagi massa ulushi 95% ga teng bo'lsa, hajmi 230 l va zichligi 0,8 kg/l bo'lgan spirtdan butadien-1,3 ning qanday massasi olinishi mumkin? Mahsulot unumi 60% ekanligi hisobga olinsin! *Javob:* 61,56 kg.

**19.27.** Uglerod (II) oksid bilan vodorodning o'zaro ta'siri natijasida metanol olindi. Reaksiya uchun 2 $m^3$ hajm uglerod (II) oksid va 5 $m^3$ hajm (hajmlar normal sharoitga keltirilgan) vodorod olindi. Natijada massasi 2,04 kg bo'lgan metanol olindi. Mahsulot unumini aniqlang. *Javob:* 71,4%.

**19.28.** Etanoldagi natriy etilatning massa ulushi 10,2% ga teng bo'lgan, 200 g massa eritmasini olish uchun qancha massa natriy metali va absolut etanol olish kerak?

*Yechish.* Natriy va etanol o'rtasidagi reaksiya tenglamasini yozamiz:

$$2Na + 2C_2H_5OH \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

Hosil bo'lishi kerak bo'lgan natriy etilat moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$m(C_2H_5ONa) = m\omega(C_2H_5ONa);\ m(C_2H_5ONa) = 200 \cdot 0,102 = 20,4\ \text{g}.$$

$$n(C_2H_5ONa) = \frac{m(C_2H_5ONa)}{M(C_2H_5ONa)};\ n(C_2H_5ONa) = \frac{20,4}{68}\ \text{mol} = 0,3\ \text{mol}.$$

Reaksiyadan keyin eritmadagi etanolning massasi quyidagicha bo'ladi:

$$m_2(C_2H_5OH) = m - m(C_2H_5ONa);\ m_2(C_2H_5OH) = (200 - 20,4)\ \text{g} = 179,6\ \text{g}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(\text{Na}) + n(C_2H_5ONa);\ n(\text{Na}) = 0,3 \text{ mol};$$

$$n_1(C_2H_5OH) = n(C_2H_5ONa);\ n_1(C_2H_5OH) = 0,3 \text{ mol}.$$

0,3 mol — reaksiyaga kirishadigan natriy va etanol moddasining miqdori.

Ularning massalarini aniqlaymiz:

$$m(\text{Na}) = n(\text{Na}) \cdot M(\text{Na});\ m(\text{Na}) = 0,3 \cdot 23 \text{ g} = 6,9 \text{ g};$$

$$m_1(C_2H_5OH) = n_1(C_2H_5OH) \cdot M(C_2H_5OH);\ m_1(C_2H_5OH) = 0,3 \cdot 46 \text{ g} = 13,8 \text{ g}.$$

Reaksiya uchun zarur bo'lgan etanol massasi quyidagidan iborat:

$$m(C_2H_5OH) = m_1(C_2H_5OH) + m_2(C_2H_5OH);$$

$$m(C_2H_5OH) = (13,8 + 179,6) \text{ g} = 193,4 \text{ g}.$$

**19.29.** Massasi 2,3 g bo'lgan natriy metali bilan hajmi 50 ml, zichligi 0,79 g/ml bo'lgan absolut etanol o'rtasidagi reaksiya natijasida natriy alkogolatning spirtli eritmasi olindi. Natriy alkogolatning eritmadagi massa ulushini aniqlang. *Javob:* 16,3%.

**19.30.** Massasi 24 g bo'lgan propanol-2 dan 2- brom-propan olindi va uni 2,3- dimetilbutan olish uchun ishlatildi. Agar sintezning har qaysi bosqichida mahsulot unumi 60% bo'lsa, dimetilbutanning qanday massasi hosil bo'lgan? *Javob:* 6,2 g.

**19.31.** Massasi 7,6 g bo'lgan butanol-2 ning mo'l miqdor bromid kislota bilan o'zaro ta'siri natijasida butanol-2 ning bromli hosilasi olindi va undan massasi 3,99 bo'lgan 3,4- dimetilgeksan sintez qilindi. Reaksiya mahsuloti unumini aniqlang. *Javob:* 70%.

**19.32.** To'yingan bir atomli spirtning degidratlanishi natijasida massasi 24 g bo'lgan brom bilan o'zaro ta'sirlashadigan, massasi 8,4 g bo'lgan tarmoqlanmagan zanjirli, simmetrik tuzilishdagi alken olindi. Dastlabki spirtning struktura formulasini aniqlang va uning nomini ayting. *Javob:* butanol-2.

**19.33.** To'yingan bir atomli spirt konsentrlangan bromid kislota bilan qizdirilganda tarkibida bromning massa ulushi 73,4% bo'lgan birikmasi hosil bo'ladi. Dastlabki spirtning formulasini aniqlang. *Javob:* $C_2H_5OH$.

**19.34.** Massasi 1,6 g bo'lgan natriy metalining massasi 2,48 g bo'lgan metanol va etanol aralashmasi bilan o'zaro ta'siri natijasida

normal sharoitda o'lchangan qancha hajm vodorod olinishi mumkin? Metanolning aralashmadagi massa ulushi 25,8% ni, etanolniki 74,2% ni tashkil etadi. *Javob:* 336 ml.

**Fenol ishtirokidagi reaksiyalarni tenglamalari bo'yicha hisoblashlar**

**19.35.** Massasi 4,7 g bo'lgan fenolning hajmi 4,97 ml va zichligi 1,38 g/ml bo'lgan natriy gidroksid eritmasi bilan o'zaro ta'siri natijasida natriy fenolatning qanday massasi olinishi mumkin? Natriy gidroksidning eritmadagi massa ulushi 35% ni tashkil etadi. *Javob:* 5,8 g.

**19.36.** Fenolning benzoldagi 200 g massali eritmasi mo'l miqdor bromli suv bilan o'zaro ta'siri natijasida massasi 66,2 g bo'lgan fenolning bromli hosilasi olindi. Fenolning eritmadagi massa ulushini aniqlang. *Javob:* 9,4%.

**19.37.** Fenol bilan etanol aralashmasi bor. Aralashmaning birinchi yarmiga mo'l miqdor natriy metali qo'shildi va 672 ml hajm (normal sharoitda) vodorod olindi. Aralashmaning ikkinchi yarmiga mo'l miqdor brom eritmasi qo'shildi, bunda massasi 6,62 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Aralashmadagi fenol va etanolning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Aralashmaning yarim massasini *m* harfi bilan belgilaymiz, ya'ni bu har bir tajriba uchun olinadigan aralashma namunasining massasi.

Aralashmaning faqat bitta komponenti — fenol bilan brom o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$C_6H_5OH + 3Br_2 \rightarrow C_6H_2Br_3OH + 3HBr \qquad (a)$$

Olingan 2, 4, 6- tribromfenol moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(C_6H_2Br_3OH)=\frac{m(C_6H_2Br_3OH)}{M(C_6H_2Br_3OH)};$$

$$n(C_6H_2Br_3OH)=\frac{6,62}{331}\ \text{mol} = 0,02\ \text{mol}.$$

(a) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_6H_5OH)=n(C_6H_2Br_3OH);\ n(C_6H_5OH)=0,02\ \text{mol}.$$

Massasi *m* bo'lgan aralashmadagi fenolning massasi quyidagidan iborat:

$$m(C_6H_5OH) = n(C_6H_5OH) \cdot M(C_9H_5OH);\ m(C_6H_5OH) = \\ = 0{,}02 \cdot 94 = 1{,}88\ g.$$

Massasi $m$ bo'lgan boshqa namuna tarkibidagi fenol natriy bilan o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5ONa + H_2 \qquad (b)$$

(b) tenglama asosida quyidagini yozamiz:

$$n_b(H_2) = \frac{1}{2} n(C_6H_5OH);\ n_b(H_2) = \frac{1}{2}\ 0{,}02\ mol = 0{,}01\ mol;$$

0,01 mol — natriy bilan fenolning o'zaro reaksiyaga kirishishi natijasida ajralib chiqqan vodorod moddasining miqdori.

Shuningdek, natriy ham etanol bilan o'zaro ta'sirlashadi:

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2 \qquad (d)$$

(b) va (d) reaksiyalarda hosil bo'lgan vodorod moddasining umumiy miqdori quyidagidan iborat:

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m};\ n(H_2) = \frac{0{,}672}{22{,}4}\ mol = 0{,}03\ mol.$$

(d) reaksiyasi bo'yicha olingan vodorod moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n_d(H_2) = n(H_2) - n_b(H_2);\ n_d(H_2) = (0{,}03 - 0{,}01)\ mol = 0{,}02\ mol.$$

(d) reaksiyasi tenglamasidan kelib chiqishicha:

$$n(C_2H_5OH) = 2n_d(H_2);\ n(C_2H_5OH) = 2 \cdot 0{,}02\ mol = 0{,}04\ mol.$$

Massasi $m$ bo'lgan aralashma namunasida etanolning massasini topamiz:

$$m(C_2H_5OH) = n(C_2H_5OH) \cdot M(C_2H_5OH);$$

$$m(C_2H_5OH) = 0{,}04 \cdot 46 = 1{,}84\ g.$$

Aralashma namunasining massasi quyidagiga teng:

$$m = m(C_6H_5OH) + m(C_2H_5OH);\ m = (1{,}88 + 1{,}84)\ g = 3{,}72\ g.$$

Aralashma komponentlarining massa ulushlarini aniqlaymiz:

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{m};\ \omega(C_2H_5OH) = \frac{1{,}84}{3{,}72} = 0{,}495\ yoki\ 49{,}5\%;$$

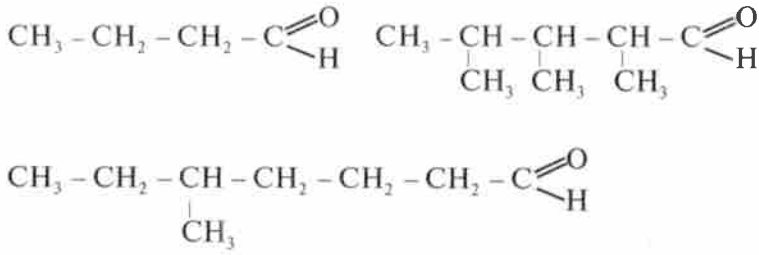
$$\omega(C_6H_5OH) = \frac{m(C_6H_5OH)}{m};\ \omega(C_6H_5OH) = \frac{1{,}88}{3{,}72} = 0{,}505\ yoki\ 50{,}5\%.$$

**19.38.** Fenol bilan etanol aralashmasini neytrallash uchun zichligi 1,2 g/ml va massa ulushi 18% bo'lgan 50 ml hajmdagi natriy gidroksid eritmasi sarflandi. Aralashmaning xuddi shunday massasi 9,2 g massadagi natriy metali bilan o'zaro reaksiyaga kirishdi. Aralashmadagi fenol va etanolning massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* fenolniki 80,9%; etanolniki 19,1%.

## 20. ALDEGIDLAR

**20.1.** Quyidagi aldegidlarning struktura formulalarini yozing: 2- metilpentanal, 2, 3- dimetilbutanal, geksanal.

**20.2.** Quyidagi aldegidlarning o'rin olish nomenklaturasiga ko'ra nomini ayting:



**20.3.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) sirka aldegid → etanol → etilen → asetilen → sirka aldegid;

b) metan → metanol → formaldegid → fenolformaldegid smolasi.

**20.4.** Hajmi 3 *l* va zichligi 1,06 g/ml bo'lgan eritma tarkibidagi formaldegid moddasining miqdorini aniqlang. Eritmadagi $CH_2O$ ning massa ulushi 500 ga teng. *Javob:* 21,2 mol.

**20.5.** Formaldegidning massa ulushi 40% bo'lgan formalin olish uchun massasi 300 g bo'lgan suvda qancha hajmdagi formaldegid eritish kerak? Hajmni normal sharoitda hisoblang. Formalinning qanday massasi olinadi? *Javob:* 149,3 *l* hajmdagi $CH_2O$; 500 g massa formalin.

**20.6.** Massasi 13,8 g bo'lgan etanolning massasi 28 g bo'lgan mis (II) oksid bilan o'zaro ta'siri natijasida aldegid olindi, uning massasi 9,24 g ni tashkil etdi. Reaksiya mahsuloti unumini aniqlang. *Javob:* 70%.

**20.7.** Sanoatda asetaldegid Kucherov usuli bo'yicha olinadi. Massasi 500 kg bo'lib, undagi qo'shimchalarning massa ulushi 10,4% ni tashkil etgan texnik kalsiy karbiddan asetaldegid qancha massa olinishi mumkin? Asetaldegidning unumi 75%. *Javob:* 231 kg.

**20.8.** Formaldegidning katalitik gidrogenlanishi natijasida spirt olindi va uni mo'l miqdor matriy metali bilan o'zaro ta'siri natijasida 8,96 l hajm (normal sharoitda) vodorod hosil bo'ldi. Sintezning har qaysi bosqichlardagi mahsulot unumi 80% ni tashkil etdi. Formaldegidning dastlabki massasini aniqlang. *Javob:* 37,5 kg.

**20.9.** Mo'l miqdordagi kumush oksidning ammiakdagi eritmasiga propanalning massa ulushi 11,6% bo'lgan 50 g massadagi suvli eritmasi qo'shilsa, „kumush ko'zgu" reaksiyasi natijasida kumushning qancha massasini olish mumkin? *Javob:* 21,6 g.

**20.10.** 280 ml hajm (normal sharoitda) asetilen unumi 80% bo'lgan asetaldegid olish uchun ishlatildi. Olingan aldegidning hammasi kumush oksidning ammiakdagi mo'l miqdor eritmasiga qo'shilsa, metallning qanday massasi olinishi mumkin? *Javob:* 1,08 g.

**20.11.** Qandaydir aldegidning massa ulushi 22%, massasi 4 g bo'lgan suvli eritmasiga kumush oksidning ammiakdagi eritmasidan mo'l miqdorda qo'shildi. Bunda massasi 4,32 bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Dastlabki aldegidning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Aldegid $C_xH_{2x+1}CH$ bilan kumush oksidning ammiakli eritmasi orasidagi reaksiya tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$C_xH_{2x+1}CH + Ag_2O \rightarrow C_xH_{2x+1}COOH + 2Ag$$

Reaksiya natijasida olingan kumush moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Ag) = \frac{m(Ag)}{M(Ag)};\ n(Ag) = \frac{4{,}32}{108}\ \text{mol} = 0{,}04\ \text{mol}.$$

Aldegidning molyar massasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$M(C_xH_{2x+1}COH) = [(x+1)12 + (2x+2)1 + 1 \cdot 16]\ \text{g/mol} =$$
$$= (14x + 30)\ \text{g/mol}.$$

Olingan aldegidning massasini topamiz:

$$m(C_xH_{2x+1}COOH) = m\omega(C_xH_{2x+1}COOH)$$

$$m(C_xH_{2x+1}COH) = 4 \cdot 0,22 \text{ g} = 0,88 \text{ g}$$

Aldegid moddasining miqdori quyidagidan iborat:

$$n(C_xH_{2x+1}COH) = \frac{m(C_xH_{2x+1}COH)}{M(C_xH_{2x+1}COH)};\ n(C_xH_{2x+1}COH) =$$

$$= \frac{0,88}{14x+30} \text{ mol.}$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{n(C_xH_{2x+1}COH)}{n(Ag)} = \frac{1}{2}$$

yoki

$$\frac{0,88}{(14x+30) \cdot 0,04} = \frac{1}{2}.$$

Olingan tenglamani yechib, $x = 1$ ni topamiz, ya'ni aldegid formulasi $CH_3COH$. Bu sirka aldegid.

**20.12.** Massasi 2,3 g bo'lgan spirt bug'ining mo'l miqdor mis (II) oksid ustida oksidlanishi natijasida aldegid va massasi 3,2 g bo'lgan mis olindi. Qanday aldegid olingan? Agar aldegidning unumi 75% ni tashkil etsa, uning massasini aniqlang. *Javob:* 1,65% g sirka aldegid.

**20.13.** Aldegiddagi uglerod, vodorod va kislorodning massa ulushlari tegishlicha 62,1; 10,3 va 27,6% ni tashkil etadi. Massasi 14,5 g bo'lgan shu aldegidning spirtgacha gidrogenlanishi uchun qancha hajm vodorod kerak bo'ladi? Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 5,6 l.

**20.14.** Sanoatda aldegid olish usullaridan biri — alkenlarni uglerod (II) oksid va vodorod bilan yuqori bosimda, katalizator ishtirokida qizdirishdir. Bunday reaksiya uchun 140 l hajmli (normal sharoitda) propilen va boshqa moddalardan mo'l miqdor olindi. Natijada butanal va 2- metilpropanal aldegidlarining aralashmasi hosil bo'ldi. Butanalning undagi massa ulushi 60% ni tashkil etsa, butanal va 2- metilpropanalning massasini aniqlang. *Javob:* 270 g butanal va 180 g 2- metilpropanal.

**20.15.** Tarkibida massasi 1,8 g kislorod bo'lgan qandaydir organik moddaning kumush oksidning ammiakdagi eritmasi bilan

oksidlanganida massasi 5,4 g bo'lgan kumush olindi. Qanday organik modda oksidlanishga uchragan? *Javob:* butanal.

**20.16.** Tarkibida qo'shimchalari (qo'shimchalarning massa ulushi 4% ga teng) bo'lgan 7,5 g massali kalsiy karbiddan asetilen olindi va u Kucherov reaksiyasi bo'yicha aldegidga aylantirildi. Olingan aldegidning hammasi kumush oksidning ammiakli eritmasi bilan o'zaro ta'sirlashganda kumushning qancha massasi ajralib chiqadi? *Javob:* 24,3 g.

**20.17.** Etanolning oksidlanishi natijasida 80% li unum bilan aldegid hosil bo'ldi. Shuncha miqdordagi etanol natriy metali bilan o'zaro reaksiyaga kirishganda normal sharoitda 2,8 l hajmni egallaydigan vodorod ajralib chiqadi (unum — miqdoriy). Birinchi reaksiyada hosil bo'lgan aldegidning massasini aniqlang. *Javob:* 8,8 g.

**20.18.** Hajmi 336 l bo'lgan (normal sharoitda) metanning havo kislorodi bilan katalitik oksidlanishida olingan aldegid formalin olishda ishlatildi. Agar formaldegidning massa ulushi 40% bo'lsa, qancha massa formalin hosil bo'lgan?

*Yechish.* Metanning katalitik oksidlanishi formaldegidning hosil bo'lishiga olib keladi:

$$CH_4 + O_2 \rightarrow CH_2O + H_2O$$

Metan moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V_m};\ n(CH_4) = \frac{336}{22,4}\ \text{mol} = 15\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CH_2O) = n(CH_4);\ n(CH_2O) = 15\ \text{mol}.$$

Unum miqdoriy bo'lganda hosil bo'ladigan formaldegid massasi quyidagidan iborat:

$$m(H_2O) = n(CH_2O) \cdot M(CH_2O);\ m(CH_2O) = 15 \cdot 30\ \text{g} = 450\ \text{g}.$$

Haqiqiy olingan formaldegidning massasini uning unumini hisobga olgan holda aniqlaymiz:

$$m_p(CH_2O) = \frac{m(CH_2O) \cdot \eta}{100};\ m_p(CH_2O) = \frac{450 \cdot 60}{100}\ \text{g} = 270\ \text{g}.$$

Formaldegidning massa ulushi 0,4(40%) bo'lgan, olingan formalin eritmasining massasini topamiz:

$$n = \frac{m_p(CH_2O)}{\omega(CH_2O)};\ m = \frac{270}{0,4}\ \text{g} = 675\ \text{g}.$$

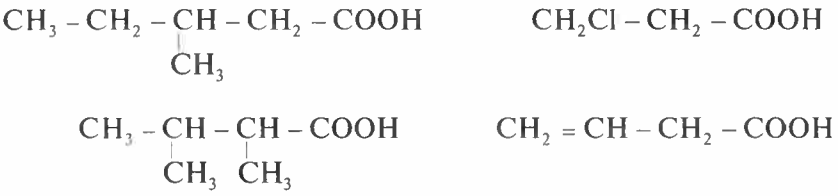
**20.19.** Agar Kucherov reaksiyasi bo'yicha 6,72 l hajm (normal sharoitda) asetilendan unumi 75% bo'lgan aldegid olinsa, asetaldegidning massa ulushi 20% bo'lgan eritmasidan qancha massa hosil bo'ladi? *Javob:* 49,5 g.

**20.20.** Massasi 0,975 g bo'lgan aldegid yondirilganda uglerod (IV) oksid hosil bo'ldi, u hajmi 16,4 ml, zichligi 1,22 g/ml bo'lgan natriy gidroksid eritmasi bilan o'rta tuz hosil qilib reaksiyaga kirishdi. Bu eritmadagi natriy gidroksidning massa ulushi 20% ga teng. Yondirilgan aldegidning formulasini aniqlang. Bu formulaga nechta aldegid izomeri to'g'ri keladi? Ularning struktura formulalarini yozing. *Javob:* butanal; 2 izomerli aldegid.

## 21. KARBON KISLOTALAR

### Karbon kislotalarning nomenklaturasi, kimyoviy xossalari va olinishi

**21.1.** Quyidagi kislotalarning o'rin olish nomenklaturasiga ko'ra nomini ayting:



**21.2** Quyidagi kislotalarning struktura formulalarini yozing: 2- metilpropan kislota; 2, 3, 4- trixlorbutan kislota; 3, 4-dimetilgeptan kislota.

**21.3.** $C_5M_{10}C_2$ formulaga karbon kislotaning nechta izomerlari to'g'ri keladi? Shu izomerlarning struktura formulalarini yozing. *Javob:* 4 ta izomer.

**21.4.** Yozuvi bo'lmagan uchta probirkada quyidagi moddalar bor: etanol, chumoli kislota, sirka kislota. Shu moddalarni qanday kimyoviy usullar bilan bir-biridan farq qilish mumkin?

*Yechish.* Spirtni (etanol) moddalarning indikatorlarga ta'sir etishiga ko'ra farq qilish mumkin. Masalan, kislotalar metiloranj indikatori bilan qizil rang berishi mumkin, spirt — yo'q.

Chumoli kislota va sirka kislotani bir-biridan farq qilish oson, chunki chumoli kislota aldegidlarning ba'zi bir xossalarini namoyon

qiladi. Masalan, — «kumush ko'zgu» reaksiyasiga kirishadi (sirka kislota — yo'q).

$$HCOOH + Ag_2O \rightarrow CO_2\uparrow + 2Ag\downarrow + H_2O.$$

**21.5.** To'rtta probirkada quyidagi moddalar bor: propion kislota, formaldegid eritmasi, fenolning benzoldagi eritmasi, metanol. Shu moddalarni qanday kimyoviy reaksiyalar yordamida bir-biridan farq qilish mumkin?

**21.6.** $C_6H_{12}O_2$ formulaga nechta bir asosli karbon kislotalar izomeri mos kelishi mumkin? Shu kislotalarning struktura formulalarini yozing va ularning o'rin olish nomenklaturasiga ko'ra nomini ayting. *Javob:* kislotalarning 9 izomeri.

**21.7.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

$$CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow CH_3OH \rightarrow HCOH \rightarrow HCOOH \rightarrow CO_2.$$

Reaksiyalarning borish sharoitlarini ko'rsating.

**21.8.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirish uchun o'tkaziladigan reaksiyalarning tenglamalarini tuzing:

$$\text{metan} \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow \text{sirka kislota}$$

X va Y moddalarning nomini ayting.

*Yechish.* 1. Metan qizdirilganda asetilen — X modda olinadi:

$$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$$

2. Asetilenning simob (II) tuzlari ishtirokida gidratlanishi natijasida sirka aldegid — Y modda sintez qilinadi:

$$C_2H_2 + H_2O \rightarrow CH_3COH$$

3. Sirka aldegidni havoning kislorodi bilan katalizator ishtirokida oksidlantirib sirka kislota olinadi:

$$2CH_3COH + O_2 \rightarrow 2CH_3COOH$$

**21.9.** Quyidagi sxemalarga ko'ra bo'ladigan o'zgarishlarni qanday reaksiyalar yordamida amalga oshirish mumkin:

a) metanol $\rightarrow$ X $\rightarrow$ natriy format;

b) sirka aldegid $\rightarrow$ Y $\rightarrow$ kalsiy asetat? Bu reaksiyalarning tenglamalarini yozing. X va Y moddalarning nomini ayting. *Javob:* X— chumoli kislota, Y— sirka kislota.

**21.10.** Quyidagi moddalarni qanday reaksiyalar yordamida bir-biridan farq qilish mumkin: glitserin, sirka aldegid, moy kislota eritmasi, propanol-1?

### Hisoblanadigan masalalar

**21.11.** Zichligi 1,007 g/ml bo'lgan 200 ml hajmdagi ovqatga ishlatiladigan sirka tayyorlash uchun, zichligi 1,070 g/ml bo'lgan sirka essensiyasidan qancha hajm olish kerak? Sirka kislotaning sirka essensiyasidagi massa ulushi 80% ga teng, sirkadagisi 6% ga teng.

*Yechish.* Tayyorlanadigan sirka eritmasining massasini aniqlaymiz:

$$m = V\rho;\ m = 200 \cdot 1,007\ \text{g} = 201,4\ \text{g}.$$

Sirka tarkibidagi sirka kislotaning massasini hisoblaymiz:

$$m(CH_3COOH) = m\omega(CH_3COOH);\ m(CH_3COOH) =$$
$$= 201,4 \cdot 0,06\ \text{g} = 12,1\ \text{g}.$$

Tarkibida massasi 12,1 g sirka kislota bo'lgan sirka essensiyasining massasi $m'$ ni hisoblaymiz:

$$m' = \frac{m(CH_3COOH)}{\omega'(CH_3COOH)};\quad m' = \frac{12,1}{0,8}\ \text{g} = 15,1\ \text{g}.$$

Sirka essensiyasining hajmini topamiz:

$$V' = \frac{m'}{\rho'};\quad V' = \frac{15,1}{1,07}\ \text{ml} = 14,1\ \text{ml}.$$

**21.12.** Sirka kislotaning massa ulushi 40% bo'lgan 200 g massali eritmasini tayyorlash uchun $CH_3COOH$ ning massa ulushlari 90% va 10% bo'lgan eritmalaridan qancha massadan olinishi mumkin? *Javob:* massa ulushi 90% eritmadan — 75 g; 10%—125 g.

**21.13.** Laboratoriyada zichligi 1,07 g/ml sirka kislotaning massa ulushi 70% bo'lgan 300 ml hajmdagi eritma bor. Shu eritmadan massa ulushi 30% bo'lgan kislota eritmasini olish uchun zichligi 1 g/ml bo'lgan suvdan qancha hajm qo'shish kerak? Eritma va suv aralashtirilganda hajmining o'zgarishi hisobga olinmasin. *Javob:* 428 ml.

**21.14.** Massasi 150 g bo'lgan sirka kislota eritmasi orqali 4,48 l hajmda (normal sharoitda) ammiak o'tkazildi. Agar dastlabki

eritmadagi kislotaning massa ulushi 20% ni tashkil etsa, $CH_3COOH$ ning olingan eritmadagi massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Ammiak sirka kislota bilan o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$NH_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONH_4$$

Reaksiyaga kirishgan ammiak moddasini aniqlaymiz:

$$n(NH_3) = \frac{V(NH_3)}{V_m}; \quad n(NH_3) = \frac{4,48}{22.4} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan:

$n(CH_3COOH) = n(NH_3)$; $n(CH_3COON) = 0,2$ mol ekanligi kelib chiqadi;

0,2 mol — reaksiyaga kirishgan sirka kislota moddasining miqdori.

$CH_3COOH$ massasini aniqlaymiz:

$$m(CH_3COOH) = n(CH_3COOH) \cdot M(CH_3COOH);$$

$$m(CH_3COOH) = 0,2 \cdot 60 \text{ g} = 12 \text{ g}.$$

Eritma tarkibidagi sirka kislotaning massasini topamiz.

$$m_1(CH_3COOH) = m_1\omega_1(CH_3COOH); m_1(CH_3COOH) = 150 \cdot 0,2 \text{ g} = 30 \text{ g}.$$

Reaksiyadan keyin eritmada qolgan sirka kislotaning massasini hisoblaymiz:

$$m_2(CH_3COOH) = m_1(CH_3COOH) - m(CH_3COOH);$$

$$m_2(CH_3COOH) = (30 - 12) \text{ g} = 18 \text{ g}.$$

Eritmada ammiak qolganligi hisobiga eritmaning massasi oshdi. Ammiakning massasi quyidagidan iborat:

$$m(NH_3) = n(NH_3) \cdot M(NH_3); \quad m(NH_3) = 0,2 \cdot 17 \text{ g} = 3,4 \text{ g}.$$

Eritmaning reaksiyadan keyingi massasini aniqlaymiz:

$$m_2 = m_1 + m(NH_3); \quad m_2 = (150 + 3,4) = 153,4 \text{ g}.$$

Reaksiyadan keyin sirka kislotaning eritmadagi massa ulushini topamiz:

$$\omega_2(CH_3COOH) = \frac{m_2(CH_3COOH)}{m_2};$$

$$\omega_2(CH_3COOH) = \frac{18}{153,4} = 0,117 \text{ yoki } 11,7\%.$$

**21.15**. Sirka kislotaning massa ulushi 30% bo'lgan 300 g massali eritmasiga massasi 20 g bo'lgan natriy gidroksid qo'shildi. Natriy gidroksid qo'shilgandan keyin olingan eritmani neytrallash uchun kaliy gidroksidning massa ulushi 25% bo'lgan eritmasidan qancha hajm kerak bo'ladi? KOH eritmasining zichligi 1,24 g/ml ga teng. *Javob:* 180,6 ml.

**21.16.** Propion kislotaning massa ulushi 60%, massasi 370 g bo'lgan eritmasiga natriy gidrokarbonat solindi. Reaksiya natijasida 11,2 l hajm (normal sharoitda) gaz hosil bo'ldi. Hosil bo'lgan eritmadagi propion kislotaning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 47,4%.

**21.17.** Massasi 14,8 g bo'lgan bir asosli karbon kislotaning neytrallanishi uchun zichligi 1,22 g/ml, natriy gidroksidning massa ulushi 20% bo'lgan eritmasidan qancha hajm sarf bo'ladi? Kislotaning tarkibi quyidagicha: uglerod (massa ulushi 48,65%), kislorod (43,24%), vodorod (8,11%). *Javob:* 32,8 ml.

**21.18.** Massasi 50 g bo'lgan sirka kislota mo'l miqdor natriy gidroksid bilan qizdirilganda olinishi mumkin bo'lgan metanning hajmini aniqlang. Suvning kislotadagi massa ulushi 4% ni tashkil etadi, gazning unumi esa 75% ga teng. Hajmni normal sharoitda hisoblang. *Javob:* 13,44 l.

**21.19.** Tarkibida massasi 96,6 g kaliy stearinat bo'lgan suyuq sovundan stearin kislota $C_{17}H_{35}COOH$ ning qanday massasi olinishi mumkin? Kislotaning unumi 75% ni tashkil etadi. *Javob:* 63,9 g.

**21.20.** Hajmi 56 l (normal sharoitda) bo'lgan butan havodagi kislorod bilan oksidlantirilishi natijasida kislotaning massa ulushi 90% bo'lgan eritmasining qancha massasini olish mumkin? Kislotaning unumi 60% ni tashkil qiladi. *Javob:* 200 g.

**21.21.** Dastlabki modda sifatida kalsiy karbiddan foydalanib, ketma-ket boradigan uchta bosqichda sirka kislota olish mumkin. Reaksiya uchun massasi 200 g bo'lgan texnik kalsiy karbid olingan, bundagi qo'shimchalarning massa ulushi 12% ga teng. Agar sintezning birinchi bosqichida mahsulotning unumi 80%, ikkinchisida 75%, uchinchisida 80% ni tashkil etsa, kislotaning qanday massasi olinishi mumkin? *Javob:* 79,2 g.

**21.22.** Sirka kislotaning massa ulushi 75% bo'lgan eritmasiga xlor yuborilganda xlor sirka kislota olindi. Ortib qolgan xlor va

vodorod xloridning eritmadan chiqarib yuborilganini hisobga olib uning eritmadagi massa ulushini aniqlang. *Javob:* 82,5%.

**21.23.** 3,7 g bo'lgan to'yingan bir asosli karbon kislotani neytrallash uchun zichligi 1,4 g/ml, kaliy gidroksidning massa ulushi 40% bo'lgan 5 ml hajmdagi eritmasi sarflandi. Kislotaning formulasini aniqlang.

*Yechish.* Kislotaning formulasini $C_xH_{2x+1}COOH$ ko'rinishda tasavvur qilamiz, bunda $x = 0, 1, 2, 3 \ldots$. Neytrallanish reaksiyasining tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$C_xH_{2x+1}COOH + KOH \rightarrow C_xH_{2x+1}COOK + H_2O$$

Kaliy gidroksid eritmasining massasi quyidagidan iborat:

$$m = V\rho;\ m = 5 \cdot 1,4\ \text{g} = 7\ \text{g}.$$

KOH moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$m(KOH) = m\omega KOH;\ m(KOH) = 7 \cdot 0,4\ \text{g} = 28\ \text{g}.$$

$$n(KOH) = \frac{m(KOH)}{M(KOH)};\ n(KOH) = \frac{2,7}{56}\ \text{mol} = 0,05\ \text{mol}.$$

Kislotaning molyar massasi quyidagidan iborat:

$$M_{(\text{kislota})} = [(x + 1)\ 12 + (2x + 2) \cdot 16]\ \text{g/mol} = (14x + 46)\ \text{g/mol}.$$

Reaksiya uchun olingan kislota moddasining miqdorini topamiz:

$$n_{(\text{kislota})} = \frac{m_{(\text{kislota})}}{M_{(\text{kislota})}};\ n_{(\text{kislota})} = \frac{3,7}{14x+46}\ \text{mol}.$$

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n_{(\text{kislota})} = n(KOH),$$

binobarin,

$$\frac{3,7}{14x+46} = 0,05.$$

Olingan tenglamani yechib, $x = 2$ ekanligini topamiz. Shunday qilib, kislotaning formulasi $C_2H_5COOH$. Bu propion kislota.

**21. 24.** Tekshirib ko'rish uchun olingan to'yingan bir asosli karbon kislotaning massasi 11 g bo'lgan namunasini neytrallash

uchun zichligi 1,27 g/ml, massa ulushi 25%, hajmi 15,75 ml bo'lgan natriy gidroksid eritmasi sarf bo'ldi. Kislotaning formulasini aniqlang. Topilgan formulaga nechta kislota izomeri to'g'ri keladi? *Javob:* $C_3H_7COOH$; kislotaning ikkita izomeri.

**21.25.** Chumoli kislotaning oksidlanishi natijasida gaz olindi. Uni mo'l miqdor kalsiy gidroksid eritmasi orqali o'tkazildi. Bunda massasi 20 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Oksidlanish uchun kislotaning qancha massasi olingan? *Javob:* 9,2 g.

**21.26.** Massasi 36,8 g bo'lgan chumoli kislota eritmasi bor. Eritmaga mo'l miqdor oksidlovchi qo'shildi. Oksidlanish natijasida olingan gaz mo'l miqdor barit suvi orqali o'tkazildi, buning natijasida massasi 39,4 g bo'lgan cho'kma olindi. Dastlabki eritmadagi kislotaning massa ulushini aniqlang. *Javob:* 25%.

**21.27.** Metanning tabiiy gazdagi hajmiy ulushi 96% ni tashkil etadi. Kislotaning unumi 70% ni tashkil etsa, 420 l hajm (normal sharoitda) tabiiy gazning katalitik oksidlanishi natijasida chumoli kislotaning qanday massasi olinishi mumkin? *Javob:* 579,6 g.

**21.28.** Bir asosli to'yingan karbon kislotaning massa ulushi 25%, massasi 59,2 g bo'lgan eritma bilan mo'l miqdor natriy karbonat o'zaro ta'siri natijasida 2,24 l hajm (normal sharoitda) gaz hosil bo'ldi. Kislotaning formulasini aniqlang. *Javob:* $CH_3CH_2COOH$.

**21.29.** Natriy formiat sanoatda yuqori temperatura va katta bosimda uglerod (II) oksid bilan qattiq natriy gidroksid o'rtasidagi reaksiya bo'yicha olinadi. Uni olish uchun mo'l miqdor NaOH va 560 l hajm (normal sharoitda) CO sarflangan bo'lsa, hosil bo'lgan natriy formiatdan HCOOH ning massa ulushi 25% bo'lgan chumoli kislota eritmasining qancha massasi olinishi mumkin? Natriy formiatning unumi 70% ni tashkil etadi. *Javob:* 3,22 kg.

**21.30.** Bir asosli karbon kislota bug'ining vodorodga nisbatan zichligi 37 ga teng. Massasi 22,2 g bo'lgan shu kislotani neytrallash uchun zichligi 1,2 g/ml, kaliy gidroksidning massa ulushi 20% bo'lgan eritmasidan qancha hajm sarflash kerak? *Javob:* 70 ml.

**21.31.** Chumoli va sirka kislotalar aralashmasini neytrallash uchun zichligi 1,4 g/ml, kaliy gidroksidning massa ulushi 40%

bo'lgan 8 ml hajmdagi eritmasi sarflandi. Kislotalar aralashmasining shunday namunasiga kumush oksidning ammiakdagi eritmasi mo'l miqdorda qo'shildi. Massasi 10,8 g bo'lgan metall cho'kmaga tushdi. Kislotalarning aralashmadagi massa ulushlarini aniqlang.

*Yechish.* Reaksiyalarning tenglamalarini yozamiz. Kumush oksidning ammiakli eritmasi bilan faqat chumoli kislota o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$HCOOH + Ag_2O \rightarrow CO_2 + 2Ag\downarrow + H_2O \qquad (a)$$

Kaliy gidroksid bilan ikkala kislota ham reaksiyaga kirishadi:

$$HCOOH + KOH \rightarrow HCOOK + H_2O \qquad (b)$$

$$CH_3COOH + KOH \rightarrow CH_3COOK + H_2O \qquad (d)$$

a) reaksiya bo'yicha olingan kumush moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(Ag) = \frac{m(Ag)}{M(Ag)};\ n(Ag) = \frac{10,8}{108}\ \text{mol} = 0,1\ \text{mol}.$$

(a) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(HCOOH) = \frac{1}{2}n(Ag);\ n(HCOOH) = \frac{1}{2}0,1\ \text{mol} = 0,05\ \text{mol}.$$

Dastlabki aralashmaning har bir namunasida shuncha miqdorda chumoli kislota bor edi.

(b) va (d) reaksiyalariga sarflangan KOH eritmasining massasini, kaliy gidroksid moddasining massasini va miqdorini aniqlaymiz:

$$m = V\rho;\ m = 8 \cdot 1,4\ \text{g} = 11,2\ \text{g};$$

$$m(KOH) = m\omega(KOH);\ m(KOH) = 11,2 \cdot 0,4\ \text{g} = 4,48\,\text{g}.$$

$$n(KOH) = \frac{m(KOH)}{M(KOH)};\ n(KOH) = \frac{44,8}{56}\ \text{mol} = 0,08\ \text{mol}.$$

(b) reaksiyaga kirishgan KOH moddasining miqdorini topamiz. (b) reaksiyaning tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n_b(KOH) = n(HCOOH);\ n_b(KOH) = 0,05\ \text{mol}.$$

Bu hol

$$n_d(KOH) = n(KOH) - n_b(KOH);$$

$$n_d(KOH) = (0,08 - 0,05)\ \text{mol} = 0,03\ \text{mol}.$$

(d) tenglama asosida quyidagini yozamiz:

$$n(CH_3COOH) = n_d(KOH);\ n(CH_2COOH) = 0,03\ \text{mol}.$$

Kislotalarning aralashmadagi massasini aniqlaymiz:

$$m(HCOOH) = n(HCOOH) \cdot M(HCOOH);\ m(HCOOH) = 0,05 \cdot 46\,g = 2,3g$$

$$m(CH_3COOH) = n(CH_3COOH) \cdot M(CH_3COOH)$$

$$m(CH_3COOH) = 0,03 \cdot 60\ g = 1,8\ g.$$

Aralashmaning massasi quyidagidan iborat:

$$m_{(aralashma)} = m(HCOOH) + m(CH_3COOH)$$

$$m_{(aralashma)} = (2,3 + 1,8)\ g = 4,1\ g.$$

Kislotalarning aralashmadagi massa ulushini aniqlaymiz:

$$\omega(HCOOH) = \frac{m(HCOOH)}{m_{(aralashma)}};\ \omega(HCOOH) = \frac{2,3}{4,1} = 0,561 \text{ yoki } 56,1\%.$$

$$\omega(CH_3COOH) = \frac{m(CH_3COOH)}{m_{(aralashma)}};\ \omega(CH_3COOH) = \frac{1,8}{4,1} = 0,439$$

yoki 43,9%.

**21.32.** Chumoli va moy kislotalar aralashmasi bor. Shu aralashma namunasiga kumush oksidning ammiakdagi mo'l miqdor eritmasi ta'sir ettirilganda massasi 4,32 g bo'lgan metall cho'kmasi olindi. Aralashmaning shuncha namunasi mo'l miqdor natriy karbonat bilan reaksiyaga kirishdi, natijada 0,336 l hajm (normal sharoitda) gaz hosil bo'ldi. Kislotalarning dastlabki aralashmasidagi massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* chumoli kislota — 51,1 %, moy kislota — 48,9%.

**21.33.** Sirka kislota tarkibida sirka aldegid va etanol qo'shimchalari bor. Massasi 8 g bo'lgan kislota namunasiga mo'l miqdor kumush oksidning ammiakdagi mo'l miqdor eritmasi bilan ishlov berilganda massasi 5,4 g bo'lgan metall cho'kma hosil bo'ldi. Kislotaning shunday namunasini neytrallash uchun zichligi 1,3 g/ml, natriy gidroksidning massa ulushi 30% bo'lgan 10,26 ml hajmli eritmasi talab etildi. Qo'shimchalarning kislotadagi massa ulushlarini toping.

*Yechish.* Kumush oksidning ammiakdagi eritmasi bilan kislotadagi asetaldegid o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$CH_3COH + Ag_2O \rightarrow CH_3COOH + 2Ag \qquad (a)$$

Reaksiya natijasida hosil bo'lgan kumush moddasining miqdori quyidagiga teng:

$$n(Ag) = \frac{m(Ag)}{M(Ag)};\quad n(Ag) = \frac{5,4}{108}\ \text{mol} = 0,05\ \text{mol}.$$

(a) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CH_3COH) = \frac{1}{2}n(Ag);\quad n(CH_3COH) = \frac{1}{2}0,05\ \text{mol} =$$

$$= 0,025\ \text{mol};$$

$$m(CH_3COH) = n(CH_3COH) \cdot M(CH_3COH);$$

$$m(CH_3COH) = 0,025 \cdot 44 = 1,1\ \text{g}.$$

1,1 g — massasi 8 g bo'lgan kislotadagi asetaldegid massasi.

Natriy gidroksid bilan sirka kislota o'zaro reaksiyaga kirishadi:

$$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O \qquad (b)$$

NaOH eritmasining massasi quyidagidan iborat:

$$m = V\rho;\quad m = 10,26 \cdot 1,3\ \text{g} = 13,34\ \text{g}.$$

Reaksiyaga kirishgan natriy gidroksid moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$n(NaOH) = m\omega(NaOH);\quad n(NaOH) = 13,34 \cdot 0,3\ \text{g} = 4,0\ \text{g};$$

$$n(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)};\quad n(NaOH) = \frac{4}{40}\ \text{mol} = 0,1\ \text{mol}.$$

(b) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CH_3COOH) = n(NaOH);\quad n(CH_3COOH) = 0,1\ \text{mol};$$

$$m(CH_3COOH) = n(CH_3COOH) \cdot M(CH_3COOH);$$

$$m(CH_3COOH) = 0,1 \cdot 60\ \text{g} = 6\ \text{g}.$$

6 g — kislota namunasidagi $CH_3COOH$ ning massasi.

Kislota namunasidagi spirtning massasi $m'$ ni topamiz:

$$m(C_2H_5OH) = m' - m(CH_3COH) = m(CH_3COOH);$$

$$m(C_2H_5OH) = (8 - 1,1 - 6)\ \text{g} = 0,9\ \text{g}.$$

Spirt va aldegid — qo'shimchalarning massa ulushlarini hisoblaymiz:

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{m'};\ \omega(C_2H_5OH) = \frac{0,9}{8} = 0,1125 \text{ yoki } 11,25\%;$$

$$\omega(CH_3COH) = \frac{m(CH_3COH)}{m'};\ \omega(CH_3COH) = \frac{1,1}{8} = 0,1375 \text{ yoki } 13,75\%.$$

**21.34.** Propion kislota chumoli kislota va propil spirt bilan ifloslangan. Massasi 150 g bo'lgan kislota namunasiga mo'l miqdor kaliy gidrokarbonat qo'shildi, 44,8 l hajm (normal sharoitda) gaz olindi. Kislotaning shunday namunasiga kumush oksidning ammiakdagi eritmasidan mo'l miqdorda qo'shildi, natijada massasi 2,16 g bo'lgan cho'kma hosil bo'ldi. Qo'shimchalarning kislotadagi massa ulushlarini aniqlang. *Javob:* chumoli kislota — 0,31%, propil-spirt 1,03%.

**21.35.** Massasi 7,2 g bo'lgan propanol-1 ni oksidlab, propion kislota olindi, uni neytrallash uchun zichligi 1,22 g/ml, natriy gidroksidning massa ulushi 20% bo'lgan 16,4 ml hajm eritma sarflandi. Kislotaning unumini aniqlang. *Javob:* 83,3%.

**21.36.** Asetaldegidning kislorod bilan katalitik oksidlanishi natijasida, unumi 75% bo'lgan sirka kislota olindi. Bu kislota mo'l miqdor natriy karbonat bilan reaksiyaga kirishdi. Ajralib chiqqan gaz natriy gidroksid bilan massasi 5,04 g bo'lgan nordon tuz hosil qildi. Aldegid bilan reaksiyaga kirishgan kislorodning hajmini aniqlang. *Javob:* 1,792 l.

## 22. MURAKKAB EFIRLAR. YOG'LAR

**22.1.** Quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan reaksiyalarning tenglamalarini yozing:

a) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH \rightarrow CH_3CH_2CH_2OH \rightarrow$

$\rightarrow CH_2CH_2CH_2COOH \rightarrow C_3H_7COOC_3H_7$

b) etilasetat → natriy asetat → sirka kislota → metilasetat. Bu reaksiyalar qanday sharoitda boradi?

**22.2.** Yozuvi bo'lmagan to'rtta probirkada etanol, etilasetat, sirka kislota va asetaldegid bor. Bu moddalarni qanday kimyoviy reaksiyalar yordamida bir-biridan farq qilish mumkin?

Shu reaksiyalarning tenglamalarini yozing va ularning borish sharoitlarini ko'rsating.

**22.3.** Massasi 1,61 g bo'lgan etanol va massasi 1,80 g bo'lgan sirka kislotaning eterifikatsiya reaksiyasida, agar mahsulot unumi 75% ga teng bo'lsa, etilasetatning qancha massasini olish mumkin? *Javob:* 1,98 g.

**22.4.** Nok essensiyasi sirka kislota bilan izoamil spirtning (3-metilbutanol-1) murakkab efiridir. Massasi 4,4 g bo'lgan izoamil spirt bilan zichligi 1,06 g/ml sirka kislotaning massa ulushi 96% bo'lgan 3,54 ml hajmli eritmasi sulfat kislota ishtirokida qizdirilganda izoamilasetatning qancha massasi hosil bo'lishi mumkin? Efir unumi 80% ni tashkil etadi.

*Yechish.* Eterifikatsiya reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H-CH_2-CH_2OH + CH_3COOH \rightarrow$$

$$\rightarrow CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H-CH_2-CH_2-O-\underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + H_2O$$

yoki

$$C_5H_{11}OH + CH_3COOH \rightarrow C_5H_{11}OCOCH_3 + H_2O$$

Reaksiya uchun olingan spirt va kislota moddalarining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(C_5H_{11}OH) = \frac{m(C_5H_{11}OH)}{M(C_5H_{11}OH)};\quad n(C_5H_{11}OH) = \frac{4,4}{88}\ \text{mol} = 0,05\ \text{mol};$$

$$m = V\rho,\quad m = 3,54 \cdot 1,06\ \text{g} = 3,75\ \text{g};$$

$$m(CH_3COOH) = m\,\omega(CH_3COOH);\ m(CH_3COOH) = 3,75 \cdot 0,96\,\text{g} = 3,6\,\text{g};$$

$$n(CH_3COOH) = \frac{m(CH_3COOH)}{M(CH_3COOH)};\quad n(CH_3COOH) = \frac{3,6}{60}\ \text{mol} = 0,06\ \text{mol}.$$

Binobarin, sirka kislota mo'l miqdorda olingan.

Reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n_{(efir)} = n(C_5H_{11}OH);\ n_{(efir)} = 0,05\ \text{mol}.$$

Olingan efirning massasini aniqlaymiz:

$$m_{(efir)} = n_{(efir)} \cdot M_{(efir)};\ m_{(efir)} = 0,05 \cdot 130\ \text{g} = 6,5\ \text{g}.$$

Mahsulot unumini hisobga olib, efirning haqiqiy olingan massasini topamiz.

$$m_{r(efir)} = \frac{m_{(efir)} \cdot \eta}{100};\quad m_{r(efir)} = \frac{6,5}{100} = 5,2\ \text{g}.$$

**22.5.** Massasi 2,4 g bo'lgan metanol va massasi 3,6 g bo'lgan sirka kislota qizdirilganda massasi 3,7 g bo'lgan metilasetat olindi. Efirning unumini aniqlang. *Javob:* 83,3%.

**22.6.** Massasi 10,3 g bo'lgan metilasetat va etilasetat aralashmasi bor. Metilasetatning aralashmadagi massa ulushi 35,9%, etilasetatniki — 64,1 % dan iborat. Efir aralashmasining to'liq ishqoriy gidrolizlanishi uchun zichligi 1,4 g/ml, massa ulushi 40% bo'lgan natriy gidroksidning eritmasidan qancha hajm kerak bo'ladi? *Javob:* 12,5 ml.

**22.7.** Massasi 27,54 g bo'lgan noma'lum to'yingan bir asosli kislota metil efirning ishqoriy gidrolizlanish reaksiyasiga zichligi 1,2 g/ml, massa ulushi 18% bo'lgan 50 ml hajmdagi natriy gidroksidning eritmasi sarflandi. Dastlabki efirni qaysi kislota hosil qilgan? *Javob:* moy kislota.

**22.8.** Etanol, sirka kislota va katalizator vazifasini bajaradigan mo'l miqdordagi sulfat kislota aralashmasi 13,2 g etilasetat olindi. Efir unumi 60%. Xuddi shu massadagi dastlabki aralashmaga mo'l natriy gidrokarbonat ta'sir ettirilganda 7,84 l hajmli (normal sharoitda) gaz hosil bo'ldi. Aralashmadagi moddalarning massa ulushini aniqlang.

*Yechish.* Eterifikatsiya reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \rightarrow C_2H_5OCOCH_3 + H_2O \qquad (a)$$

Natriy gidrokarbonat bilan faqat sirka kislota reaksiyaga kirishadi:

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O \qquad (b)$$

(b) reaksiyada olingan uglerod (IV) oksid moddasining miqdorini aniqlaymiz:

$$n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{V_m};\ n(CO_2) = \frac{7,84}{22,4}\ \text{mol} = 0,35\ \text{mol}.$$

(b) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(CH_3COOH) = n(CO_2);\ n(CH_3COOH) = 0,35\ \text{mol};$$

$$m(CH_3COOH) = n(CH_3COOH) \cdot M(CH_3COOH);$$

$$m(CH_3COOH) = 0,35 \cdot 60\ \text{g} = 21\ \text{g}.$$

21 g — aralashmadagi sirka kislotaning massasi.

Unum miqdoriy bo'lganda olinishi kerak bo'lgan efir moddasining massasi va miqdorini aniqlaymiz:

$$m_{(efir)} = \frac{m_{p(efir)} \cdot 100}{\eta};\ m_{(efir)} = \frac{13{,}2 \cdot 100}{60}\ g = 22\ g;$$

$$n_{(efir)} = \frac{m_{(efir)}}{M_{(efir)}};\ n_{(efir)} = \frac{22}{88} = mol = 0{,}25\ mol.$$

Binobarin, aralashmada mo'l miqdor kislota bor (modda miqdori 0,35 mol bo'lgan kislotadan mo'l miqdor spirt bo'lganda modda miqdori 0,35 mol bo'lgan efir olish mumkin bo'ladi).

(a) reaksiya tenglamasi asosida quyidagini yozamiz:

$$n(C_2H_5OH) = n_{(efir)};\ n_{(efir)} = \frac{22}{88}\ mol = 0{,}25\ mol.$$

Spirtning dastlabki aralashma namunasidagi massasini aniqlaymiz:

$$m(C_2H_5OH) = n(C_2H_5OH) \cdot M(C_2H_5OH);\ m(C_2H_5OH) = 0{,}25 \cdot 46\ g = 11{,}5\ g.$$

Dastlabki aralashma namunasining massasi quyidagidan iborat:

$$m = m(C_2H_5OH) + m(CH_3COOH);\ m = (11{,}5 + 21)\ g = 32{,}5\ g.$$

Komponentlarning aralashmadagi massa ulushlarini aniqlaymiz:

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{m};\ \omega(C_2H_5OH) = \frac{11{,}5}{32{,}5} = 0{,}354 \text{ yoki } 35{,}4\%;$$

$$\omega(CH_3COOH) = \frac{m(CH_3COOH)}{m};$$

$$\omega(CH_3COOH) = \frac{21}{32{,}5} = 0{,}646 \text{ yoki } 64{,}6\%.$$

**22.9.** Metanol va propion kislota aralashmasi bor. Shu aralashma namunasini konsentrlangan sulfat kislota bilan qizdirilganda massasi 13,2 g bo'lgan efir olindi. Aralashmaning shunday namunasini neytrallashga natriy gidroksidning massa ulushi 20% bo'lgan 40 g massali eritmasi sarflandi. Komponentlarning dastlabki aralashmadagi massa ulushini aniqlang. *Javob:* metanol — 24,5%, propion kislota — 75,5%.

**22.10.** Trioleindan iborat bo'lgan yog' namunasi gidrolizlanadi. Agar olingan kislotaning gidrogenlanishi uchun 336 l hajm (normal sharoitda) vodorod sarf qilingan bo'lsa, yog'ning qanday massasi olingan bo'ladi?

*Yechish.* Trioleatning gidrolizlanish reaksiyasining tenglamasini yozamiz:

$$\begin{array}{l} CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} \\ CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} \\ CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} \\ \text{trioleat} \end{array} + 3H_2O \rightarrow \begin{array}{l} CH_2OH \\ CHOH \\ CH_2OH \\ \text{glitserin} \end{array} + \underset{\text{olein kislota}}{3C_{17}H_{32}COOH} \quad (a)$$

Olein kislota to'yinmagan. Uning gidrogenlanish reaksiyasining tenglamasi:

$$C_{17}H_{33}COOH + H_2 \rightarrow C_{17}H_{35}COOH. \quad (b)$$

Olein kislotaning gidrogenlanish reaksiyasiga sarflangan vodorod moddasining miqdorini topamiz:

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m};\ n(H_2) = \frac{336}{22,4}\ \text{mol} = 15\ \text{mol}.$$

(b) reaksiya tenglamasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n(C_{17}H_{33}COOH) = n(H_2);\ n(C_{17}H_{33}COOH) = 15\ \text{mol}.$$

(a) tenglama asosida quyidagini yozamiz:

$$n_{(\text{trioleat})} = \frac{1}{3}n(C_{17}H_{33}COOH);$$

$$n_{(\text{trioleat})} = \frac{1}{3} \cdot 15\ \text{mol} = 5\ \text{mol}.$$

Reaksiya uchun olingan yog'ning massasini topamiz:

$$m_{(\text{trioleat})} = n_{(\text{trioleat})} \cdot M_{(\text{trioleat})};$$

$$m_{(\text{trioleat})} = 5 \cdot 922\ \text{g} = 4610\ \text{g} = 4,61\ \text{kg}.$$

**22.11.** Ba'zi bir yog'ning asosiy komponenti massa ulushi 80% ni tashkil etgan tristearatdir. Massasi 72,5 g shunday yog'ning sovunlanishi natijasida glitserin va stearin kislotaning qanday massalarini olish mumkin? *Javob:* 5,875 kg glitserin; 53,25 kg stearin kislota.

**22.12.** Kaliy stearat — suyuq sovunning muhim komponentidir. Agar mahsulot unumi ishlab chiqarish isrofgarchiligi tufayli 80% ni tashkil etsa, massasi 500 kg bo'lgan kaliy stearat olish uchun kaliy gidroksid va tristearatning qanday massasi kerak bo'ladi? *Javob:* 570,3 kg yog' va 103,2 kg kaliy gidroksid.

**22.13.** Massasi 232 g bo'lgan yog'ning gidrolizlanishi natijasida massasi 213 g bo'lgan to'yingan bir asosli karbon kislota va glitserin olindi. Yog'ning formulasini aniqlang va uning nomini ayting. *Javob:* tristearat.

## ADABIYOTLAR

**Y. L. Goldfarb, Y. V. Xodakov, Y. B. Dodonov** Kimyodan mashq va masalalar to'plami. T., «O'qituvchi», 1984.

**A. S. Gudkova, K. M. Yefremova, N. N. Magdesiyeva, N. V. Melchakova.** Kimyodan 500 masala. T., «O'qituvchi», 1984.

Краткий справочник физико-химических величин. 8-е изд. /Под ред. **А. А. Равделя и А. М. Пономаревой.** — Л; Химия, 1983.

**Лидин Р. А., Молочко В. А., Андреева Л. Л., Цветков А. А.** Основы номенклатуры неорганических веществ. Под ред. **Б. Д. Степина** — М.: Химия, 1983.

Сборник конкурсных задач по химии с решениями/Под ред. **Володиной М. А.** — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983.

**Стоцкий Л. Р.** Физические величины и их единицы: Справочник. — М.: Просвещение, 1984.

Химия: Справочные материалы/ Под ред. **Третьякова Ю. Д.** — — М.: Просвещение, 1984. **Хомченко Г. П.** Химия для подготовительных отделений. — М.: Высщая школа, 1981.

**G. P. Xomchenko.** Oliy o'quv yurtlariga kiruvchilar uchun kimyodan qo'llanma. T., «O'qituvchi», 1985.

**Цитович И. К., Протасов П. Н.** Методика решения расчётных задач по химии. 4-е изд. — М.: Просвещение, 1983.

## MUNDARIJA

So'zboshi ..... 3
Kirish ..... 4
1-§. Kimyo fani va uning vazifalari ..... 4
2-§. Kimyoning ahamiyati ..... 5

*I QISM.* **UMUMIY KIMYO**

**1-bob. Kimyoning asosiy tushuncha va qonunlari**

1.1-§. Kimyoda atom-molekular ta'limot ..... 7
1.2-§. Kimyoviy elementlar ..... 8
1.3-§. Oddiy va murakkab moddalar. Allotropiya ..... 10
1.4-§. Nisbiy atom massa ..... 11
1.5-§. Nisbiy molekular massa ..... 12
1.6-§. Mol. Molyar massa ..... 12
1.7-§. Kimyoviy belgilar, formula va tenglamalar ..... 14
1.8-§. Kimyoviy reaksiyalar. Reaksiyalarni klassifikatsiyalash ..... 16
1.9-§. Moddalar massasining saqlanish qonuni ..... 20
1.10-§. Modda tarkibining doimiylik qonuni ..... 22
1.11-§. Gaz qonunlari. Avogadro qonuni. Gazning molyar hajmi ..... 23
1.12-§. Namunaviy masalalar yechish. Mol. Molyar massa ..... 27
*1-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 39

**2-bob. D.I.Mendeleyevning davriy qonuni va atomlarning tuzilishi**

2.1-§. D.I.Mendeleyevning davriy qonunni kashf etishi ..... 41
2.2-§. D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasi ..... 44
2.3-§. Atomlar tuzilishining yadro modeli ..... 48
2.4-§. Atom yadrolarining tarkibi. Yadro reaksiyalari ..... 50
2.5-§. Atomdagi elektron holatining hozirgi zamon modeli ..... 54
2.6-§. Atomlar elektron qobiqlarining tuzilishi ..... 56
2.7-§. Elektron formulalar ..... 58
2.8-§. D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasini nazariy asoslash ..... 62
2.9-§. Atomlarning tuzilishi haqidagi ta'limot asosida davriy qonun va davriy sistema ..... 64
2.10-§. Atomlarning davriy xossalari ..... 68
2.11-§. Davriy qonunning va atomlar tuzilishi nazariyasining ahamiyati ..... 71
2.12-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 73
*2-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 78

**3-bob. Kimyoviy bog'lanish**

3.1-§. Kovalent bog'lanish ..... 81
3.2-§. Kovalent bog'lanishning xossalari ..... 86

3.3-§. Ionli bog'lanish ..... 92
3.4-§. Qutbli va qutbsiz molekulalar ..... 94
3.5-§. Metall bog'lanish ..... 96
3.6-§. Vodorod bog'lanish ..... 98
3.7-§. Kristall panjaralarning turlari ..... 99
3.8-§. Struktura formulalari ..... 101
3.9-§. Oksidlanish darajasi ..... 104
3.10-§. Kimyoviy bog'lanish hamda valentlik ..... 107
3.11-§. Namunaviy masalalar yechish. Valentlik va oksidlanish darajasi ..... 111
*3-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 113

**4-bob. Kimyoviy reaksiyalarning tezligi. Kimyoviy muvozanat**

4.1-§. Kimyoviy reaksiyalarning tezligi ..... 116
4.2-§. Reaksiyaning tezligiga ta'sir etuvchi omillar ..... 118
4.3-§. Aktivlanish energiyasi ..... 120
4.4-§. Kataliz va katalizatorlar haqida tushuncha ..... 122
4.5-§. Qaytmas va qaytar reaksiyalar ..... 125
4.6-§. Kimyoviy muvozanat ..... 126
4.7-§. Le Shatelye prinsipi ..... 127
4.8-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 129
*4-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 130

**5-bob. Eritmalarning elektrolitik dissotsilanish nazariyasi**

5.1-§. Eritmalar tarkibining son ifodasi ..... 132
5.2-§. Moddalarning suvda eruvchanligi ..... 134
5.3-§. Erishda bo'ladigan issiqlik hodisalari ..... 137
5.4-§. Elektrolitlar va noelektrolitlar ..... 139
5.5-§. Elektrolitik dissotsilanish nazariyasi ..... 140
5.6-§. Dissotsilanish mexanizmi ..... 141
5.7-§. Ionlarning gidratlanishi ..... 142
5.8-§. Kislota, asos va tuzlarning suvdagi eritmalarda dissotsilanishi ... 143
5.9-§. Dissotsilanish darajasi ..... 145
5.10-§. Kuchli va kuchsiz elektrolitlar ..... 146
5.11-§. Ion almashinish reaksiyalari ..... 147
5.12-§. Suvning dissotsilanishi. pH ..... 149
5.13-§. Kislota va asoslarning protolitik nazariyasi ..... 151
5.14-§. Namunaviy masalalar yechish. Moddalarning suvda eruvchanligi ..... 153
*5-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 161

**6-bob. Anorganik birikmalarning eng muhim sinflari**

6.1-§. Oksidlar ..... 163
6.2-§. Kislotalar ..... 166
6.3-§. Asoslar ..... 168
6.4-§. Tuzlar ..... 170

6.5-§. Tuzlarning gidrolizlanishi ..... 174
6.6-§. Anorganik birikmalarning sinflari orasidagi bog'lanish ..... 179
6.7-§. Namunaviy masalalar yechish. Oksidlar, kislotalar, tuzlar ..... 180
*6-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 184

**7-bob. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari. Elektroliz**

7.1-§. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari nazariyasi ..... 186
7.2-§. Eng muhim qaytaruvchi va oksidlovchilar ..... 189
7.3-§. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini tuzish ..... 191
7.4-§. Reaksiyalarning borishiga muhitning ta'siri ..... 196
7.5-§. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tuzlari ..... 198
7.6-§. Elektrolizning mohiyati ..... 200
7.7-§. Elektrolitlar suvdagi eritmalarining elektrolizi ..... 201
7.8-§. Elektrolizning qo'llanilishi ..... 203
7.9-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 204
*7-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 210

*II QISM.* **ANORGANIK KIMYO**

**8-bob. Vodorod. Galogenlar gruppachasi**

8.1-§. Metallmaslarning umumiy xossalari ..... 214
8.2-§. Vodorod ..... 217
8.3-§. Suv ..... 220
8.4-§. Og'ir suv ..... 222
8.5-§. Galogenlar gruppachasining umumiy tavsifi ..... 222
8.6-§. Xlor ..... 225
8.7-§. Vodorod xlorid va xlorid kislota ..... 228
8.8-§. Xlorid kislotaning tuzlari ..... 230
8.9-§. Ftor, brom va yod haqida qisqacha ma'lumot ..... 231
*8-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 232

**9-bob. Kislorod gruppachasi**

9.1-§. Kislorod gruppachasining umumiy tavsifi ..... 235
9.2-§. Kislorod va uning xossalari ..... 237
9.3-§. Oltingugurt va uning xossalari ..... 239
9.4-§. Vodorod sulfid va sulfidlar ..... 241
9.5-§. Oltingugurt (IV) oksid. Sulfit kislota ..... 243
9.6-§. Oltingugurt (IV) oksid. Sulfat kislota ..... 246
9.7-§. Sulfat kislotaning xossalari va uning amaliy ahamiyati ..... 247
9.8-§. Sulfat kislotaning tuzlari ..... 249
*9-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 250

**10-bob. Azot gruppachasi**

10.1-§. Azot gruppachasining umumiy tavsifi ..... 253
10.2-§. Azot. Sigma- va pi- bog'lanishlar ..... 255
10.3-§. Ammiak ..... 258
10.4-§. Ammiak ishlab chiqarishning kimyoviy asoslari ..... 261
10.5-§. Ammoniy tuzlari ..... 263
10.6-§. Azot oksidlari ..... 264
10.7-§. Nitrat kislota ..... 266
10.8-§. Nitrat kislotaning metallar va metallmaslar bilan o'zaro ta'siri 268
10.9-§. Nitrat kislotaning tuzlari ..... 270
10.10-§. Fosfor ..... 271
10.11-§. Fosfor oksidlari va fosfat kislotalar ..... 274
10.12-§. Mineral o'g'itlar ..... 276
*10-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 278

**11-bob. Uglerod gruppachasi**

11.1-§. Uglerod gruppachasining umumiy tavsifi ..... 280
11.2-§. Uglerod va uning xossalari ..... 282
11.3-§. Uglerod oksidlari. Karbonat kislota ..... 286
11.4-§. Karbonat kislotaning tuzlari ..... 289
11.5-§. Kremniy va uning xossalari ..... 290
11.6-§. Kremniy (IV) oksid va silikat kislota ..... 292
11.7-§. Kolloid eritmalar haqida tushuncha ..... 295
11.8-§. Silikat kislotaning tuzlari ..... 297
11.9-§. Shisha va sementning olinishi ..... 298
11.10-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 300
*11-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 303

**12-bob. Metallarning umumiy xossalari**

12.1-§. Metallarning D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasida joylashgan o'rni ..... 306
12.2-§. Metallarning fizik xossalari ..... 307
12.3-§. Metallarning kimyoviy xossalari ..... 309
12.4-§. Texnikada metallar va qotishmalar ..... 311
12.5-§. Standart elektrod potensiallar qatori ..... 313
12.6-§. Metallar olishning asosiy usullari ..... 316
12.7-§. Metallarning korroziyalanishi ..... 318
12.8-§. Korroziyadan muhofaza qilish ..... 322
*12-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 324

**13-bob. Bosh gruppachalarning metallari**

13.1-§. Litiy gruppachasining umumiy tavsifi ..... 326
13.2-§. Natriy va kaliy ..... 327
13.3-§. O'yuvchi ishqorlar ..... 330
13.4-§. Natriy va kaliy tuzlari ..... 331

13.5-§. Berilliy gruppachasining umumiy tavsifi ..... 332
13.6-§. Kalsiy ..... 333
13.7-§. Kalsiy oksid va gidroksid ..... 334
13.8-§. Kalsiy tuzlari ..... 335
13.9-§. Suvning qattiqligi va uni yo'qotish usullari ..... 336
13.10-§. Bor gruppachasining umumiy tavsifi ..... 339
13.11-§. Aluminiy ..... 340
13.12-§. Aluminiy oksid va gidroksid ..... 343
13.13-§. Aluminiy va uning qotishmalarining ishlatilishi ..... 345
*13-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 346

**14-bob. Yonaki gruppachalarning metallari**

14.1-§. Xrom gruppachasining umumiy tavsifi ..... 350
14.2-§. Xrom ..... 351
14.3-§. Xrom oksidlari va gidroksidlari ..... 353
14.4-§. Xromatlar va dixromatlar ..... 355
14.5-§. Temir oilasining umumiy tavsifi ..... 357
14.6-§. Temir ..... 358
14.7-§. Temir birikmalari ..... 360
14.8-§. Domna jarayoni ..... 362
14.9-§. Cho'yan va po'latlar ..... 365
14.10-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 368
*14-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 373

*III QISM.* **ORGANIK KIMYO**

**15-bob. Organik kimyoning asosiy qoidalari**

15.1-§. Organik kimyo fani ..... 376
15.2-§. Organik birikmalarning o'ziga xos xususiyatlari ..... 376
15.3-§. Izomeriya ..... 378
15.4-§. A.M.Butlerovning organik birikmalarning kimyoviy tuzilish nazariyasi ..... 380
15.5-§. Organik birikmalarning gomologik qatorlari ..... 383
15.6-§. Organik birikmalarning klassifikatsiyasi ..... 383
15.7-§. Organik reaksiyalarning turlari ..... 386
*15-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 388

**16-bob. Uglevodorodlar**

16.1-§. To'yingan uglevodorodlar (alkanlar) ..... 390
16.2-§. Alkanlarning va ular hosilalarining nomenklaturasi ..... 391
16.3-§. Metanning va metan gomologlarining kimyoviy xossalari ..... 394
16.4-§. Sikloalkanlar ..... 399
16.5-§. To'yinmagan uglevodorodlar ..... 400
16.6-§. Etilen va uning gomologlari ..... 402
16.7-§. Polimerlanish reaksiyalari. Polietilen ..... 405

16.8-§. Asetilen va uning gomologlari ..... 407
16.9-§. Diyen uglevodorodlar ..... 409
16.10-§. Tabiiy va sintetik kauchuklar ..... 411
16.11-§. Aromatik uglevodorodlar (arenlar) ..... 412
16.12-§. Benzol va uning gomologlari ..... 415
16.13-§. Neft va uni qayta ishlash ..... 418
16.14-§. Tabiiy gazlar va ulardan foydalanish ..... 420
16.15-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 422
*16-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 426

**17-bob. Kislorodli organik birikmalar**

17.1-§. To'yingan spirtlar ..... 429
17.2-§. Metanol va etanol ..... 434
17.3-§. Etilenglikol va glitserin ..... 435
17.4-§. Fenollar ..... 438
17.5-§. Aldegidlar ..... 441
17.6-§. Formaldegid ..... 442
17.7-§. Asetaldegid ..... 445
17.8-§. Polikondensatlanish reaksiyalari ..... 446
17.9-§. Ketonlar ..... 447
17.10-§. Karbon kislotalar ..... 448
17.11-§. Chumoli kislota ..... 451
17.12-§. Sirka kislota ..... 452
17.13-§. Murakkab efirlar. Eterifikatsiyalash va sovunlanish reaksiyalari 453
17.14-§. Yog'lar ..... 456
17.15-§. Sovunlar va sun'iy yuvish vositalari ..... 457
17.16-§. Uglevodlar ..... 459
17.17-§. Monosaxaridlar va disaxaridlar ..... 459
17.18-§. Polisaxaridlar ..... 462
17.19-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 466
*17-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 468

**18-bob. Azotli organik birikmalar**

18.1-§. Nitrobirikmalar ..... 472
18.2-§. Aminlar ..... 473
18.3-§. Anilin ..... 475
18.4-§. Aminokislotalar ..... 477
18.5-§. Kislotalarning amidlari ..... 481
18.6-§. Oqsillar ..... 482
18.7-§. Namunaviy masalalar yechish ..... 488
*18-bobga doir testlar va ularning yechimlari* ..... 491

Umumiy kimyodan mustaqil yechish uchun test savollari ..... 494

## *IV QISM.* KIMYODAN MASALALAR VA ULARNING YECHIMLARI

**Umumiy kimyo** ..... 498

1. Kimyoning asosiy tushunchalari va qonunlari ..... 498
2. D. I Mendeleyevning davriy qonuni va atomlarning tuzilishi. Kimyoviy bog'lanish ..... 515
3. Kimyoviy reaksiyalarning tezligi. Kimyoviy muvozanat ..... 524
4. Eritmalar. Elektrolitik dissotsilanish ..... 528
5. Anorganik birikmalarning eng muhim sinflari ..... 549
6. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari ..... 566
7. Elektroliz ..... 588
8. Aralash masalalar ..... 594

**Anorganik kimyo** ..... 602

9. Vodorod. Galogenlar ..... 602
10. Kislorod gruppachasi ..... 610
11. Azot gruppachasi ..... 615
12. Uglerod gruppachasi ..... 620
13. Metallarning xossalari ..... 625
14. Asosiy gruppachaning metallari ..... 639
15. Qo'shimcha gruppachalarning metallari ..... 648

**Organik kimyo** ..... 658

16. Alkanlar ..... 658
17. Alkenlar. Alkinlar. Alkadiyenlar ..... 667
18. Aromatik uglevodorodlar ..... 675
19. Spirt va fenollar ..... 682
20. Aldegidlar ..... 693
21. Karbon kislotalar ..... 697
22. Murakkab efirlar. Yog'lar ..... 707

**G.P. Xomchenko**
Kimyo. Oliy o‘quv yurtlariga kiruvchilar uchun. /
**24.1v 6** G.P. Xomchenko, I.G. Xomchenko; tarj. A. Rahimov,
**X—73** O. Kamolova. 3-tuzatilgan nashri. —T.: „O‘qituvchi“ NMIU, 2016. — 720 b.

I.G. Xomchenko

ISBN 978-9943-02-946-0 UO‘K: 54(075)
KBK 24.1v 6

GAVRIIL PLATONOVICH XOMCHENKO,
IVAN GAVRIILOVICH XOMCHENKO

# KIMYO

**Oliy o‘quv yurtlariga kiruvchilar uchun**

To‘rtinchi nashri

*„O‘qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi*
*Toshkent — 2016*

Muharrir *B. Akbarov*
Badiiy muharrir *Sh. Xo‘jayev*
Texnik muharrirlar: *T. Greshnikova, S. Nabiyeva*
Kompyuterda sahifalovchilar: *F. Sodiqova, F. Hasanova*
Musahhihlar: *M. Ibrohimova, M. Islombekova*

Nashriyot litsenziyasi AI №161 14.08.2009. Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 21.01.2016. Bichimi 60×90 $^{1}/_{16}$. Kegli 11 shponli. Tayms garniturasi. Ofset bosma usulida bosildi. Ofset qog‘ozi. Shartli b.t. 45,0+0,25 forzas. Nashr t. 42,46+0,38 forzas. 5000 nusxada bosildi. Bahosi shartnoma asosida. Buyurtma № 27—16.

O‘zbekiston Matbuot va axborot agentligining „O‘qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent — 206, Yunusobod dahasi. Yangishahar ko‘chasi, 1-uy. Shartnoma № 07—34—16.