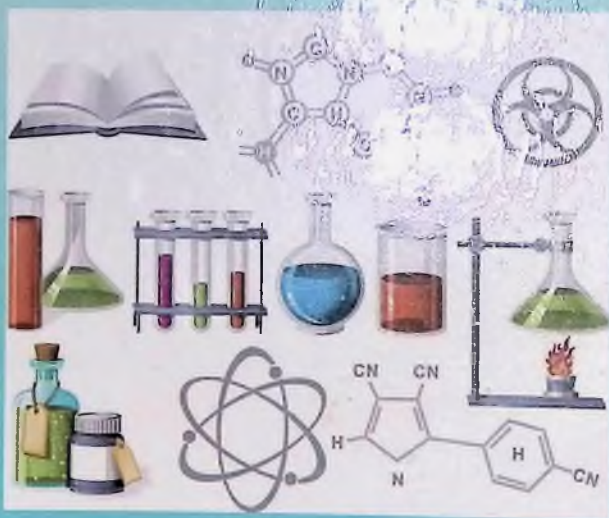


M. MIRKOMILOVA

ANALITIK KIMYO





O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

3/4

TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

M. MIRKOMILOVA

ANALITIK KIMYO

Qayta ishlangan va to'ldirilgan uchinchi nashri



TOSHKENT
«IQTISOD-MOLIYA»
2015

UO'K: 543=(075)
KBK: 24.4
M55

Taqrizchilar: KTI rektori prof. **Turobjonov S.M.**
prof. **Sayfutdinov R.S.**

Mirkomilova M.

M55 **Analitik kimyo.** Darslik (to'ldirilgan va qayta ishlangan uchinchi nashri). M. Mirkomilova. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. Toshkent Kimyo-texnologiya instituti. – T.: «Iqtisod-Moliya», 2015. – 536 b.

Darslik ikki bo'lim bo'lib, birinchi bo'lim sifat analizdan iborat, unda I–V analitik guruh kationlarining analizi hamda ayrim guruhlarining har bir kationlari uchun xos reaksiyalari keltirilgan. Sifat reaksiyalari fanni o'rganishda ko'p uchraydigan ionlar xossalarini nazarda tutgan holda tanlab olingan.

Ikkinchi bo'lim miqdoriya analizni o'z ichiga oladi, unda gravimetrik, titrimetrik (neytrallashtirish usuli, permanganatometriya, cho'ktirish va kompleks hosil qilish usullari batafsil yoritilgan. Har bir berilgan mavzudan laboratoriya ishlari to'liq yozilgan. Test savollari va masalalar yechimi bilan berilgan.

Darslikdan kimyo va kimyo-texnologiya universitetlar, aspirantlar va shu sohada ishlaydigan xodimlar foydalanishlari mumkin.

UO'K: 543=(075)
KBK: 24.4ya73

ISBN 978-9943-01-625-5
ISBN 978-9943-13-531-4

© «O'zbekiston», 2010
© «Iqtisod-Moliya», 2015

KIRISH

Har bir mamlakatning iqtisodiy rivoji so'zsiz zamonaviy fan-texnika va texnologiyalarga asoslangan ishlab chiqarish, sanoat sohalari tufayli ta'minlanadi. Bunda, albatta, yetarli darajada xomashyo manbalari va har bir soha bo'yicha yetuk mutaxassis kadrlar alohida o'rin tutadi. Shuning uchun ham mustaqillikka erishgach, Respublikamizda aynan shu masalalarga alohida e'tibor qaratildi.

Mamlakatimizda yerosti qazilma boyliklari, yer yuzasida mavjud bo'lgan xomashyo manbalari yetarli darajada bor. D.I. Mendeleyevning elementlar davriy sistemasi jadvalidagi barcha tabiiy elementlar, shu jumladan, juda ko'plab nodir va rangli metallarni tarkibida tutuvchi manbalari serob desa ham bo'ladi.

Yurtimizda, ayniqsa, so'nggi yillarda barcha tur tabiiy modda va mahsulotlarni qayta ishlaydigan zamonaviy zavod va fabrikalar, xo'jaliklar bunyod etilib, ular samarali faoliyat ko'rsatishmoqda. Kadrlar tayyorlash amaliyotida ham nihoyatda e'tibor berilmoqda.

Analizning fizik-kimyoviy usullari kimyoviy reaksiyalar vaqtida sodir bo'ladigan fizikaviy o'zgarishlar (eritmalar rangi intensivligining o'zgarishi, eritmalar elektr o'tkazuvchanligini, oksidlanish-qaytarilish potensialining o'zgarishi va hokazolar)ni tekshirishga asoslangan. Jumladan, kalorimetrik analiz moddaning konsentratsiyasi o'zgarishi bilan eritma rangining intensivligi o'zgarishini aniqlashga asoslangan; konduktometrik titrlash metodi esa eritma konsentratsiyasi o'zgarganda elektr o'tkazuvchanlik qiymatini o'lchashga asoslanadi.

Fizikaviy va fizik-kimyoviy usullar ba'zan instrumental usullar nomi bilan yuritiladi, chunki moddaning biror xossasini ifodalaydigan muayyan parametrlar qiymatini aniq o'lchashga imkon beradigan nozik asbob-uskunalar (instrumentlar)dan foydalaniladi.

Har qaysi bo'lim boshlanishida nazariy material berilgan. Xalq xo'jaligini zamon talablariga yarasha rivojlantirishda xomashyo, yarim mahsulot va tayyor mahsulotlar sifatini oshirishga

katta ahamiyat berilmoqda. Bu esa, kimyoviy analizning aniq-ligini, tezligini oshirishni hamda texnologik jarayonlarni avto-matlashtirishni talab etadi.

Har qaysi bobning oxirida mavzularni yanada chuqurroq o'zlashtirishga mo'ljallangan o'z-o'zini tekshirish uchun savollar va masalalar berilgan.

Muallif qo'llanma qo'lyozmasini ko'rib chiqib, o'zlarining qimmatli maslahatlarini bergan professor S.M. Turobjonovga, D.Yu. Yusupovga, G'.R. Rahmonberdiyevga, shuningdek, qo'l-yozmani diqqat-e'tibor bilan tahrir qilgan professor Q. Axme-rovga o'zining chuqur minnatdorchiligini izhor etadi.

Muallif kitobning sifatini yanada yaxshilashga qaratilgan fikr-mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladi.

Analitik kimyo kimyoviy analiz usullari haqidagi fan bo'lib, oliy o'quv yurtlarining kimyo va kimyoviy texnologiya fakul-tetlarining talabalari tomonidan o'rganiladigan umumkimyoviy o'quv fanlari ichida asosiylaridan biri hisoblanadi. Analitik kimyo – insonning ishlab chiqarish faoliyati bilan bog'langan. Binobarin, xomashyolar yoki mahsulotlar tarkibidagi asosiy komponentlar va qoldiqlar miqdori haqida ma'lumotlarga ega bo'lmasdan metallurgiya, kimyo, dorishunoslik va boshqa sa-noat tarmoqlarining texnologiya jarayonlarini mohirona rivoj-lantirish hamda boshqarish mumkin emas.

Ushbu darslik oliy o'quv yurtlarining kimyo va kimyodan boshqa ixtisos bo'yicha tahsil olayotgan talabalar uchun mo'ljal-langan, lekin undan o'rta maxsus o'quv yurtlarining talabalari hamda kimyoviy analiz bilan shug'ullanadigan barcha xodimlar foydalanishlari mumkin. Unda bo'lajak texnologlar modda, yarim mahsulot, tayyor mahsulotlarni (kaolin, qum, ohak, flo-mit, sement, shisha, gil) kimyoviy analiz qilish amaliyotini bi-lishlari hamda texnologik jarayonni, oziq-ovqat mahsulotlarini, atrof-muhitning ekologik tozaligini tahlil qila bilishlari kerakligi e'tiborga olingan.

Darslikda har qaysi bo'limning boshlanishida qisqa nazariy qism bayon etilgan, ya'ni, massalar ta'siri qonunni, eruvchanlik ko'paytmasi, dissotsiyanish, gidrolizlanish jarayoni, oksidla-nish-qaytarilish reaksiyalari hamda ularning analitik kimyodagi ahamiyati va qo'llanishi bayon qilingan.

Darslik ikki bo'limdan iborat bo'lib, birinchi bo'lim sifat analizidan iborat; unda I—V analitik guruh kationlarining analizi hamda ayrim guruhlarning har bir kationlari uchun xos reaksiyalari keltirilgan. Sifat reaksiyalari fanni o'rganishda ko'p uchraydigan ionlar xossalari nazarida tutgan holda tanlab olingan.

Ikkinchi bo'lim miqdoriy analizni o'z ichiga oladi, unda gravimetrik, titrimetrik analiz usullari keltirilgan.

Gravimetrik analiz quyida o'rtacha namuna olish usullari, cho'ktirish hamda hosil bo'lgan cho'kmani filtrlash, yuvish, quritish, tarozida tortish va okklyuziyalar hamda hisoblash usullarini qamrab oladi.

Titrimetrik analizda hajmiy analiz usullari, neytrallash, cho'ktirish, kompleksometriya va oksidimetriya usullari keltirilgan.

Ko'pchilik kimyoviy usullar yaxshi tekshirilgan va klassik usullar hisoblanadi. Lekin mavjud usullar seziluvchanligi va aniqlashga yaroqliligi jihatdan, ayniqsa, moddalar tozaligini aniqlashda, fan va texnikaning o'sib borayotgan talablariga hamma vaqt ham javob bera olmaydi. Analizlarning kimyoviy usullari yordamida bajarilish tezligi ham ishlab chiqarish ehtiyojlarini har doim qondira olmaydi, holbuki ishlab chiqarishda texnologik jarayonlarni tartibga solib turish uchun analiz natijalarini qisqa muddatda olib turish juda muhimdir. Shu sababli yuqori sezgirlikka ega bo'lgan va tez bajariladigan analiz usullari ham ishlab chiqilgan, ekspress usullar yaratilmoqda. Bu talablarni ko'p darajada fizikaviy va fizik-kimyoviy usullar qanoatlantiradi.

Analizning fizikaviy usullari moddaning kimyoviy tarkibi bilan uning ayrim fizikaviy xossalari o'rtasidagi bog'lanishdan foydalanishga asoslanadi. Chunonchi, spektral analizda modda gaz alangasiga, elektr yoyiga kiritilganda sodir bo'ladigan nurlanish spektri tekshiriladi. Spektrda izlanayotgan elementlar uchun xos chiziqlar bo'lishiga qarab, tekshirilayotgan moddada o'sha elementlar bor-yoqligi haqida, chiziqlarning ravshanlik darajasiga qarab esa, ularning miqdori to'g'risida xulosa chiqariladi. Spektral analiz juda sezgir (10^{-6} — 10^{-8} g), oz vaqt oladi va ko'p miqdor modda talab qilmaydi.

I bob. ANALITIK KIMYO VA UNING AHAMIYATI

1.1. Analitik kimyo fani va uning usullari

Analitik kimyo kimyoviy analizning nazariy asoslari va usullarini o'rganadigan fandir. Analitik kimyo moddalarning (yoki ularning aralashmalari) sifat va miqdoriy tekshirish usullari haqidagi fandir.

Analitik kimyoning amaliy vazifasi, moddalarning yoki ularning aralashmalari tarkibini aniqlashdan iborat. Moddaning kimyoviy analizida, avval sifat tarkibi aniqlanadi, ya'ni u qanday elementlardan, element guruhlaridan yoki ionlardan tashkil topganligi, so'ngra moddaning miqdoriy tarkibi, modda tarkibidagi elementlar yoki ionlarning miqdoriy nisbatlari aniqlanadi. Ana shu xil analiz usullariga ko'ra analitik kimyo sifat analizi va miqdoriy analiz qismlariga bo'linadi.

Modda tarkibida qanday element yoki ionlar borligini aniqlash sifat analizining vazifasidir.

Tekshirilayotgan modda tarkibini tashkil etgan element yoki ionlar, qanday miqdoriy nisbatda ekanini aniqlash miqdoriy analizning vazifasidir.

Tekshirilayotgan moddaning oldindan ma'lum bo'lgan biror tarkibiy qismining foiz hisobidagi miqdorini aniqlash zarur bo'lganda ham avval sifat analizi o'tkazishga to'g'ri keladi, chunki tekshirilayotgan moddada qanday elementlar yoki ionlar borligi bilib olingandan keyingina, shu moddaning tarkibiy qismlarini miqdoriy jihatdan aniqlashning eng qulay usullarini tanlab olish mumkin.

Analitik kimyo, kimyoga yaqin bo'lgan fanlar — mineralogiya, geologiya, fiziologiya, mikrobiologiya, shuningdek, tibbiyot, agronomiya va texnika fanlari amaliyotida ham muhim rol o'ynaydi. Biror jihatidan kimyoviy hodisalar bilan boshlangan ilmiy tekshirish ishlarida analitik kimyo usullaridan foydalanishga to'g'ri keladi.

Analitik kimyo muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Deyarli barcha kimyo qonunlari analitik kimyo qonunlari, analitik kimyo usullari yordamida topiladi. Turli moddalar, ma'danlar, minerallar, Oy tuprog'i, uzoq sayyora va boshqa osmon jismlarining tarkiblari analitik kimyo usullari orqali aniqlangan.

Hozirgi zamonning biror-bir kimyoviy izlanishini, xoh u yangi modda olish bo'lsin yoki yangi texnologik tizim ishlab chiqilmasin, ishlab chiqarishni jadallashtirish yoki mahsulot sifatini oshirish bo'lmasin, baribir ularni analitik kimyo usullarini qo'llamasdan turib, amalga oshirib bo'lmaydi.

Analitik kimyo atrof-muhitni muhofaza qilish, chiqindilar tarkibini o'rganish, yerosti suvlari tarkibini o'rganish bilan bog'liqdir. Atrof-muhitning ifloslanish darajasini tekshirib turish umumdavlat jamiyati bo'lib, u atmosfera iflosligi, tuproq, dengiz va chuchuk suvlarning tarkibini, ifloslanish darajasini kuzatib boradi. Chunki suv, atmosfera havosi tarkibidagi o'zgarishlarni aniqlamasdan, ularni tozalashga kirishib bo'lmaydi.

Analitik kimyo fani va uning usullarini sinflanishi

Analitik kimyo fanining vazifasi, moddalarning va ular aralashmalarining tarkibini aniqlashga yordam beradigan kimyoviy analiz usullarini ishlab chiqish hamda nazariy jihatdan asoslashdan iboratdir. Analiz qilishda, avval moddaning sifat tarkibi aniqlanadi, ya'ni u qanday elementlardan yoki ionlardan tarkib topganligi haqidagi masala hal qilinadi, so'ngra moddaning ishqor tarkibini aniqlashga o'tiladi, ya'ni shu moddada topilgan elementlar yoki ionlar qanday miqdoriy nisbatlarda ekanligi bilib olinadi.

Modda tarkibiga kirgan ayrim element yoki ionlarni topish, boshqacha aytganda «kashf etish» sifat analizining vazifasidir.

Tekshirilayotgan modda tarkibini tashkil etgan element yoki ionlar miqdorini aniqlash miqdoriy analizning vazifasidir.

Sifat analizi doimo miqdoriy analizdan oldin o'tilishi kerak. Tekshirilayotgan moddaning ilgaridan ma'lum bo'lgan bironta tarkibiy qismining foiz miqdorini aniqlashda zarur bo'lganda ham sifat analizidan foydalanishga to'g'ri keladi. Masalan, bu

analiz uchun eng muvofiq usullarni tanlab olish mumkin bo'ladi.

Biror jihatdan kimyoviy hodisalar, bog'langan deyarli har qanday ilmiy tekshirishlarida, analitik kimyo usullaridan foydalanish ham muhimdir. Kimyoviy analiz xalq xo'jaligida ham juda katta ahamiyatga ega; busiz sanoatning eng muhim tarmoqlaridagi ishlab chiqarishni kimyoviy nazorat qilish, shuningdek, tuproqni, o'g'itlarni, qishloq xo'jaligidagi mahsulotlarni, qazilma boyliklar va boshqalarni kimyoviy jihatdan analitik kimyo fanidan foydalanmasdan tekshirish mumkin emas.

Sifat analizining vazifasi, ya'ni tekshirilayotgan modda tarkibiga kiruvchi elementlar yoki ionlarni aniqlash masalasida uch xil usullar qo'llaniladi: kimyoviy, fizikaviy va fizik-kimyoviy analiz usullaridan foydalanib bu masalani hal qilish mumkin.

Sifat analizning kimyoviy analiz usullarida — topilishi lozim bo'lgan element yoki ion hosil bo'lishidan aniqlash mumkin bo'lgan, birorta ayrim xarakterli xossalarga ega bo'lgan yangi birikmaga aylantiriladi (yangi birikma hosil bo'lganligi, ana shu xarakterli xossalarga ega bo'ladi). Bunda, sodir bo'ladigan kimyoviy o'zgarish analitik reaksiya deyiladi; bu reaksiya sodir bo'lishi uchun kerakli modda reagent deyiladi. Demak, kimyoviy analiz usullarida — kimyoviy reaksiya ishtirokida analiz qilinadi, spetsifik o'zgarishlar kuzatilishi lozim. Bu analiz ham sifat analizda, ham miqdoriy analizlarda qo'llaniladi. Usulning kamchiligi — kam tanlovchan, sezgirliги ancha past va analiz uzoq vaqt talab qiladi, afzalligi — sodda va yuqori aniqligi bilan hozirgi davrda ham bu usullar qo'llanilmoqda.

Analizning kimyoviy usullarining qo'llanilishining ham boshqa eksperimental usullar kabi ma'lum me'yor bor, ularni ana shu me'yordan ortiq qo'llab bo'lmaydi. Masalan, mavjud usullar fan va texnikaning o'sib borayotgan talablariga sezgirlik jihatidan, ya'ni har xil aralashmalaridan «asar» (juda oz miqdor)ni topish va aniqlashga bu usullar topish va aniqlashga hamma vaqt javob bermaydi.

Shuning uchun kimyoviy usullar bilan bir qatorda, fizik va fizik-kimyoviy analiz usullari borgan sari keng tarqalgan va bu usullar kimyoviy analizdan ustun turadi.

Fizik analiz usuli moddaning kimyoviy tarkibini va uning, qandaydir fizikaviy xossalari o'rtasidagi bog'lanishga asoslangan. Masalan, fizik analiz usullaridan biri, moddani gorelka alangasiga elektr sim yoki hokazolarga kiritilganda sodir bo'ladigan nurlanish spektrini tekshiradigan spektral analizdir. Spektrda ma'lum to'liq uzunligida ega bo'lgan tekshirilayotgan elementlar uchun xos chiziqlar bo'lishiga qarab, berilgan moddada shu elementlar borligi haqida chiziqlarning ravshanligiga qarab esa, uning miqdori to'g'risida fikr yuritiladi. Bu usul juda sezgir ($10^{-6} \div 10^{-8}$ g) miqdordagi elementlarning miqdorini aniqlab beradi. Bu usullarga lyuminessent analiz kiradi. Moddani ultrabinafsha nurlanish asosida ham aniqlash mumkin.

Fizikaviy va fizik-kimyoviy usullar ba'zan instrumental (asbob ishtirokida) usullar, deb ataladi, chunki moddaning biror xossasini ifodalaydigan muayyan parametrlar qiymatini aniq o'lchashga imkon beradigan nozik (qimmatbaho) asbob-uskunalar (instrument)lardan foydalaniladi. Bu usullarga kiradi: elektrometrik analiz usullaridan potensiommetrik, amperometrik, pollrografik, kumenometrik va optik analiz usullaridan — atom, molekulyar-absorbsiyalash analizlar, yana xromotografik va boshqalar.

Bu usullar ishlab chiqarish va ilmiy laboratoriyalarda keng qo'llaniladi. Barcha korxonalarning laboratoriyalarda fizik-kimyoviy analiz asbob va uskunalar mavjud. Ushbu asboblarning datchiklari texnologik jarayonini avtomatlashtirish va uzluksiz nazorat qilishga imkon beradi. Ammo o'zining bajarilishi soddaligi, arzonligi ba'zi bir hollarda esa, aniqligi jihatdan kimyoviy analiz usullari ahamiyatini yo'qotmagan va tarkibi jihatdan murakkab bo'lmagan obyektlarning analizda qo'llaniladi. Shuning uchun kimyoviy usullarni o'rganish hozirgi paytda ham muhimdir.

1.2. Analitik kimyoning rivojlanish tarixi

Analitik kimyoning amaliy usullari qadim zamonlardan, ba'zi tabiiy birikmalarni ularning xususiyatlariga qarab aniqlashdan boshlangan. Lekin u ilmiy fan sifatida asosan XVII asr-

analiz uchun eng muvofiq usullarni tanlab olish mumkin bo'ladi.

Biror jihatdan kimyoviy hodisalar, bog'langan deyarli har qanday ilmiy tekshirishlarida, analitik kimyo usullaridan foydalanish ham muhimdir. Kimyoviy analiz xalq xo'jaligida ham juda katta ahamiyatga ega; busiz sanoatning eng muhim tarmoqlaridagi ishlab chiqarishni kimyoviy nazorat qilish, shuningdek, tuproqni, o'g'itlarni, qishloq xo'jaligidagi mahsulotlarni, qazilma boyliklar va boshqalarni kimyoviy jihatdan analitik kimyo fanidan foydalanmasdan tekshirish mumkin emas.

Sifat analizining vazifasi, ya'ni tekshirilayotgan modda tarkibiga kiruvchi elementlar yoki ionlarni aniqlash masalasida uch xil usullar qo'llaniladi: kimyoviy, fizikaviy va fizik-kimyoviy analiz usullaridan foydalanib bu masalani hal qilish mumkin.

Sifat analizning kimyoviy analiz usullarida — topilishi lozim bo'lgan element yoki ion hosil bo'lishidan aniqlash mumkin bo'lgan, birorta ayrim xarakterli xossalarga ega bo'lgan yangi birikmaga aylantiriladi (yangi birikma hosil bo'lganligi, ana shu xarakterli xossalarga ega bo'ladi). Bunda, sodir bo'ladigan kimyoviy o'zgarish analitik reaksiya deyiladi; bu reaksiya sodir bo'lishi uchun kerakli modda reagent deyiladi. Demak, kimyoviy analiz usullarida — kimyoviy reaksiya ishtirokida analiz qilinadi, spetsifik o'zgarishlar kuzatilishi lozim. Bu analiz ham sifat analizda, ham miqdoriy analizlarda qo'llaniladi. Usulning kamchiligi — kam tanlovchan, sezgirligi ancha past va analiz uzoq vaqt talab qiladi, afzalligi — sodda va yuqori aniqligi bilan hozirgi davrda ham bu usullar qo'llanilmoqda.

Analizning kimyoviy usullarining qo'llanilishining ham boshqa eksperimental usullar kabi ma'lum me'yori bor, ularni ana shu me'yordan ortiq qo'llab bo'lmaydi. Masalan, mavjud usullar fan va texnikaning o'sib borayotgan talablariga sezgirlik jihatidan, ya'ni har xil aralashmalaridan «asar» (juda oz miqdor)ni topish va aniqlashga bu usullar topish va aniqlashga hamma vaqt javob bermaydi.

Shuning uchun kimyoviy usullar bilan bir qatorda, fizik va fizik-kimyoviy analiz usullari borgan sari keng tarqalgan va bu usullar kimyoviy analizdan ustun turadi.

Fizik analiz usuli moddaning kimyoviy tarkibini va uning, qandaydir fizikaviy xossalari o'rtasidagi bog'lanishga asoslangan. Masalan, fizik analiz usullaridan biri, moddani gorelka alangasiga elektr sim yoki hokazolarga kiritilganda sodir bo'ladigan nurlanish spektrini tekshiradigan spektral analizdir. Spektrda ma'lum to'liq uzunligida ega bo'lgan tekshirilayotgan elementlar uchun xos chiziqlar bo'lishiga qarab, berilgan moddada shu elementlar borligi haqida chiziqlarning ravshanligiga qarab esa, uning miqdori to'g'risida fikr yuritiladi. Bu usul juda sezgir ($10^{-6} \div 10^{-8} \text{ g}$) miqdordagi elementlarning miqdorini aniqlab beradi. Bu usullarga lyuminessent analiz kiradi. Moddani ultrabinafsha nurlanish asosida ham aniqlash mumkin.

Fizikaviy va fizik-kimyoviy usullar ba'zan instrumental (asbob ishtirokida) usullar, deb ataladi, chunki moddaning biror xossasini ifodalaydigan muayyan parametrlar qiymatini aniq o'lchashga imkon beradigan nozik (qimmatbaho) asbob-uskunalar (instrument)lardan foydalaniladi. Bu usullarga kiradi: elektrometrik analiz usullaridan potensiommetrik, amperometrik, pollrografik, kumenometrik va optik analiz usullaridan — atom, molekulyar-absorbsiyalash analizlar, yana xromotografik va boshqalar.

Bu usullar ishlab chiqarish va ilmiy laboratoriyalarda keng qo'llaniladi. Barcha korxonalarning laboratoriyalarda fizik-kimyoviy analiz asbob va uskunalar mavjud. Ushbu asboblarning datchiklari texnologik jarayonini avtomatlashtirish va uzluksiz nazorat qilishga imkon beradi. Ammo o'zining bajarilishi soddaligi, arzonligi ba'zi bir hollarda esa, aniqligi jihatdan kimyoviy analiz usullari ahamiyatini yo'qotmagan va tarkibi jihatdan murakkab bo'lmagan obyektlarning analizda qo'llaniladi. Shuning uchun kimyoviy usullarni o'rganish hozirgi paytda ham muhimdir.

1.2. Analitik kimyoning rivojlanish tarixi

Analitik kimyoning amaliy usullari qadim zamonlardan, ba'zi tabiiy birikmalarni ularning xususiyatlariga qarab aniqlashdan boshlangan. Lekin u ilmiy fan sifatida asosan XVII asr-

ning o'rtalarida, R. Boyl fanga kimyoviy element haqidagi tushunchani kiritgandan keyin rivojlandi. Boyl ma'lum bo'lgan sifat reaksiyalarning hammasini tartibga soldi va o'zi bir necha reaksiyani tavsiya qilib, «ho'l usul» bilan qilinadigan analizga asos soldi.

XVIII asrda eritmalardan metallar (kationlar)ni guruhlar bilan ajratish usulining T. Bergman tomonidan joriy etilishi, sifat analizining rivojlanishida alohida ahamiyatga ega bo'ldi. Sifat analizining mikrokristalloskopik analiz usuli M.V. Lomonosov va ayniqsa, T.E. Lovitsning ilmiy ishlari tufayli vujudga keldi. U kalsiy tuzlari ishtirokida, alangani qizil tusga bo'yalishdan foydalanib, tuzlar tarkibida kalsiy mavjudligini bilib olish mumkinligini amalda ko'rsatdi.

Miqdoriy analizni ilmiy fan sifatida, M.V. Lomonosov asoslab berdi. U dastlabki moddalarni va reaksiya natijasida, hosil bo'lgan moddalarni tarozida tortib, ko'rishni birinchi marta sistemali ravishda qo'lladi. Miqdoriy analiz usullaridan foydalanish XIX asrning boshlarida stexiometrik qonunlarning kashf etilishiga olib keldi. Bu qonunlarning J. Dalton ishlari tajribada tasdiqlanishi kimyoda atom nazariyasini qaror toptirdi. Bu nazariyaning kiritilishi miqdoriy analizning keyingi rivojlanishini ta'minladi.

1859-yilda R. Bunzen va G. Kirxgof sifat analizining fizikaviy usullaridan biri — spektral sifat analizini ishlab chiqdilar. XIX asrda elektrogravimetrik analiz ham rivojlandi. 1871-yilda N.A. Menshutkinning sifat va miqdoriy analizga doir «Analitik kimyo» kitobi bosilib chiqdi.

O'z xossalari bilan yaqin moddalarning adsorbsiya va boshqa bir qator xususiyatlariga asoslanib, ularni bir-biridan ajratib, 1903-yil olim M.S. Svet xromotografik usulini yaratdi.

XIX asrning ikkinchi yarmi va XX asr davomida analitik kimyoning rivojlanishi anorganik, organik hamda fizik kimyoning muvaffaqiyatlari bilan bog'liq bo'ldi. Organik sintezning tez sur'atlar bilan o'sishi ham analitik kimyo taraqqiyotiga juda katta ta'sir ko'rsatdi.

Organik reagentlarni (analitik kimyoda) cho'ktiruvchi sifatida, dastlab M.A. Ilinskiy va L.A. Chugayevlar tatbiq etdilar.

Organik reagentlar tomchi analizida va fotometrik analizda keng qo'llaniladigan bo'ldi. Tomchi usulini N.A. Tananayev ishlab chiqdi.

Avstriyalik kimyogar F. Faygel ham tomchi analizi sohasida muhim ishlar qildi.

XIX asrning oxiri va XX asrning boshlarida fizik kimyoning tez taraqqiy etishi ham analitik kimyoning rivojlanishiga katta ta'sir qildi. Eruvchanlik ko'paytmasi haqidagi V. Nernstning ishlari, shuningdek, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining mohiyatiga doir ishlar analiz uchun katta ahamiyatga ega bo'ldi. Rossiyada N.S. Kurnakov boshchiligidagi «fizik-kimyoviy analiz» deyiladigan yangi usulning paydo bo'lishi va uning murakkab sistemalarning kimyoviy tabiatini «tarkib-xossa» diagrammasini tuzish yo'li bilan aniqlashga imkon berishi analitik kimyo rivojiga katta hissa qo'shdi.

Keyingi yillarda analitik kimyoda yangi zamonaviy analiz usullari yaratildi. Analitik kimyoni rivojlantirishga doir ilmiy izlanishlar to'xtovsiz davom etmoqda.

Kimyoviy nazoratni avtomatik usulda bajarish inson mehnatini yengillashtiradi, tannarxni arzonlashtiradi, mahsulot ishlab chiqarilishini uzluksiz nazorat qilib turishi, ishlab chiqarish texnologik ko'rsatkichlarining bir me'yorda saqlanishini ta'minlaydi va hokazo.

Analitik kimyo fanining rivojlanishida, o'zbek olimlarining ham hissalariga katta. Respublikamizning bir qator oliy o'quv yurtlarida, ilmiy-tadqiqot ishlarida analitik kimyoning har xil yo'nalishlari bo'yicha ilmiy ishlar olib borilmoqda. Shunday mutaxassislar jumlasiga akademik T.T. Tolipovni kiritish mumkin.

T.T. Tolipov 1938-yildan O'zbekiston Milliy universitetini analitik kimyo kafedrasida mudirlik qilib keldi (40 yil). Bu olim fitoridlar ishtirokida boradigan reaksiyalarni kimyoviy analizda qo'llanilishi, xromni aniqlash, natriy va kaliy kabi ishqoriy metallarni aniqlashning yangi usullarini yaratdi. Hozirgi davrda shu kafedrada akademik N.A. Parpiyev, dotsent N. Turobovlar analitik kimyo fanidan talabalarga bilim berib, ilmiy ishlar olib bormoqdalar.

Toshkent kimyo-texnologiya institutida «Analitik kimyo va

nodir metallar texnologiyasi» kafedrasida mudirlik qilib, talabalarga ta'lim berib kelayotgan professor X.Sh. Sharipov uzoq davr mobaynida shu fandan dars berib, darsliklar va o'quv qo'llanmalar yaratgan professor M.S. Mirkomilova kabi olimlar tahsil bermoqdalar.

O'zbekiston Fanlar akademiyasini akademigi Yu.T. Tashpulatov, dotsent K. Rasulovlar Toshkent Davlat pedagogika universitetida ko'p yillar mobaynida «Kimyo» kafedrasida «Analitik kimyo» fanidan darsliklar yozib, talabalarga bilim bermoqdalar.

O'zbek olimlaridan Toshkent farmasevtika institutida «Analitik kimyo» fanini rivojlantirishga munosib hissa qo'shgan professor M.A. Azizovni ko'rsatish mumkin. U kompleks birikmalar olish bo'yicha, ilmiy ishlar olib bordi, yangi dori-darmonlar yaratdi.

O'zbekiston Fanlar akademiyasining yadro fizika institutida ko'p yillar davomida, professor A.G'. G'aniyev boshchiligidanodir metallarning kompleks birikmalarini hosil qilish bo'yicha samarali ilmiy izlanishlar olib borildi. Umumiy va noorganik kimyo institutida analizning fizik-kimyoviy usullari bo'yicha professor T. Azizov rahbarligida ilmiy tekshirish ishlari olib borilmoqda.

Hozirgi davrda O'zbekiston qudratli kimyo sanoati va unga munosib kimyo fani mavjudligi bilan ajralib turadi. Kimyo fanlari orasida analitik kimyodan yangi, zamonaviy analiz usullari qo'llaniladigan sohalar kengayib bormoqda. Ko'pgina sanoat tarmoqlarida 10^{-8} % va undan o'z miqdordagi komponentlarni aniqlash zaruriyati tug'ilmoqda. Chunki shu miqdordagi qo'shimchalarni bo'lishi ham mahsulot sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bunday murakkab vazifalarni bajarishda yangi aniqlash usullaridan foydalanilmoqda. Analizning instrumental usullaridan atom-absorbsion spektroskopiya, rezonans, aktivatsion-analiz va bir qator boshqa usullar tez sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Tezkor, aniq, avtomatlashgan, moddani parchalamay va ajratmay analiz qilish usullarini qo'llash zamonaviy analitik kimyoning yangi xislatlaridir.

Bir-biriga yaqin bo'lgan fan sohalarining muvaffaqiyatlaridan ko'ra ishlab chiqarishning talablari analitik kimyoning rivojlanishini ko'proq tezlashtiradi. Turli sanoat tarmoqlari-

ning rivojlanishi, ishlab chiqarishni kimyoviy nazorat qilishni, ya'ni boshlang'ich xomashyo, yarim mahsulot va tayyor mahsulot tarkibini aniqlash usullarini ratsionalizatsiya qilishni talab qildi. Sanoatning mana shu amaliy ehtiyojlari analitik kimyoning fan sifatida vujudga kelishi va rivojlanishida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Sanoat uchun zarur bo'lgan bu masalalarni bir qator ilmiy tekshirish muassasalari, institutlar va zavod laboratoriyalari hal qilib keldi. Analitik kimyo sohasida ilmiy tekshirish ishlari sonining benihoya tez o'sishi buning yorqin samarasidir.

1.3. Sifat analitik reaksiyalarini bajarish usullari

Analitik reaksiyalar — eritmada aniqlanayotgan moddaning miqdoriga va analiz uchun olingan eritmaning hajmiga qarab, sifat analizida makro-, yarimmakro-, mikro-, ultramikro-, submikro-, subultramikroanaliz usullariga bo'linadi. Analitik kimyo amaliyotida asosan makro-, yarimmakro- va mikroanaliz usullari qo'llaniladi. Ultramikro-, submikro- va subultramikroanaliz o'tkazish uchun esa, maxsus sharoit va moslashtirilgan apparatlar kerak bo'ladi.

Makroanaliz usuli bilan reaksiya o'tkazishda tekshirilayotgan moddaning quruq, og'irligi 0,5 g dan 1,0 g gacha yoki eritma holdagi hajmi 5 dan 10 ml gacha bo'lishi kerak, ya'ni bunda mikroanaliz o'tkazishda tekshirilayotgan moddaning og'irligi taxminan makroanalizdagidan 100 marta kam, ya'ni bir necha milligramm, eritma holda esa bir necha tomchi olinishi kifoya qiladi.

Yarimmikroanalizda quruq moddaning og'irligi 0,05–0,1 g oralig'ida yoki eritma holdagi hajmi esa 0,5–1,0 ml bo'lishi kerak. Yarimmikroanaliz usulining makroanaliz usulidan farqi yo'q, lekin uning ba'zi afzalliklari bor. Masalan, analiz o'tkazish uchun oz modda talab qilinadi, reaktiv ham kam sarflanadi, analiz vaqti qisqaradi va sanitariya-gigiyena sharoiti yaxshilanadi.

Analiz usullarining sinflanishi 1-jadvalda keltirilgan.

Odatdagi nomlanishi	Yangicha nomlanishi	Tekshiriladigan modda miqdori	
		g	ml
Makroanaliz	Gramm-usul	1–10	10–100
Yarimmikroanaliz	Santigramm-usul	0,05–0,5	1–10
Mikroanaliz	Milligramm-usul	0,001–10 ⁻⁶	0,1–10 ⁻⁴
Ultramikroanaliz	Mikrogramm-usul	10 ⁻⁶ –10 ⁻⁹	10 ⁻⁴ –10 ⁻⁶
Submikroanaliz	Nanogramm-usul	10 ⁻⁹ –10 ⁻¹²	10 ⁻⁷ –10 ⁻¹⁰
Subultramikroanaliz	Pikrogramm-usul	10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁰

Yarimmikro- va mikrokimyoviy analiz makrokimyoviy analiz usullariga nisbatan, bir qator afzalliklarga ega: bu usullar reaktivlar sarfini kamaytirishga, aniqlashlarning bajarilishini tezlashtirishga, laboratoriya havosi zararli gazlar bilan ifloslanishining oldini olishga imkon beradi. Analiz qilinuvchi namunadagi nisbiy miqdoriga bog'liq holda moddalar makro- va mikrokomponentlarga bo'linadi. Namunadagi tekshirilishi lozim bo'lgan moddaning miqdori 0,01 %dan ko'p bo'lsa, bunday moddalar makrokomponent, 0,01 %dan kam bo'lsa, bunday moddalar mikrokomponentlar hisoblanadi. Namunadagi moddaning taxmin qilingan tarkibiy miqdoriga qarab analiz usuli tanlanadi.

Ushbu darslikda kation va anionlar sifat analizining yarimmikro-usul analiz usuli bo'yicha bajariladigan laboratoriya tajribalarining tavsifi keltiriladi.

Analitik reaksiyalarni bajarish usullariga kiradi:

Tomchi analiz. Bu usul 1920-yilda N.A. Tananayev tomonidan yaratilgan bo'lib, analitik reaksiyalar reagentlarning bir necha tomchisi bilan chinni plastinkalarda yoki filtr qog'ozda o'tkaziladi. Shisha plastinkada tekshirilayotgan eritmaning bir tomchisiga, bir tomchi reaktiv tomiziladi. Reaksiya natijasida cho'kma hosil bo'ladi yoki shisha plastinkada rang hosil bo'lishi kuzatiladi. Rang hosil qiluvchi tomchi reaksiyalar filtr qog'ozlarda ham o'tkaziladi. Aniqlanayotgan ionlarning har xil adsorbsion xossalriga qarab qog'ozda biryo'la 2–3 xildagi rangli

halqalar hosil bo'lishi ham mumkin. Bunda 2–3 xil ionlarni aniqlash imkoni yaratiladi. Tomchi reaksiyalari metall va qotishmalarni «qirindisiz usulda» analiz qilishda keng qo'llaniladi. Masalan: qotishma tarkibidagi temir ionini aniqlash uchun unga xlorid kislota (HCl) tomiziladi, bunda qotishma qisman eriydi (temir kationi hosil bo'ladi). Hosil bo'lgan eritma shisha plastinkaga olinadi va unga bir tomchi geksasianoferrat (III) — $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ tomiziladi. Ko'k rangning hosil bo'lishi namunada temir (II) ion borligini ko'rsatadi.

Tomchi usuli juda sezgirli, tanlovchanligi va o'ziga xosligi bilan ajralib turadi. Tomchi reaksiyalar orqali bir necha ion ishtirokida kerakli ionni aniqlash mumkin.

Mikrokristalloskopik analiz. Bu usul ionlarning (elementlarning) aniq geometrik shakli, kristallar hosil qilishiga asoslangan. Reaksiya natijasida, hosil bo'lgan kristallar mikroskop orqali ko'riladi. Reaksiyalar shisha plastinkada olib boriladi. Plastinkada tekshirilayotgan eritmadan va aniq reaktivdan bir tomchidan tomiziladi. Vaqt o'tishi bilan hosil bo'lgan kristallarning shakli va rangiga qarab kation yoki anion aniqlanadi. Masalan: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} va boshqa kationlarni mikrokristalloskopik usulda aniqlash mumkin.

Bu usulda mikroskop ishlatilganligi tufayli, kam miqdordagi moddalarni ham aniqlash mumkin. Lekin mikrokristalloskopik reaksiyalar ishlab chiqarishda kam qo'llaniladi, chunki tekshirilayotgan eritmadagi begona komponent ham kristallar hosil qilishi, kerakli ionni aniqlashga xalaqit berishi mumkin.

Analitik reaksiyalar «quruq» va «ho'l» usullar bilan o'tkaziladi.

Birinchi usulda tekshirilayotgan modda va unga muvofiq keladigan reaktivlar quruq qattiq holatda olinadi va reaksiya olingan modda bilan reaktiv unga muvofiq keladigan reaktivlarning o'zaro ta'siri eritmalarida kuzatiladi.

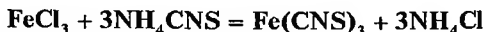
Quruq usul bilan o'tkaziladigan reaksiyalar qatoriga, masalan, ba'zi bir metallar tuzlarining alangani bo'yash bilan boradigan reaksiyalarni ko'rish mumkin. Masalan, platina simiga yuqtirilgan natriy tuzlari gaz gorelkasining rangsiz alangasiga tutilsa — alanga to'q sariq rangga, kaliy tuzlari — binafsha rangga, stronsiy tuzlarini — och qizil rangga, bariy tuzlari — yashil

rangga bo'yaladi. Alanga qanday rangga bo'yalganiga qarab, ma'lum sharoitda tekshirilayotgan modda tarkibidagi izlanayotgan elementlarni aniqlash mumkin.

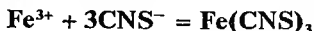
Natriy tetraborat (bura) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yoki natriy va ammoniy gidrofosfat («fosforli tuz») $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ larni ba'zi metallarning tuzlari bilan qotishtirilganda rangli marvarid (shisha) lar hosil qiladi.

Alangani bo'yash va rangli shisha hosil qilish usullari pirokimyoviy usul, deb ataladi. Bu usullar mineral va tog' jinslarini aniqlashda keng foydalaniladi.

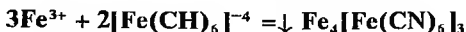
Ba'zan tekshirilayotgan quruq moddani bironta quruq reaktiv bilan qo'shib ishqalash usuli ham qo'llaniladi. Temir (III), NH_4CNS bilan reaksiyasi ham «quruq» usuldagi reaksiyalarga kiradi. Quruq usuldagi reaksiyalarni bajarish uchun aniqlanayotgan qattiq modda ikkinchi ma'lum qattiq reaktiv bilan ishqalanadi. Masalan, tiosianat CNS^- ionini aniqlash uchun KCNS yoki NH_4CNS chinni plastinkada, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ tuzi bilan ishqalanadi. CNS^- ionlari bor bo'lgan aralashma qizil rangga bo'yaladi:



yoki ion holda



qizil qon tuzi



ko'k rang

Quruq usuldagi reaksiyalar sanoatda juda cheklangan miqdorda qo'llaniladi, chunki ayrim ionlarga rang hosil qilish xususiyatiga egadir. Bu xildagi reaksiyalar laboratoriyalarda va geologlarning ishlarida ko'proq qo'llaniladi.

Amaliyotda sifat analizda, asosan, eritmalarda boradigan reaksiyalardan foydalaniladi.

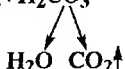
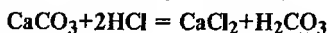
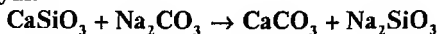
Bunda, analiz qilinayotgan namuna avval erituvchida eritilib, so'ngra eritma tekshiriladi. Erituvchi sifatida distillangan suv, mineral kislotalar: HCl , HNO_3 , H_2SO_4 eritmaları, ishqorlar, spirtlar ishlatiladi. Agar tekshirilayotgan modda yuqorida ko'rsatilgan erituvchilarda erimasa, u holda yuqori haroratda qotishma hosil qilish va so'ngra eritish usullaridan foydalaniladi.

Suyuqlantirish reaksiyalari mufel pechlarda 800–1000 °C da olib boriladi.

Analiz qilinayotgan modda avval chinni hovonchada maydalanadi, keyin qotishma hosil qiluvchilar (quruq, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3$ aralashmasi) bilan aralashtiriladi va so'ngra pechga qo'yiladi.

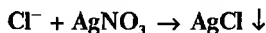
Bunda, analiz qatnashayotgan modda qo'shilgan aralashma bilan birikib, eruvchan tuzlarni hosil qiladi.

Masalan, kalsiy silikat suvda, kislota, ishqor va spirtlarda erimaydi. Lekin qotishmaga o'tkazish natijasida u suvda eriydigan Na_2SiO_3 tuzi holiga o'tadi, hosil bo'lgan CaCO_3 ham kislotada eriydi:

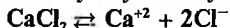


CaCl_2 suvda yaxshi eriydi va hosil qiladi (ion Ca^{2+} va 2Cl^- kalsiy kation va xlor anion) ularni eritmadan aniqlash mumkin.

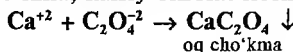
Xlor ionni aniqlash uchun masalan, AgNO_3 ishtirokida, xlor oq cho'kma



hosil qiladi, bu analizda kimyoviy reaksiyalardan foydalaniladi.

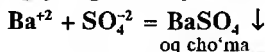


Hosil bo'lgan Ca^{+2} ionni $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ – ammoniy oksolat tuzi bilan mineral kislotalarda eriydigan, lekin sirka kislotada erimaydigan oq cho'kma, kalsiy oksolat hosil qiladi:



Demak, eritmada kalsiy ionni borligini ko'rsatadi.

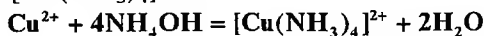
Masalan, eritmada SO_4^{2-} ionni aniqlash uchun, u tuz BaSO_4 holidan cho'kmaga tushadi. Buning uchun tekshiriladigan eritmaga H_2SO_4 va bariyning eruvchan tuzlari BaCl_2 ga qo'shiladi. SO_4^{2-} ionni ishtirokida quyidagi reaksiya boradi:



natijada oq cho'kma hosil bo'ladi. Bu cho'kma HCl va HNO_3 da ham erimaydi.



Agar Cu (II) tuzli eritmasiga, NH_4OH eritmasi ortiqcha miqdorda qo'shilsa, ko'k rangli kompleks tuz — mis ammiakati hosil bo'ladi $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.



ko'k rangli cho'kma

Demak, Cu^{+2} kationi NH_4OH eritmasi yordamida aniqlash mumkin.

Sifat analizida faqat biror «tashqi effekt», ya'ni reaksiyaning haqiqatda bo'layotganligini ko'rsatuvchi har xil o'zgarishlar bilan boradigan reaksiyalardangina foydalaniladi. Bunday tashqi effektlar:

1. Eritma rangini o'zgarishi.
2. Cho'kma tushishi (yoki erib ketishi).
3. Gaz ajralib chiqishi.

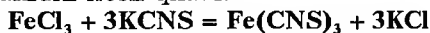
Cho'kma tushishi va eritma rangining o'zgarishi sodir bo'ladigan reaksiyalar eng ko'p qo'llaniladigan reaksiyalardir.

Anorganik moddalarni analiz qilishda ko'pincha tuzlar, kislotalar va asoslarning suvdagi eritmaları bilan ish ko'riladi.

Ma'lumki, bu moddalar elektrolitlardir, ya'ni ular suvdagi eritmalarida ionlarga dissotsiyalangan bo'ladi. Shu sababli ho'l usul bilan o'tkaziladigan reaksiyalar, odatda, erkin ionlar o'rtasida boradi, bu reaksiyalardan foydalanib, to'g'ridan to'g'ri elementlarni emas, balki ular hosil qilgan ionlarni topamiz.

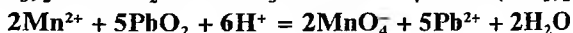
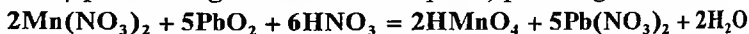
1. Eritma rangini o'zgarishi.

a) temir(III) ioni bilan. Fe^{3+} ammoniy rodanid, NH_4CNS yoki KCNS (kaliy rodanid) eritmadagi tuzlari bilan qizil qon tusli temir rodanidni hosil qiladi:



qizil rang

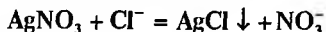
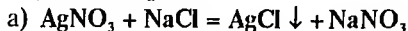
b) rangsiz Mn^{2+} tuzlari eritmada PbO_2 ta'sirida oksidlanib, MnO_4^- pushti rangli anionni hosil qiladi, permanganat anioni.



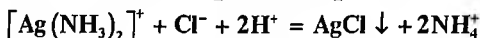
pushti rang

2. Cho'kma hosil bo'lishi.

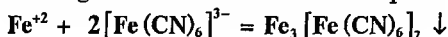
Kumush-nitrat, xlorid-ion Cl^- bilan oq suzmasimon cho'kma, AgCl hosil qiladi.



Hosil bo'lgan cho'kma ammoniy gidroksid ta'sirida eriydigan kompleks, kumush ammiakat hosil qilib, kuchli HNO_3 kislota ta'sirida parchalanadi:

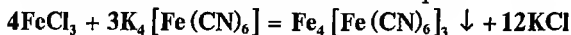


b) kaliy geksasianoferrat (III), $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, Fe^{+2} ion bilan to'q ko'k rangli «Turnbul ko'kini» hosil qiladi:

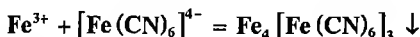


Turnbul ko'ki

Kaliy geksasianoferrat (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, Fe^{+3} ion bilan ko'k tusli «Berlin lazeri» cho'kmasini hosil qiladi:

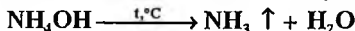
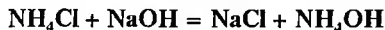


Berlin lazeri



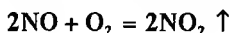
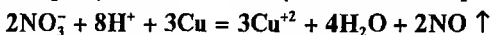
3. Gaz ajralib chiqishi.

a) O'yuvchi ishqorlar bilan NaOH , KOH , ammoniy tuzlarining eritmalari qo'shib qizdirilganda, gazsimon ammiak gazi ajralib chiqadi:



Chiqqan gazga namlangan qizil lakmus qog'ozi tutilganda u ko'karadi.

b) Nitrat eritmasiga, NO_3^- ioniga mis sulfat va sulfat kislota konsentratlangan eritmasidan qo'shilganda qo'ng'ir gaz $\text{NO}_2 \uparrow$ ajralib chiqadi:



1.4. Analitik reaksiyalarning shart-sharoitlari, ularning sezgirliigi va o'ziga xosliigi

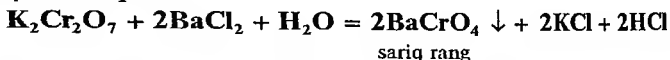
Biror analitik reaksiyani amalga oshirishda shu reaksiya natijasida hosil bo'lgan mahsulotlarning xossalariga bog'liq bo'lgan muayyan sharoit yaratish zarur, aks holda reaksiya natijasi shubhali bo'lib qolishi mumkin.

Masalan, kislotalarda eriydigan cho'kmalar, eritmada erkin holatdagi kislota ortiqcha bo'lganda, ajralib chiqmasligi turgan gap. Shuningdek, ishqorlarda eriydigan cho'kmalar ishqoriy muhitda cho'kmaydi. Agar cho'kma ham kislotalda, ham ishqorda erisa, bu reaksiyani faqat neytral muhitda hosil qilish mumkin.

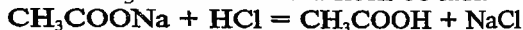
Reaksiyalarni amalga oshirishning, eng muhim shart-sharoitlaridan biri, shu reaksiyalar uchun zarur muhit bo'lib, uni kerak bo'lganda eritmaga kislota yoki ishqor qo'shib vujudga keltirish lozim.

1. Agar hosil bo'lgan cho'kma kislotalarda erisa, bu reaksiyani kislotali muhitda olib borib bo'lmaydi.

Kaliy bixromat $K_2Cr_2O_7$, Ba^{2+} ionini bilan sariq cho'kma $BaCrO_4$ hosil qiladi.

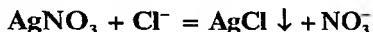


$BaCrO_4$ cho'kmasi xlorid kislotalarda eriydi, bu uchun reaksiyaga CH_3COONa — sirka kislotali natriyli tuzi qo'shiladi va natijada kuchsiz CH_3COOH kislota hosil bo'ladi:



2. Hosil bo'lgan cho'kma ishqorlarda erisa, unda reaksiyani ishqoriy muhitda olib borib bo'lmaydi.

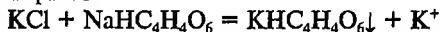
Kumush nitrat $AgNO_3$, xlorid ion Cl^- bilan oq suzmasimon cho'kma hosil qiladi.



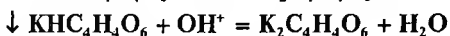
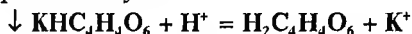
Hosil bo'lgan cho'kma $AgCl$, NH_4OH erib, kompleks tuzini, kumush ammiakat $[Ag(NH_3)_2]^+$ kationini ajratadi.

3. Vino, kislota yoki uning nordon natriyli tuzlari

$\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ – gidrotartrat natriya kaliy tuzlari bilan oq kristall cho'kma hosil qiladi.



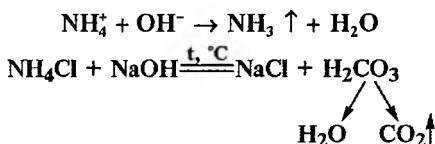
Hosil bo'lgan cho'kma $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ – gidrotartrat kaliya, kislota va ishqorlarda eriydi:



reaksiya natijasida vino kislota kaliy tuzini va kaliyni vino kislotali o'rta tuzi suvda eriydigan hosil qiladi.

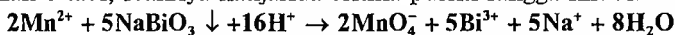
Reaksiyalarni amalga oshirishning ikkinchi muhim sharti eritmaning ma'lum haroratini ushlab turishdir. Ko'pchilik anallitik reaksiyalar «sovuqda» ya'ni uy haroratida, ba'zan eritmani sovuq suv yordamida sovutib bajariladi. Ba'zi sifat analizidagi reaksiyalarni, ma'lum haroratgacha qizdirib amalga oshirish mumkin.

1. O'yuvchi ishqorlar NaOH , KOH bilan, ammoniy tuzlarining eritmaları qo'shib qizdirilganda, gazsimon ammiak ajralib chiqadi:



Ammoniy kationini topish spetsifik o'ziga xos reaksiyadir, hech qanday boshqa ion bunday reaksiya bermaydi.

2. Mn^{2+} ning oksidlanib, MnO_4^- aylanishi, albatta, isitish bilan o'tadi, reaksiya natijasida eritma pushti rangga kiradi.



pushti rang

3. Vino kislota $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ yoki uning nordon tuzi $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ – natriy gidrotartrat, kaliy tuzlari eritmaları bilan K^+ ioni sovuq suvda erimaydigan kaliyli vino kislotasini nordon tuzini hosil qiladi.



Bu reaksiya albatta sovuqda va $\text{pH} = 4-7$ kuchsiz kislotali yoki neytral muhitda bajariladi.

Reaksiyalarning borishini yana bir muhim shart-sharoitlaridan biri, eritmada topiladigan ionining konsentratsiyasi, yetarli darajada katta bo'lishidir, uning konsentratsiyasi juda oz bo'lsa, reaksiya chiqmay qoladi. Buning sababini bilish qiyin emas; har qanday moddaning eritmadagi konsentratsiyasi, uning ayni sharoitdagi eruvchanligidan ortiq bo'lgandagina shu modda cho'kmaga tushadi. Bordi-yu, modda juda qiyin eriydigan bo'lsa, topiladigan ionning konsentratsiyasi, nihoyatda oz bo'lgan taqdirda ham u cho'kmaga tushadi; bunday reaksiyalarni seziluvchan reaksiya deb ataladi. Aksincha, hosil bo'ladigan birikmaning eruvchanligi katta bo'lsa, reaksiya kam seziluvchan bo'ladi, bunday reaksiya topiladigan ionning konsentratsiyasi birmuncha yuqori bo'lgandagina ketishi mumkin.

Cho'kma hosil bo'lishi bilan, boradigan reaksiyalarnigina emas boshqa xil reaksiyalarining seziluvchanligiga ham xuddi shunday qarash mumkin. Masalan, uchuvchan natriy tuzlari tufayli alanganing bo'yalishi bilan boradigan reaksiya, juda seziluvchan reaksiyadir, chunki bu reaksiya natriy tuzlari nihoyatda oz miqdorda bo'lganda vujudga keladi.

Reaksiya seziluvchanligi miqdor jihatdan bir-biriga bog'langan ikkita ko'rsatkich — topilish minimum va suyultirish chegarasi bilan xarakterlanadi.

Topilish minimumi — modda yoki ionning reaksiya muayyan shart-sharoitlarda o'tkazilganda topilish mumkin bo'lgan eng kam miqdordir. Bu miqdor juda kichik bo'lganidan, uni, odatda, mikrogrammlar bilan ya'ni grammning milliondan bir qismi bilan ifodalanadi. Bu miqdor μg bilan belgilanadi.

$$1\mu g = 0,000001g = 10^{-6}g$$

Topilish minimumi reaksiyalarning seziluvchanligi to'liq ifoda qila olmaydi, chunki eritmada tegishli modda yoki ionning faqat absolyut miqdorigina emas, balki konsentratsiyasi ham katta ahamiyatga ega. Shuning uchun odatda, moddaning (ionning) ham shu reaksiya yordamida topilishi mumkin bo'lgan eng kam konsentratsiyasini ifodalovchi suyultirish chegarasi, ba'zan minimal konsentratsiya deyiladi.

Suyultirish chegarasi suvli eritmaning qancha miqdorida (ml) 1 g aniqlanuvchi ion borligini ko'rsatadi.

Topilish minimumi va suyultirish chegarasi qiymatlarini aniqlash ancha qiyin va ko'p vaqt talab qiladi.

Reaksiyalarning sezuvchanligi har xil sabablarga ko'ra turlicha o'zgarishi mumkin. Masalan, reaksiya uchun ishlatiladigan eritma qavatining qalinligi oshgan sari reaksiyaning seziluvchanligi ortib boradi, bu esa reaksiya natijasida hosil bo'ladigan ammo, eritma qavati yupqa bo'lganda payqab bo'lmaydigan bilinar-bilinmas, loyqa yoki rangni ham aniqlashga imkon beradi.

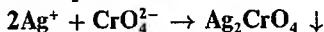
Reaksiyaning konsentratsiyasi ham juda katta ahamiyatga ega, konsentratsiya oshishi bilan reaksiyaning seziluvchanligi kuchayadi.

Biror reaksiyaning seziluvchanligini tajribada aniqlash uchun topiladigan moddaning yoki ionning borgan sari kamayib boruvchi aniq konsentratsiyali eritmaları bilan bir necha marta reaksiya o'tkaziladi. Bunday tajribalar reaksiya chiqmay qoladigan darajaga yaqinlashguncha davom ettirilaveradi va nihoyat shu yo'l bilan moddaning eritmadagi eng kichik, ya'ni reaksiyaning borishi hamon ishonarli ekanligini ko'rsatib turadigan konsentratsiyasi belgilab olinadi.

Topiladigan ionning barcha qilingan reaksiyalardan yarmi ijobiy natija berishiga imkon beradigan konsentratsiyasi suyultirish chegarasi, deb hisoblanadi.

Bu konsentratsiya bilib olingach, suyultirish chegarasi va topilish minimumi osongina hisoblanadi.

Misol, Ag^+ ionni topish uchun



tenglamaga muvofiq boradigan reaksiyaning seziluvchanligini aniqlash uchun, AgNO_3 ning 1 litrida 1 g Ag^+ (ya'ni, 1,57 g AgNO_3) bo'ladigan eritmasi tayyorlanadi. Shu eritma 25 marta suyultirilganda reaksiya seziluvchi bo'lgan, lekin undan ortiqroq suyultirilganda, shubhali natija bergan. Shu eritmaning 0,02 ml hajmli bir tomchisida reaksiya chiqadi, bu reaksiya uchun suyultirish chegarasi topilsin:

$$\frac{\text{Ag}^+ \text{ ning massasi }}{\text{suvning massasi}} = 1 : 25000.$$

Topilish minimumini quyidagi reaksiya uchun aniqlaymiz.

25000 ml eritmada 1 g Ag^+ bor

0,02 ml mg Ag^+ bor

hundan,

$$m = \frac{0,02}{25000} = 0,0000008 \text{ g}$$

$$m = 0,8 \text{ mkg}$$

Umumiy formula orqali yozsak,

$$V_{\text{suyul.ch.}} = \frac{V_{\text{min}} \cdot 10^6}{t} \text{ yoki } t = \frac{V_{\text{min}} \cdot 10^6}{V_{\text{suyul.ch.}}}$$

bu yerda: $V_{\text{suyul.ch.}}$ – suyultirish chegarasi, ml;

t – topilish minimumi, mkg;

V_{min} – reaksiyani bajarish uchun olingan eritmaning minimal hajmi, ml.

Yuqorida keltirilgan formula bo'yicha hisoblashga doir misollar keltiramiz.

1-misol. Alyuminiy ionlarini ochishdagi suyultirish chegarasi 150000 ml, tekshiriladigan eritmaning hajmi 0,06 ml. Topilish minimumini hisoblang.

Yechish:

$$t = \frac{V_{\text{min}} \cdot 10^6}{V_{\text{suyul.ch.}}} = \frac{0,06 \cdot 10^6}{150000} = \frac{6}{15} = 0,4 \text{ mkg}$$

2-misol. Kalsiy kationlari Ca^{2+} ni sulfat ionlari ta'sirida topilish minimumi 0,04 mkg. Eritmaning suyultirish chegarasi 1250000 ml. Tekshiriladigan eritmaning minimal hajmini hisoblang.

Yechish:

$$V_{\text{min}} = \frac{m \cdot V_{\text{suyul.ch.}}}{10^6} = \frac{0,04 \cdot 1250000}{1000000} = 0,05 \text{ ml}$$

3-misol. Mis ionini ammiak eritmasi ta'sirida topishdagi tekshiriluvchi eritmaning minimal hajmi 0,05 ml, bu reaksiyaning topilish minimumi 0,2 mkg. Eritmaning suyultirish chegarasini hisoblang.

Yechish:

$$V_{\text{suyul.ch.}} = \frac{V_{\text{min}} \cdot 10^6}{t} = \frac{0,05 \cdot 10^6}{0,2} = 250000 \text{ ml}$$

Reaksiyalarning seziluvchanligi har xil sabablarga ko'ra turlicha o'zgarishi mumkin. Masalan, reaksiya uchun ishlatiladigan eritma qavatining qalinligi oshgan sari, reaksiyaning seziluvchanligi ortib boradi. Bu esa reaksiya natijasida hosil bo'ladigan, ammo eritma qavati yupqa bo'lganda payqab bo'lmaydigan, bilinar-bilinmas loyqa yoki rangni ham aniqlashga imkon beradi.

Reagentning konsentratsiyasi ham juda katta ahamiyatga ega, konsentratsiya ortishi bilan reaksiyaning seziluvchanligi (ma'lum chegarasigacha) kuchayadi. Ko'pgina hollarda, ayniqsa, reaksiyada elektrolit emaslar yoki kuchsiz elektrolitlar ishtirok etganda reaksiya qancha uzoq davom etsa, uning seziluvchanligi shunchalik ortib boradi. Bundan tashqari, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, reaksiya uchun zaruriy muhit yaratish va temperaturani tegishli darajada saqlab turish reaksiyaning seziluvchanligiga juda kuchli ta'sir etadigan shartlaridan bo'ladi.

Cho'kma hosil bo'ladigan reaksiyaning, seziluvchanligini ko'pincha eritmaga anorganik moddalarning eruvchanligini kamaytiruvchi etil spirt qo'shish yo'li bilan oshirish mumkin. Reaksiyaga kirishayotgan suvli aralashmani, suv bilan aralashmaydigan biror suyuqlik bilan chayqatib ham reaksiyaning seziluvchanligini oshirish mumkin.

Birga cho'ktirish hodisasidan elementlarning juda oz miqdorini («asarini») topishda va uni miqdoriy ajratib olishda foydalanish mumkin. Juda seziluvchan reaksiyalardan foydalanilganda, izlanayotgan ionning juda oz miqdorini ham topish mumkin va shunday qilib, ko'p miqdordagi moddalar yoki katta hajmdagi eritmalarini ishlatishga ehtiyoj qolmaydi. Buning ahamiyati juda katta.

Reaksiya juda seziluvchan bo'lsa, tekshirilayotgan obyektida izlanayotgan ion bo'lmasdan, u ishlatiladigan reagentlarga ozgina («asari») aralashib qolganda ham tekshirilayotgan modda tarkibida shu ion bor, degan noto'g'ri xulosaga kelish mumkin. Bunday xatodan saqlanish uchun tegishli «xolis» tajriba o'tkazib, ya'ni tekshirilayotgan moddasiz faqat reagentning o'zi bilan tajriba qilib ko'rib, reagentning tozaligiga ishonch hosil qilish mumkin.

Topilish minimumi qanchalik kichik bo'lsa yoki suyultirish

chegarasi qanchalik katta bo'lsa, reaksiyaning sezgirligi shuncha yuqori bo'ladi. U yoki bu ionni ochishda ikki va bir nechta reaksiyalardan foydalanilsa, eng kichik topilish minimumi yoki eng katta suyultirish chegarasiga ega bo'lgan eritma bilan bajariladigan reaksiyaning sezgirligi yuqori hisoblanadi.

Cho'kma hosil bo'ladigan reaksiyalarning iziluvchanligini ko'pincha eritmaga anorganik moddalarning eruvchanligini kamaytiruvchi etil spirti qo'shish yo'li bilan oshirish mumkin. Reaksiyaga kirishayotgan suvdagi aralashmani suv bilan aralashmaydigan biror suyuqlik bilan chayqatib ham reaksiyani seziluvchanligini oshirish mumkin. Bunda cho'kma ikki suyuqlikning ajralish chegarasida yig'iladi, «flotatsiyalanadi» — bino-barin yaxshiroq ko'rinadigan bo'lib qoladi.

Seziluvchanligi yuqori bo'lgan reaksiyalardan foydalanib, izlanayotgan ionning juda oz miqdorini ham topish mumkin va ko'p miqdordagi moddalar yoki katta hajmdagi eritmалarni ishlatishga ehtiyoj qolmaydi. Bu mikroanaliz hamda yarimmikroanaliz uchun katta ahamiyatga ega.

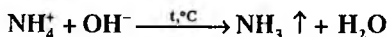
Sezgirlik bilan birga analitik reaksiyalarning, o'ziga xosligi ham analiz uchun muhim ahamiyatga egadir. Aniqlanuvchi ionni boshqa xohlagan ionlar ishtirokida topishga imkon beradigan reaksiya ayni ion uchun spetsifik analitik reaksiya deyiladi. Masalan, eritmaga ishqor qo'shib, qizdirish yo'li bilan NH_4^+ kationini aniqlash reaksiyasi bu kation uchun, o'ziga xos reaksiyadir, chunki bunday sharoitda faqat ammoniy tuzlaridan hidi va boshqa xossalardan



Analizda qo'llaniladigan birikmalarda faqat ammoniy tuzlarga bunday sharoitda ammiak hosil qiladi. Shuning uchun ishqor bilan borilgan reaksiya NH_4^+ ionini topish uchun xos reaksiyadir. Ammo, bunday reaksiyalar (o'ziga xos) ko'p emas.

Reaksiyaning seziluvchanligi bilan bir qatorda, ularning o'ziga xosligi ham juda katta ahamiyatga ega. Bir ion boshqa ionlar bilan aralashgan holatda bo'lganda ham uni tajriba sharoitida topishga imkon beradigan reaksiya o'sha ion uchun xos (*spetsifik*) reaksiya deyiladi. Masalan, ishqor ta'sirida qizdirilganda hidi va boshqa xossalardan ammiak ajralib chiqayot-

ganligi osongina bilinadigan NH_4^+ ionini topish reaksiyasi shunday o'tadi:



faqat NH_4^+ kationiga xos natijada ammiak gazi ajralib chiqadi.

Analizda qo'llaniladigan birikmalaridan, faqat ammoniy tuzlarga bunday sharoitda ammiak hosil qiladi. Shuning uchun ishqor bilan olib boradigan reaksiya NH_4^+ ionini topish uchun xos (spetsifik) reaksiyadir.

Ammo, bunday o'ziga xos reaksiyalar uncha ko'p emas. Analitik kimyoda ko'pincha bir necha, ba'zi esa juda ko'p ionlar bilan bir xil yoki o'xshash natija beradigan reaksiyalardan foydalanishga to'g'ri keladi. Faqat kamroq sondagi ionlar bilan o'xshash natija beradigan reaktivlar tanlab ta'sir etuvchi yoki selektiv reaksiyalar deyiladi.

Reaksiya ijobiy natija beradigan ionlar soni qancha kam bo'lsa, reaksiyaning selektivligi darajasi shuncha yuqori bo'ladi.

Ko'pgina hollarda biror reaksiyani o'tkazishda xalaqit beradigan begona ionlarning ta'sirini «niqoblovchi» vositalar, ya'ni bu ionlarni mustahkam kompleks birikmalar holida bog'lab, ularning eritmadagi konsentratsiyasini keskin kamaytiruvchi moddalar yordamida yo'qotish mumkin. Masalan, Cd^{2+} ionini H_2S ta'sirida o'ziga xos och sariq cho'kma CdS holida topishga, shu sharoitda qora cho'kma CuS hosil qiladigan xalaqit beradi. Agar reaksiya KCN ishtirokida olib borilsa, Cu^{2+} ionlari vodorod sulfid bilan reaksiyaga kirishmaydigan $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{-2}$ — kompleks ion holida bog'lanadi.

Shunday qilib, Cu^{2+} ionni «niqobladi» va Cd^{2+} ionini topishga xalal bermaydi. Bunda Cu^{2+} ionlari eritmada chetlatilgani uchun, H_2S yuborish bilan sariq cho'kma CdS hosil bo'ladi va uning cho'kmaga tushishiga qarab, eritmada Cd^{2+} ionlar bor degan xulosaga kelinadi.

1.5. Eritmani bo'lib-bo'lib va sistematik analiz qilish tartibi

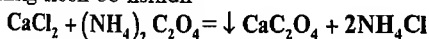
Izlanadigan ionlarni spetsifik reaksiyalardan foydalanib, tekshirilayotgan eritmaning alohida ulushlaridan (bu eritmada boshqa ionlar bo'lishidan qat'i nazar) bevosita topish mumkin.

Bu usul — bo'lib-bo'lib analiz qilish usuli, deb ataladi. Bunda, ayrim ionlarni topish tartibi (qaysi ionni oldin, qaysi birini keyin topish) ahamiyatga ega emas.

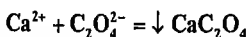
Yetarli darajada ishonchli natija beradigan, spetsifik reaksiyalar bo'lmasa hamda bunday reaksiyalarning spetsifikligini oshirish iloji bo'lmasa, bo'lib-bo'lib analiz qilish usuli bilan tegishli ionlarni topib bo'lmaydi. Bunday hollarda, ayrim ionlarni topish uchun reaksiyalar o'tkazishning ma'lum tartibini, ya'ni sistematik analiz qilish yo'lini ishlab chiqishga to'g'ri keladi. Bunda har bir ionni topishdan oldin uning topilishiga xalaqit beradigan (ya'ni foydalanilayotgan reagent bilan xuddi shunday reaksiyaga kirishadigan) boshqa hamma ionlar oldindan topiladi va eritmadan yo'qotiladi.

Misol uchun tarkibidagi Ca^{2+} va Ba^{2+} ionlari bo'lgan eritmani sistematik analiz qilish uchun:

Ca^{2+} ionining eng seziluvchan reaksiyasi oksolat kislota $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ning eriydigan tuzlari ta'sirida kalsiy oksolat CaC_2O_4 cho'kmasining hosil bo'lishidir



yoki



Ca^{2+} ion uchun bu reaksiya spetsifik emas, chunki Ba^{2+} ham shu reaktiv bilan cho'kma beradi. Demak, bu holda analizni Ca^{2+} ionini topishdan oldin, Ba^{2+} ionini yo'qotish lozim. Bu uchun $\text{Ba}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \downarrow \text{BaC}_2\text{O}_4$ kalsiy xromat esa CaC_2O_4 ionini bo'lishi, Ba^{2+} ionini topishga xalaqit bermaydi, shuning uchun eritmaning alohida ulushidan Ba^{2+} ni topish mumkin.

Bundan ko'rinib turibdiki, sistematik analiz qilishda ayrim ionlarni topish reaksiyalari bilan bir qatorda ularni bir-biridan ajratish reaksiyalarini o'tkazishga to'g'ri keladi.

Ajratish reaksiyalarida, ko'pincha ajratilayotgan ionlar hosil qilinadigan, o'xshash birikmalarining eruvchanligi bir-biridan farq qilishidan foydalaniladi. Masalan, Ba^{2+} ni Ca^{2+} dan ajratish BaC_2O_4 va $\downarrow \text{CaC}_2\text{O}_4$ larning eruvchanligi har xiliga asoslangan. $EK_{\text{BaC}_2\text{O}_4} = 1,2 \cdot 10^{-10}$, $EK_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = 7,1 \cdot 10^{-4}$.

Ba'zan birikmalarning uchuvchanligidan ham foydalaniladi. Masalan, NH_4^+ ni K^+ va Na^+ hamda Mg^{2+} dan ajratish uchun,

eritma bug'latiladi va quruq qoldiq qizdiriladi. Bunda, ammoniy tuzlari uchib ketadi, kaliy, natriy va magniy tuzlari esa qizdirilayotgan idishda qoladi.

1.6. Sifat analizda guruh reagenti

Sistematik analizda ionlar murakkab aralashmadan, bittalab ajratilmasdan, balki ularning guruh reagenti deb ataluvchi, ba'zi bir reaktivlar ta'sirida bir xil munosabatda bo'lishidan foydalanib, guruh-guruh qilib ajratiladi. Masalan, Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} lar xlor anioni bilan Cl^- qiyin eriydigan xloridlar AgCl , Hg_2Cl_2 , PbCl_2 hosil qiladi. Boshqa hamma kationlarni xloridlari suvda eriydi.

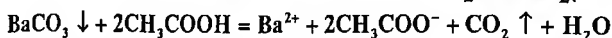
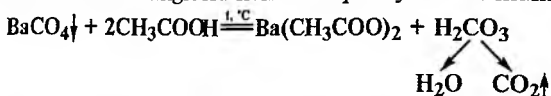
Guruh reagentlaridan foydalanish, ancha ishni yengillashtiradi, chunki ulardan foydalanilganda, analizda qilinishi lozim bo'lgan murakkab ishlar bir qancha soddaroq ishlarga bo'linib ketadi. Bordi-yu, analiz qilinayotgan eritmada birorta guruh butunlay bo'lmasa, uning guruh reagenti eritmada hech qanday cho'kma hosil qilmaydi. Bunday hollarda, shu guruhning ayrim ionlarni topish uchun reaksiya qilishga o'rin qolmaydi. Hamma ionlar uchun spetsifik reaksiyalar bo'lgan taqdirda ham sistematik analiz qilish yo'li bilan tarkibi noma'lum bo'lgan moddani bo'lib-bo'lib analiz qilish usuli nisbatan qulay va foydaliligi bilan o'z qimmatini saqlab qoladi.

Aksincha, agar moddaning tarkibi bizga taxminan ma'lum bo'lib, faqat biror aralashma bor yoki yo'qligini aniqlash kerak bo'lsa, bo'lib-bo'lib analiz qilish usulidan foydalanish qulaydir.

Analitik kimyoda ionlar sinflanishi ular hosil qilgan tuzlar va gidroksidlarning bir guruh ionlarni boshqa, bir guruh ionlardan ajratishga imkon beradigan eruvchanligi farqiga asoslangan.

Guruh reagentni asosiy talabi – guruh kationlarini to'la cho'ktirish. Bu talablarga hamma reagentlar ham javob bera olmaydi. Masalan, II guruh kationlari (Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+})ga sulfat ioni ikki sababga ko'ra guruh reagenti bo'la olmaydi; BaSO_4 , SrSO_4 va CaSO_4 holda cho'kmaga tushsa ham CaSO_4 suvda yaxshi eriydi, lekin BaSO_4 va SrSO_4 kislotalarda deyarli erimaydi.

II guruh kationlariga fosfat ion ham guruh reagenti bo'la olmaydi; uchchala kation fosfat (BaHPO_4 , SrHPO_4 va CaHPO_4) holda cho'kmaga tushadi va suyultirilgan xlorid hamda sirka kislotalarda eriydi, lekin fosfat ionlarining ortiqchasi boshqa kationlarni topishga xalaqit beradi. Xuddi shunga o'xshash sabablarga ko'ra II analitik guruhga oksolat — ioni ham guruh reagenti sifatida ishlatib bo'lmaydi. Shunday qilib, II analitik guruh kationlariga eng yaxshi guruh reagent karbonat ion bo'ladi, chunki u yuqoridagi hamma talablarga javob beradi, uchchala kation ham amaliy to'la cho'kadi, karbonatlar kislotalarda, hatto sirka kislotada ham oson eriydi, karbonat — ionlarining ortiqchasini kislota ta'sirida parchalab, qaynatish yo'li bilan karbonat angidrid holda chiqarib yuborish mumkin:



Shuning uchun ham sistemali analiz qilishda II analitik guruh kationlari I guruh (ishqoriy metallar va magniy)dan ajratish uchun guruh reagenti sifatida karbonat ionidan foydalaniladi. Analitik guruhlar kationlarining guruh reagenti quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1) kationlarni amaliy to'liq cho'ktirish kerak (cho'ktirishdan so'ng eritmada qolgan kation konsentratsiyasi $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ dan ortiq bo'lmasligi kerak);

2) keyingi analizlarni o'tkazish uchun hosil bo'lgan cho'kma, kislotalarda oson eriydigan bo'lishi kerak;

3) ortiqcha qo'shilgan reagent, eritmada qolgan ionlarni topishga xalal bermasligi kerak.

Anorganik moddalarning sifat analizida, ko'pchilik hollarda suvli eritmalarda ionlarga ajralgan tarzdagi tuzlar, kislotalar va asoslarning eritmaları tekshiriladi. Shu sababli, elektrolitlarning suvdagi eritmalarining kimyoviy analizi elementlar va ularning birikmalarini emas, ayrim ionlar (kationlar va anionlar)ni topishdan iborat.

Ionlarni topishni qulaylashtirish uchun, ular analitik guruhlariga ajratiladi. Kation va anionlarning analitik guruhlar bo'-

yicha sinflanishi ionlarning reaktivlar ta'siriga munosabatiga, ular tomonidan hosil qilinadigan ba'zi bir birikmalarning o'x-shashligiga, eruvchanlikdagi farqqa va boshqa ko'rsatkichlariga asoslanadi.

1.7. Kationlarning sinflanishi

Kationlarni analitik guruhlariga bo'lishning bir necha sistemalari bor. Quyida kationlar analizining sulfidli sistemasi bo'yicha analitik guruhlar to'g'risida ma'lumotlar keltiramiz.

Kationlar analizining sulfidli sistemasi

Klassik sulfidli sistema asosida kationlarning sulfidlari, xloridlari va karbonatlarining eruvchanligi yotadi. Bu birikmalarning har xil eruvchanligini hisobga olib, bu sistema bo'yicha, elementlarning kationlari beshta analitik guruhga bo'linadi (2-jadval). Bu sinflanish asoslari 1871-yildayoq N.A. Menshutkin (1842–1907-yy.) tomonidan taklif qilingan edi.

Kationlarning birinchi analitik guruhiga, ishqoriy metallarning Mg^{2+} kationlari K^+ , Na^+ , shuningdek, NH_4^+ va Mg^{2+} kiradi. Bu guruhning umumiy guruh reagenti yo'q. Bu guruhning har bir kationi, o'ziga xos reaksiyalar yordamida ma'lum tartibda topiladi.

Ikkinchi analitik guruhga ishqoriy – yer metallarining kationlari: Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} kiradi. Bular umumiy guruh reagenti – ammiakli bufer aralashmasi (NH_4OH va NH_4Cl) eritmasidagi ammoniy karbonat $(NH_4)_2CO_3$ ta'sirida suvda erimaydigan karbonatlar $MeCO_3$ holida cho'kadi.

Kationlarning uchinchi analitik guruhiga Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} va boshqa kationlar kiradi. Ular neytral va kuchsiz ishqoriy ($pH = 7-9$) eritmalaridan umumiy guruh reagenti – ammoniy sulfid $(NH_4)_2S$ ta'sirida suvda erimaydigan sulfidlar va gidroksidlar holida cho'kadi.

To'rtinchi analitik guruhga Cu^{2+} , Cd^{2+} , Bi^{3+} , As^{3+} , As^{5+} , Sb^{5+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} va boshqa kationlar kiradi. Bu kationlarning hammasi, kislotali sharoitda ($pH = 0,5$) vodorod sulfid bilan suvda erimaydigan, sulfidlar cho'kmasini hosil qiladi. Umumiy guruh reagenti – xlorid kislota ishtirokidagi vodorod sulfididir.

Kationlarning analitik guruhlarga sinflanishi

Analitik guruhlar	Guruhga kiradigan kationlar	Guruh reaktivi	Hosil bo'ladigan birikmalar	Guruhning xususiyatlari
I	K^+ , Na^+ , NH^+ , Mg^{2+} va boshqalar	yo'q	—	Xloridlari, sulfatlari, sulfidlari, karbonatlari (Mg^{2+} dan tashqari) suvda eriydi
II	Ba^{+2} , Sr^{+2} , Ca^{+2}		$BaCO_3\downarrow$, $CaCO_3\downarrow$, $SrCO_3\downarrow$	Xloridlari, sulfidlari suvda, karbonatlari kislotalda eriydi. Ba^{2+} , sulfatlari suvda, kislotalda va ishqorda erimaydi
III	Al^{+3} , Cr^{+3} , Fe^{+3} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Ni^{+2}	$(NH_4)_2S$, $[NH_4OH]$ $[NH_4Cl]$ $pH = 9,2$	$Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, ZnS , FeS , Fe_2S_3 , MnS , CoS , NiS	Xloridlari, sulfatlari suvda, sulfidlari suyultirilgan kislotalda eriydi
IV	Cu^{2+} , Cd^{+2} , Bi^{+3} , As^{3+} , As^V , Sb^{3+} , Sb^V , Sn^{2+} , Sn^{IV}	$\frac{H_2S}{0,3n\ HCl}$ $pH=4-5$	CuS , CdS , Bi_2S_3 , HgS , As_2S_3 , As_2S_5 , SnS , SnS_2 , Sb_2S_3	Xloridlari suvda eriydi, sulfidlari suyultirilgan kislotalda erimaydi
V	Ag^{+1} , $[Hg_2^{+2}]$, Pb^{2+}	HCl	$AgCl$, $PbCl_2$, Hg_2Cl_2	Xloridlari, sulfidlari suvda, suyultirilgan kislotalda erimaydi

Kationlarning beshinchi analitik guruhiga Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} va boshqa kationlar kiradi. Bu kationlarning xloridlari suvda va suyultirilgan kislotalarda erimaydi. Guruhning umumiy reagenti — xlorid kislotaning 2N eritmasi hisoblanadi.

Kationlarni beshta analitik guruhga bo'linishi, analizlar o'tkazishni ancha soddalashtiradi va guruh reagentlarini ma'lum izchillikda ta'sir ettirib, kationlar aralashmasini sistemali analiz qilish imkonini beradi.

Anionlarni guruhlarga bo'linishi

Analitik guruhlar	Guruhga kiradigan anionlar	Guruh reaktivi	Hosil bo'ladigan birikmalar	O'ziga xos xususiyatlari
I	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, SiO_3^{2-} , F^- , AsO_3^{3-} , BO_2^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ va boshqalar	BaCl_2 neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda	BaSO_4 , BaSO_3 , BaS_2O_3 , BaCO_3 , $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_3$, BaC_2O_4 , BaSiO_3 va boshqalar	Bariyli tuzlari suvda erimaydi, kislotada eriydi (BaSO_4 dan tashqari) hammasi oq cho'kma faqat CrO_4^{2-} ionlari sariq cho'kma hosil qiladi
II	Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , CN^- , SCN^- , $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, IO^- , ClO_3^- va boshqalar	Nitrat kislotada muhitda AgNO_3	AgCl , AgBr , AgI , Ag_2S , AgCN va boshqalar	Kumushli tuzlari, suvda va kislotada erimaydi
III	NO_2^- , NO_3^- , CH_3COO^- , ClO_3^- , MnO_4^- va boshqalar	yo'q	—	Bariy va kumushli tuzlari suvda eriydi

Klassik sulfidli sistema hozirgi davrgacha, mukammallash-tirib kelindi, lekin shunga qaramasdan ba'zi kamchiliklardan xoli emas. Jumladan, uchinchi va to'rtinchi guruhning bir qator kationlari sulfidlarini eruvchanligi bir-biriga yaqin bo'lganligi uchun kationlarni bir-biridan ajratish to'liq amalga oshmaydi.

Kationlarga qarama-qarshi o'laroq, anionlar ko'pincha bir-birini topishga xalal bermaydi. Shuning uchun ularni bir-biridan ajratishga yordam beradigan reaksiyalardan ahyon-ahyonda foydalaniladi, xolos. Ko'pincha, anionlar eritmani bo'lib-bo'lib tekshirish usuli bilan, ya'ni tekshirilayotgan eritmaning ayrim ulushlaridan topiladi. Shunga ko'ra anionlarni analiz qilishda guruh reagentlari, odatda, guruhlarni bir-biridan ajratish uchun emas, balki ularning bor-yo'qligini aniqlab olish uchun qo'llaniladi. Ravshanki, agar biror guruhga oid anionlarning yo'qligi

aniqlansa, ayrim anionlarni topish uchun reaksiya qilinadi. Shunday qilib, anionlar guruhini bor-yo'qligini aniqlash reaksiyalari umumiy analizni ancha osonlashtiradi.

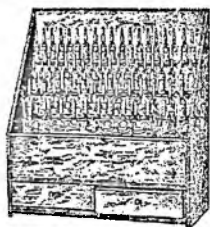
1.8. Yarimmikro usul bilan bajariladigan usullar (idishlar, asboblari va uskunalari)

Yarimmikroanalizda moddani makroanalizdagiga qaraganda kam miqdori tekshiriladi. Binobarin, har ikkala analiz usulida ham konsentratsiyalari aynan bir xil eritmalar va reaktivlardan foydalanilsa, yarimmikroanalizda hosil bo'lgan cho'kmaning miqdori mikroanalizdagidan 20 marta kam bo'lishi kerak. Biroq, bunday oz miqdordagi cho'kmalar bilan ishlash maxsus asboblari ishlatilishi va o'ziga xos ish usullari qo'llaniladi. Shuning uchun yarimmikroanalizda 2–4 ml sig'imli, tubi toraytirilgan konussimon kichkina probirkalar ishlatiladi, bularda oz miqdordagi cho'kma ham yaxshi ko'rinadi.

Yarimmikrousulda reaksiyalar juda oz sarflangani uchun ular 10–15 ml sig'imli shisha idishda saqlanadi. Bu esa uncha katta bo'lmagan yashik shtativga (1-rasm) kerak bo'ladigan reaktivlarning anchagina qismini joylashtirishga va shuning bilan analizni ish joyidan qo'zg'almasdan bajarishga imkon beradi.

Shtativda reaktivli shisha idishlar qo'yiladigan uyachalari bo'lgan tokchalar bor. Pastki tokchada quruq reaktivlar, yuqoridagi tokchalarda eritmalar joylashgan.

2-rasmda reaktiv solinadigan shisha idish tasvirlangan, o'ziga zich bekitiladigan probka xizmat qiladi.



**1-rasm. Reaktivli sklyankalar uchun
quti-shtativ**

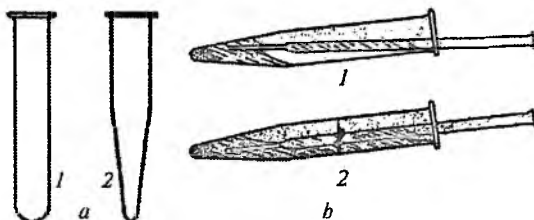


**2-rasm. Pipetkali reaktiv
sklyankasi**

Reaktivlar shisha idishlardan faqat pipetkalar yordamida olinadi. Shisha idishlarni shtativda o'rnatilgan joyidan sira oltmaslik kerak, chunki unda reaktivlarning joylashish tartibi buziladi va ularni ish vaqtida topib olish qiyinlashadi.

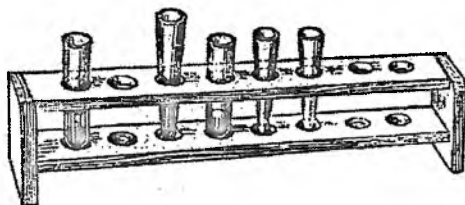
Kimyoviy idishlar. Yarimmikroanalizda quyidagi shisha va chinni idishlardan foydalaniladi.

Probirkalar. Reaksiyalarni bajarish uchun konussimon va silindrsimon probirkalar ishlatiladi. Konussimon probirkalarning tubi ingichka bo'lib, kam miqdordagi cho'kmalarni eritmadan ajratib, sentrifugalash juda qulay. Bu uchun ular sentrifuga probirkalar deyiladi (3-rasm).



3-rasm. *a* — probirkalar: 1 — silindrik; 2 — konussimon.
b — cho'kmadan sentrifugatni ajratish: 1 — to'g'ri holat;
2 — noto'g'ri holat.

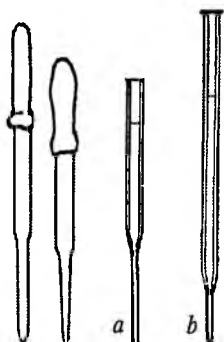
Idishdagi eritma miqdorini bilish uchun darajalangan probirkalar ham ishlatiladi, probirkalar uchun shtativ (4-rasm).



4-rasm. Probirkalar uchun shtativ

Kapillyar pipetkalar. Ular shisha naychalardan yasalgan bo'lib, uzunligi 8–12 *sm* bo'ladi. Pastki uchlari kapillyar hoida

cho'zilgan (5-rasm). Yuqorigi uchiga esa rezina qalpoqcha yoki rezina nay kiydiriladi. Bu rezina nayga shisha zoldir joylashgan bo'ladi, rezina nay yoki qalpoqchalarni siqib bo'shatish orqali pipetkaga eritma to'ldiriladi yoki undan bo'shatiladi. Kapillyar pipetkalar tekshirilayotgan eritmali probirkadan eritmani olib, nazorat tajriba o'tkazish uchun ishlatiladi. Pipetkalar har gal ishlatilgandan so'ng ularni distillangan suvda 2–3 marta chayiladi. Toza pipetkalar stol ustiga emas, balki distillangan suvli stakanga solib qo'yiladi (6-rasm).



5-rasm. Kapilyar pipetkalar:
a – eritmani cho'kmadan ajratish uchun; b – reaktiv qo'shish uchun



6-rasm. Kapilyar pipetkalar

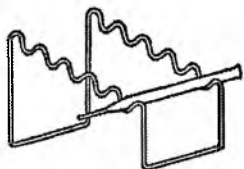
Ish uchun tayyorlangan pipetkalar stol ustiga emas, alyuminiy simidan tayyorlangan shtativ (7-rasm)ga joylashtiriladi, foydalanilganlari shu zahotiyoq, reaktiv kapilyarda qotib qolmasligi uchun suvli stakanga tushirilib yuviladi.

Shisha – tayog'cha yordamida eritma aralashtiriladi, shisha tayog'cha uzun bo'lib, uchida shar shaklida bo'ladi (8-rasm).

Stakan va kolbalar. Analitik reaksiyalarni bajarishda kimyoviy eritmalar va suyuqliklarni solish uchun kimyoviy ta'sirlarga chidamli stakan va kolbalar ishlatiladi (9-rasm). Stakanlar suyuqlikni quyish qulay bo'lishi uchun tumshuqli kolbalar konusimon va yumaloq bo'ladi. Bu idishlar qizdirishga chidamli bo'lgan yupqa shishadan yasaladi. Qo'proq miqdordagi erit-

malar bilan ishlaganda yoki qaynatishga to'g'ri kelganda, sig'imi 10 ml ga yaqin tumshuqli kichkina kimyoviy stakanlar ishlatiladi.

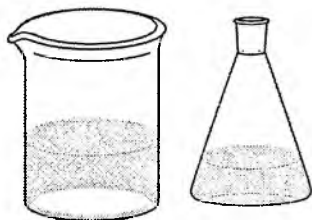
Yuvgichlar. Chinni va shisha idishlarning hammasi juda toza bo'lishi lozim. Ko'pincha oz miqdordagi ifloslik ham reaksiya natijasini buzadi, bu esa butun analizni qaytadan ishlab chiqarishga to'g'ri keladi. Shuning uchun ish vaqtida foydalaniladigan barcha shisha va chinni idishlar, pipetkalar hamda shisha tayoqchalarni tozalashga nihoyatda e'tibor berish shart.



7-rasm. Kapilyar pipetkalar uchun shtativ



8-rasm. Shisha tayoqcha.



9-rasm. Stakan kolbalar

Idish oldin vodoprovod suvi bilan so'ng distillangan suv bilan chayiladi.

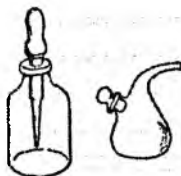
Probirkalarga distillangan suv solishda va idish tubidagi cho'kmalarni yuvishda yuvgichlardan (10-rasm) foydalaniladi. Yuvgich tayyorlash uchun konussimon tubli kolbalar olib, ularga ikki teshikli rezina tiqin tiqiladi va bu teshiklarga 2 ta bukilgan shisha nay o'rnatiladi. Naylardan birining pastki uchi idishning tubiga borishi kerak, yuqorigi qismi esa 60–70° burchak ostida bukilgan bo'ladi. Yuqori uchiga rezina nay kiydirilib, kapillyarga ulanadi.

Ikkinchi shisha nayning ham yuqorigi qismi bukilgan bo'ladi. Bu nay kolbaga havo puflash uchun xizmat qiladi.

Tomizg'ichlar. Konsentrlangan kislota, ishqor va ammiak eritmalari tomchilab ishlatilgani uchun ular tomizg'ichlarda yoki tomizg'ichli shisha idishlarda (11-rasm), mo'rili shkafda saqlanadi.

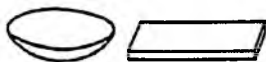


10-rasm. Yuvgich

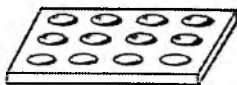


11-rasm. Tomizg'ichlar

Soat oynasi va shisha plastinka. Tomchi analitik reaksiyalar o'tkazish uchun soat oynasi ishlatiladi. Ularning sirti qavariq ko'rinishga ega bo'lib, diametri 4–5 sm ni tashkil etadi. Mikrokrystalloskopik reaksiyalar o'tkazish uchun shisha, chinni plastinkalar ishlatiladi (12-, 13-rasm).



12-rasm. Soat oynasi va shisha plastinka



13-rasm. Tomchi reaksiyalar uchun chinni plastinka

Chinni kosacha (stakan) va tigellar. Bu idishlar eritmalarini qizdirishga xizmat qiladi. Masalan, eritmalarini kosachalarda bug'latish qulaydir. Konsentrlangan sulfat kislotani suyultirayotganda, katta miqdorda issiqlik chiqadi, shuning uchun bu jarayon chinni stakanlarda olib boriladi. Kichik hajmdagi eritmalarini bug'latish va cho'kmalarni qizdirishda qalpoqli va qalpoqsiz chinni tigellar ishlatiladi (14-, 15-rasm).



14-rasm. Chinni kosacha va tigellar



15-rasm. Qopqoqli mikrotigel

Kimyoviy idishlarni tozalash. Laboratoriya ishlarini bajarishdan oldin, analiz uchun kerak bo'ladigan idish va uskunalarni

taxt qilib qo'yish kerak. Ishni boshlashdan oldin idishlarni juda toza yuvish zarur, aks holda analiz natijasi katta xatoliklarga olib keladi.

Asosiy yuvish vositasi sifatida issiq suv ishlatiladi. Shisha idishning devorlarida suv turib qolmasligi, idishning yaxshi yuvilganligini bildiradi. Agar idish devorlarida cho'kma qoldiqlari bo'lsa, u holda idish cho'tka tozalagich bilan ishqalab yuviladi. Tozalagichni ishlatayotganda ehtiyot bo'lish zarur, chunki tozalagichning uch qismi idishning tubiga tegib uni tirnashi yoki darz ketkazishi mumkin. Buning oldini olish uchun tozalagich uchiga rezina qalpoqcha kiyg'izib qo'yish kerak. Idishni tozalagich bilan tozalab yuvgandan so'ng, uni issiq suv bilan chayib, albatta, distillangan suvda 2–3 marta chayish lozim.

Agar qoldiqlar suv bilan to'liq yuvilmasa, unda bu idishni maxsus yuvish vositalari: kislota yoki xromli aralashma bilan yuvish lozim, shundan keyin yana distillangan suv bilan chayiladi.

Suv hammomi (16-rasm) isitish uchun ishlatiladi. 50 ml hajmli stakan ustiga probirkalar o'rnatish uchun ikki-uchta teshiklari bo'lgan metall qopqoq bilan bektiladi. Ichida eritmalari bo'lgan probirkalar hammomning issiq suviga botiriladi.

Elektr sentrifugal. Sifat analizi bajarilayotgan vaqtda cho'kma yengil va eritma hajmi kam bo'lsa, ularni filtrlash usuli bilan ajratib bo'lmaydi.



16-rasm. Suv hammomi

17-rasm. Sentrifugal: a – qo'l bilan ishlaydigan; b – elektr toki bilan ishlaydigan.

Yarimmikroanalizda cho'kma eritmadan sentrifuga yordamida ajratiladi. Bunda sentrifuga aylanganda, zarrachalar markazdan qochma kuch ta'sirida tezda probirka tubiga cho'kma holida to'planadi va eritma tiniq bo'lib qoladi. Sentrifugada probirkalarni quyish uchun 4 ta yoki 12 ta probirkaga mo'ljallangan alohida uyachalar bor (17-rasm).

1.9. Analitik kimyo laboratoriyasida ishlash tartibi

Sifat va miqdoriy analizdan laboratoriya ishlari o'tkazgan talabalar kimyoviy tajriba o'tkazish asoslarini, texnikasini va kelgusida boshqa laboratoriyalarda qanday ishlashni o'zlashtiradilar. Shuning uchun talabalar, avvalo, analitik kimyo laboratoriyasida ishlash tartibini puxta o'zlashtirib olishlari kerak, bu tartib hamma kimyoviy laboratoriyalar uchun umumiydir.

1. Ishni boshlashdan oldin talabalar darslikdan ishni bajarish uslubiyati bilan tanishadilar. Xalat kiyadilar.

2. Ish vaqtida tartibni saqlash, ish joyida va umuman laboratoriyada tozalikka rioya qilishlari shart.

3. Ish joyini keraksiz buyumlar (sumka, idishlar, keraksiz asboblardan va hokazo) bilan qalashtirib yubormaslik kerak.

4. Reaktivlarni og'zi berk idishlarda saqlash lozim. Ishlatilgandan so'ng reaktivli idishlarning og'zini yopib, shtativdagi o'z o'rniga qo'yish kerak.

5. Gaz va tutun ajralishi bilan boradigan reaksiyalarni so'rma ventilyatsiyali shkafda o'tkazish zarur.

6. Reaktivlar, gaz, suv va elektr energiyasi isrof qilinmasligi kerak.

7. Ishlatilgan ishqorlar, kislotalar, simob birikmalarini, qo'rg'oshin sulfidlarni umumiy kanalizatsiyaga oqizish yaramaydi. Ularni alohida ajratilgan idishlarga yig'ish lozim.

8. Yaxshi sozlangan, ko'k alanga berib yonuvchi gaz gorellalaridan foydalanish kerak.

9. Ish tugashi bilan elektr energiyasi, gaz va suvni o'chirish, idishlarni yuvish, ish joyini tozalash va laboratoriyani tartibga keltirish kerak.

10. Ish jarayonida xavfsizlik texnikasi qoidalariga rioya qilish lozim.

Laboratoriya jurnalini tutish tartibi. Laboratoriya jurnalini tartibli va ko'rsatilgan shaklda tutish kerak. Dars vaqtida barcha jarayonni laboratoriya jurnaliga yozish shart emas. Sifat analizi bajarilayotganda natijalarni jurnalga quyidagi tartibda yozish tavsiya qilinadi:

1. Laboratoriya ishining nomi.
2. Laboratoriya ishini olib borish tartibi.
3. Reaksiya tenglamalarining molekulyar va ionli holatdagi ko'rinishi, bu reaksiyalardan ko'zda tutilgan maqsad, bajarilish sharoiti va tashqi effekti (cho'kma hosil bo'lishi, gaz ajralishi yoki eritma rangining o'zgarishi).

Xavfsizlik texnikasi

Laboratoriya ishlarini boshlashdan oldin talabalar xavfsizlik texnikasi qoidalari bilan puxta tanishgan bo'lishlari kerak. Bu qoidalar quyidagilardan iborat:

1. Konsentrlangan kislota va ishqor eritmaları, shuningdek, xromli aralashma bilan ishlayotganda ehtiyot bo'lish zarur. Ularning qo'lga va kiyimga tegishidan saqlanish lozim.

2. Konsentrlangan sulfat kislotani suyultirayotganda suvni kislotaga emas, balki aksincha kislotani suvga oz-ozdan quyish kerak, chunki konsentrlangan sulfat kislotaga suv qo'shilganda katta miqdorda issiqlik chiqadi va oqibatda idishlardan tashqariga kislota sachrab ketishi mumkin.

3. Katta miqdordagi konsentrlangan kislota quyilayotganda, rezina qo'lqop, fartuk, etik kiyish va himoya ko'z oynagini taqish kerak.

4. Konsentrlangan kislota, ishqorlar va ammiak eritmalarini pipetkaga og'iz yordamida chiqarib olish qat'iyman etiladi.

5. Qattiq holdagi moddalarni pinset yoki qisqichlar bilan dona-dona qilib, maydalanganini esa chinni qoshiqda olish kerak.

6. Zaharli moddalar, masalan, bariy, qo'rg'oshin, mishyak, sianid bilan ishlayotganda ularni organizmga ta'sir etmasligi uchun respirator yoki doka bog'larni tutib olish shart, ish tugatgandan keyin esa qo'larni sovunlab yuvish kerak.

7. Kimyo laboratoriyasida ovqatlanish qat'iyman etiladi.

8. Laboratoriyada yonuvchan va portlovchan moddalarni saqlash va ularga yaqin joyda alanga, elektr asboblari bilan ishlash taqiqlanadi.

Birinchi tibbiy yordam ko'rsatish. Laboratoriyada ishlayotganda xavfsizlik texnikasi qoidalariga rioya qilmaslik turli baxtsiz hodisalarga, shu jumladan, I–III darajadagi kuyishlarga olib kelishi mumkin.

Birinchi darajali kuyganda teri qizaradi. Bunda kuygan joyga 90–95 %li etil spirtga bo'ktirilgan paxta bosilishi lozim.

Ikkinchi darajali kuygan terida pufakchalar hosil bo'ladi. Bu holda terini 90–95 %li etil spirt yoki 5 %li KMnO_4 eritmasi bilan yuvib tashlash kerak.

Uchinchi darajali kuyganda, teri juda qattiq shikastlanadi. Bunda shikastlangan joy toza doka bog'lami bilan bog'lanib, bemor tibbiyot bo'limiga olib borilishi kerak.

Teri konsentrlangan sulfat kislota kuygan bo'lsa, shu joy dastlab quruq doka bilan asta-sekin artiladi, shundan so'ng yaxshilab, avval suv bilan so'ngra natriy gidrokarbonat NaHCO_3 ning 3 %li eritmasi bilan yuviladi. Agar reaktiv ko'zga sachragan bo'lsa, ko'z mo'l miqdordagi suv bilan yuvilishi kerak, so'ngra tezda zararlangan kishini tibbiyot bo'limiga olib borish kerak. Teri suyultirilgan kislota yoki ishqor eritmasi ta'sirida kuysa, shu joy avval mo'l miqdordagi suv bilan yuvilishi kerak. So'ngra (agar kislota ta'sirida kuygan bo'lsa) natriy gidrokarbonat (ichimlik soda) eritmasi bilan ishqor ta'sirida kuygan bo'lsa, shu joy sirka kislotasining 1 %li eritmasi bilan yuvilishi lozim. Agar og'iz va lab kislota ta'sirida kuygan bo'lsa, bu organlarni o'simlik yog'ining suvli suspenziyasi bilan chayish kerak. Og'iz va lab ishqorda yoki ammoniy gidrat ta'sirida kuysa, bu organlar sirka yoki limon kislotasining 1 %li eritmasi bilan chayilishi lozim.

Ammiak bilan zaharlanganda bemorga ko'p miqdorda limon yoki sirka kislota qo'shilgan suv ichirib, qusishga majbur qilish lozim. Shundan so'ng o'simlik moyi, tuxum oqsili yoki sut ichish lozim bo'ladi. Agar tananing biror joyi jarohatlansa, o'sha joy yodning spirtli eritmasi yoki 5 %li vodorod peroksid bilan yuvib bog'lanishi kerak. Agar jarohat jiddiy bo'lsa, tibbiyot bo'limiga murojaat qilish zarur.

Yong'inga qarshi xavfsizlik choralari. Agar yong'in sodir bo'lsa, gaz va elektr uskunalari tezda o'chirib, xonadan barcha yonadigan va portlaydigan moddalarni olib chiqish kerak. Olovni o't o'chirgich, qum yoki asbest sholcha bilan o'chirish lozim. Agar yong'inni shu usulda o'chirishning imkoni bo'lmasa, o't o'chiruvchilarni komandasini yordamga chaqirish lozim bo'ladi.

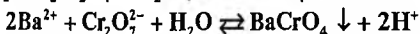
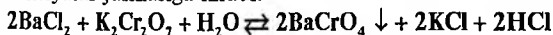
O'z-o'zini tekshirish uchun savollar

1. Analitik kimyo fani va uning ahamiyati.
2. Sifat va miqdoriy analizlarning vazifalari.
3. Analitik kimyo reaksiyalariga qanday talablar qo'yiladi?
4. Analitik kimyoda «tashqi effekt» qanday effekt deyiladi?
5. Kimyoviy analiz usullarining mohiyati.
6. Fizikaviy va fizik-kimyoviy analiz usullarini ahamiyati.

II bob. NAZARIY MASALALAR

2.1. Massalar ta'sir qonuni

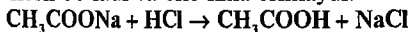
Analitik reaksiyalar, asosan qaytar reaksiyalardir, ya'ni bir vaqtda bir-biriga qarama-qarshi yo'llanishda boradigan reaksiyalardir. Masalan, Ba^{2+} ionlarni topish reaksiyalari ana shunday reaksiyalar jumlasiga kiradi:



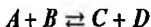
Bu reaksiyada $BaCrO_4 \downarrow$ sariq cho'kmasini hosil qiladi, lekin shu bilan birga hosil bo'lgan xlorid kislota cho'kmani eritadi va reaksiya ikki yo'nalishda boradi. Bir necha vaqtdan keyin kimyoviy muvozanat vujudga keladi, ya'ni to'g'ri va teskari reaksiyalar tezligi tenglashadi.

Kimyoviy reaksiya tezligi vaqt birligi ichida konsentratsiyaning o'zgarishi bilan o'lchanadi. Tenglamalarda tenglik belgisi o'rniga qaytarlik belgisi $\rightleftharpoons$ qo'yiladi. Bir vaqtda sodir bo'ladigan ikki reaksiyaning biri chapdan o'ngga tomon borsa $\rightarrow$ to'g'ri reaksiya, o'ngdan chapga borsa $\leftarrow$ qaytar reaksiya deyiladi.

Bu reaksiya to'la to'g'ri o'tishi uchun mazkur eritmaga CH_3COONa tuzini qo'shamiz. Natijada kuchsiz CH_3COOH — sirka kislota hosil bo'ladi va cho'kma erimaydi.



Umumiy holda eritmada, quyidagi qaytar reaksiya borayapti, deb faraz qilsak:



bunda, A , B , C va D — reaksiyada ishtirok etgan eritmadagi moddalar miqdori. $[]$ konsentratsiya belgisi.

To'g'ri reaksiyaning tezligi A va B moddalarning konsentratsiyasiga to'g'ri proporsionaldir. $[A] \cdot [B]$.

Ma'lumki, reaksiyaga kirishadigan va reaksiya natijasida hosil bo'ladigan moddalarning konsentratsiyalari bir litrdagi *mol*

miqdori bilan ifodalanadi, tenglamalarda moddalarning konsentratsiyalari o'rta qavs ichiga olib ko'rsatiladi. Demak, to'g'ri reaksiyaning tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$v_1 = k_1 \cdot [A] \cdot [B]$$

bunda: v_1 — to'g'ri reaksiyaning tezligi,

k_1 — to'g'ri reaksiyaning tezlik konstantasi, deb ataluvchi proporsionallik koeffitsiyenti.

Xuddi shunga o'xshash teskari reaksiyaning tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$v_2 = k_2 \cdot [C] \cdot [D]$$

bunda: v_2 — teskari reaksiyaning tezligi.

Ilgari aytib o'tkanimizdek, reaksiya davomida A va B moddalarning konsentratsiyalari borgan sari kamayib, C va D moddalarning konsentratsiyalari ortib boradi. Demak, vaqt o'tgan sari to'g'ri reaksiyaning tezligi kamayib, teskari reaksiyaning tezligi noldan boshlab ortib boradi. Nihoyat, ma'lum vaqtdan keyin reaksiyalar tezligi tenglashib qoladi.

Kimyoviy muvozanat harakatchan yoki dinamik muvozanatdir. Muvozanat holatida $v_1 = v_2$ bo'ladi.

$$k_1 \cdot [A] \cdot [B] = k_2 \cdot [C] \cdot [D]$$

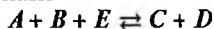
Konsentratsiyalar ifodasini tenglamaning bir tomoniga doimiy miqdor k_1 va k_2 larni esa ikkinchi tomoniga ko'chiramiz.

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

Ikki konstantaning nisbati ham doimiy son bo'ladi, uni K bilan belgilab, tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$K = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

Xuddi shunga o'xshash

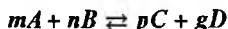


reaksiyasining muvozanati reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi quyidagicha:

$$K = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B] \cdot [E]}$$

tenglamasini qanoatlantirgan vaqtda vujudga keladi.

Umumiy holda:



reaksiyasi uchun (m , n , r va g) — stexiometrik koeffitsiyentlar muvozanat holatida:

$$K = \frac{[C]^p \cdot [D]^g}{[A]^m \cdot [B]^n}$$

bo'ladi.

Mazkur tenglama kimyoning eng asosiy qonunlaridan bo'lgan *massalar ta'siri qonunining matematik ifodasi* bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi:

Muvozanat holatida reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalar molyar konsentratsiyalari ko'paytmasining reaksiya uchun olingan moddalar molyar konsentratsiyalari ko'paytmasiga bo'lgan nisbati berilgan temperaturada shu reaksiya uchun doimiy son bo'lib, muvozanat konstantasi deyiladi, K bilan belgilanadi.

Kimyoviy muvozanat konstantasi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasiga bog'liq emas va o'zgarmas bosim hamda temperatura o'zgarganida muvozanat konstantasining qiymati ham o'zgaradi. Boshlang'ich moddalar konsentratsiyasining ortishi reaksiya mahsulotlarining hosil bo'lishini (demak konsentratsiyasini) ko'paytiradi.

Kimyoviy muvozanat konstantasining qiymatiga qarab, sistemadagi to'g'ri yoki teskari reaksiya tezroq borayotganligi haqida fikr yuritish mumkin.

Muvozanat konstantasi K ning fizik ma'nosi, uning k_1/k_2 ga tengligidan bilsa bo'ladi. K ning qiymati 1 dan katta bo'lsa, u berilgan temperaturada to'g'ri reaksiyaning tezligi teskari reaksiyaning tezligidan katta ekanini ko'rsatadi. Agar K ning qiymati birdan kichik bo'lsa, bu teskari reaksiyaning katta tezlik bilan borayotganini bildiradi.

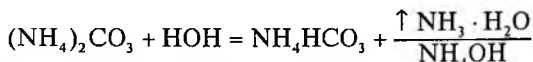
Foydalanishga qulay bo'lishi uchun, ko'pincha, muvozanat konstantasi K ning o'rniga, muvozanat konstantasi ko'rsatkichidan foydalaniladi, bu ko'rsatkich muvozanat konstantasi logarifmining teskari ifodasidir:

$$pK = -\lg K$$

$pK > 0$ bo'lganda, teskari reaksiya, $pK < 0$ bo'lganda esa, to'g'ri reaksiya ko'proq sodir bo'ladi.

Analizlar o'tkazishda, ko'pchilik kimyoviy reaksiyalar oxirigacha borib, ma'lum miqdorda mahsulot hosil qilishining

muhim ahamiyati bor. Muvozanat konstantasidan va muvozanatning siljishi mumkinligidan foydalanib, kimyoviy sistemaga reaksiyaga kirishayotgan moddalardan birini mo'l miqdorda qo'shish orqali, istalgan natijaga erishish mumkin. Masalan, analitik kimyoda, ko'pchilik kationlarni cho'ktirish uchun, ishlatiladigan ammoniy karbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ eritmada gidrolizlanadi:



Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi quyidagicha bo'ladi:

$$K = \frac{[\text{NH}_4\text{HCO}_3] \cdot [\text{NH}_4\text{OH}]}{[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = 15,3 \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

K ning qiymati katta ekanligi, ammoniy karbonatning anchagina qismi, gidroliz mahsulotlariga aylanganligini ko'rsatadi. Reaksiya mahsulotlaridan birining konsentratsiyasini, masalan, ammiakning konsentratsiyasini taxminan 10 marta oshirish bilan reaksiyaning muvozanatini chapga siljitish mumkin. Bunda, muvozanat konstantasi o'zgaras bo'lganda, boshlang'ich ammoniy karbonatining konsentratsiyasi ham 10 marta ortadi va gidrolizlanish darajasi kamayadi. Bu holda Le-Shatelening muvozanatni siljitish prinsipi amal qiladi. Kimyoviy muvozanat holatida turgan sistemaga biror tashqi ta'sir o'tkazilsa, unda, muvozanat shu ta'sirning kamayishiga olib keladigan tomonga siljiydi.

Massalar ta'siri qonunining analitik kimyoda ahamiyati juda katta bo'lib, undan quyidagi sohalarida foydalaniladi:

1. Kuchsiz elektrolitlarning dissotsiyanlanish konstantasini hisoblashda.
2. Gidroliz konstantasini hisoblashda.
3. Kompleks birikmalarning barqarorligini hisoblashda.
4. Yomon eriydigan, cho'kmalarning hosil bo'lishini yoki ularning erishini hisobga olishda.
5. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari yo'nalishida, muvozanat konstantasini tenglamasini aniqlashda.

2.2. Elektrolitik dissotsiyanish.

Elektrolitlar dissotsiyanish darajasi

Ho'l usul bilan o'tkaziladigan va analizda ko'p qo'llaniladigan reaksiyalar ionlar reaksiyalardir. Shuning uchun analitik, har xil elektrolitlarning qay darajada ionlarga dissotsiyanligini bilishi kerak. Aniqlanadigan modda albatta oldin eritiladi, suv-kuchsiz elektrolit bo'lib, dissotsiyanadi:



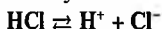
Eritilgan elektrolitning ulushi — miqdordan qancha qismi ionlarga ajralganini ko'rsatuvchi son, elektrolitik dissotsiatsiya darajasi deyiladi va α bilan belgilanadi.

$$\alpha = \frac{\text{ionlarga ajratilgan molekula son}}{\text{umumiy molekula}}$$

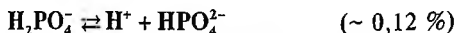
Sirka kislota uchun $\alpha=0,0419$ dissotsiyalangan miqdori yoki 4,19 % ionlar holda, dissotsiyanmagan qismi esa $\alpha = 0,9581$ (yoki 95,8 %) bo'ladi.

Dissotsiatsiya darajasi har xil usullar bilan aniqlanadi. Masalan, eritmaning elektr o'tkazuvchanligini yoki uning muzlash temperaturasiga qarab.

Kuchli kislotalarni dissotsiyanishi:



Bunda hosil bo'lgan H_2PO_4^- anionlar qisman, yana bir H^+ ionini ajratadi.



va nihoyat, HPO_4^{2-} ionlari oxirgi vodorod ionni ajratib chiqaradi:

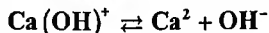


Raqaamlar (H_3PO_4 ning 0,1 M eritmasiga taalluqli) shuni ko'rsatadiki, birinchi bosqichda ionlanish eng yuqori darajada bo'ladi; HPO_4^- anionlari kuchsizroq kislota, HPO_4^{2-} anionlarida esa juda ham kuchsiz kislota xossalari namoyon bo'ladi.

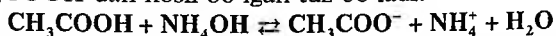
Buning sababi aniq musbat zaryadlangan H^+ ionlari H_3PO_4 ning neytral molekulasidan ko'ra manfiy zaryadlangan N_2PO_4^- ionlardan qiyinchilik bilan ajraladi. Ikki zaryadli HPO_4^{2-} ionla-

ridan esa undan ham qiyinroq ajraladi. Ko'p bosqichli ionlanish natijasida H_3PO_4 ning unchalik suyultirilmagan eritmasida ancha ko'p miqdor $H_2PO_4^-$ anionlari, undan kam HPO_4^{2-} va juda kam PO_4^{3-} anionlari bo'ladi.

Boshqa ko'p negizli kislotalar va ko'p kislotali asoslarning ionlanishi ham shunday bo'ladi. Ko'p kislotali asoslarda OH^- ionlari asta-sekin ajralib chiqadi:



Kislota va asoslarning ionlanishi darajalari bir-biridan katta farq qilgan holda, eruvchan tuzlarning deyarli hammasi (faqat ba'zi tuzlardangina boshqa) kuchli elektrolitlardir, ya'ni ularning ko'rinma ionlanish darajasi katta. Bu gap kuchsiz kislota va kuchsiz asosda hosil bo'lgan tuzlarga ham taaluqlidir. Masalan, CH_3COONH_4 , kam ionlanadigan birikmalar NH_4OH va CH_3COOH dan hosil bo'lgan tuz bo'ladi.

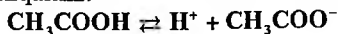


Kuchli elektrolitlar uchun kislotalar: $\alpha > 30\%$, HCl , K_2SO_4 , HNO_3 . Ishqorlar: $NaOH$, HI , KOH , $LiOH$. O'rta kuchli: $\alpha < 30\%$, kislotalar $H_2C_2O_4$, H_3PO_4 , H_2SiO_3 , HF , H_2SO_3 . Ishqorlar: $Cu(OH)_2$, $Ba(OH)_2$. Kuchsiz kislotalarga ionlanish darajasi juda kichik bo'lgan CH_3COOH , H_2CO_3 , H_2S , HCN , $HCOOH$, $H_2C_4H_4O_6$. Ishqorlar: NH_4OH , $Mg(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ $\alpha < 3\%$ kam.

Dissotsiyanish darajasi eritmaning konsentratsiyasi va temperaturasiga bog'liq. Temperatura ko'tarilishi bilan α ham ortadi. Konsentratsiya ortishi bilan α kamayadi, chunki eritmada kation va anionlar bir-biriga qancha yaqin bo'lsa, ular shuncha bir-biriga kuchli tortiladi, ya'ni ionlar orasidagi masofa eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq.

Agar $\alpha = 0,2$ bo'lsa, elektrolit $\alpha = 0,2 \cdot 100\%$ ga dissotsiyanlanadi. Agar $\alpha = 1$ bo'lsa, dissotsiatsiya $\alpha = 1 \cdot 100\%$ to'liq bo'ladi, kuchli elektrolitlar uchun H_2SO_4 , $\alpha = 97\%$, NH_4OH , $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-5}\%$.

Sirka kislota ning misolida, kuchsiz elektrolitning dissotsiatsiyasini ko'rib chiqamiz.



Har qanday qaytar jarayon kabi dissotsiyanlash jarayoni ham kimyoviy muvozanatga olib keladi va u massalar ta'siri qonuniga bo'ysunishi kerak. Demak,

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = K_{\text{dis}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (1)$$

bu yerda: $K_{\text{CH}_3\text{COOH}}$, K_{dis} – sirka kislotasining dissotsiyanlash konstantasi;

$[\text{H}^+]$ – ajralgan vodorod ionlarining konsentratsiyasi;

$[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ – sirka kislotani ajralgan anionini konsentratsiyasi;

$[\text{CH}_3\text{COOH}] = C_M$ – sirka kislotani umumiy konsentratsiyasi;

$[\text{H}^+] = C_K$ – umumiy holda yozilganda kationni konsentratsiyasi;

$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = C_A$ – umumiy holda anionni konsentratsiyasi.

Unda (1) tenglamani yozish mumkin:

$$K_s = \frac{C_K \cdot C_A}{C_M}$$

bu yerda: C_K va C_A – kation va anionlarning konsentratsiyalari;

C_M – berilgan elektrolitning ionlanmagan molekullari konsentratsiyasi;

K – elektrolitning ionlanish konstantasi deyiladi. U elektrolitning ionlarga ajralish moyilligining o'lchovidir.

Haqiqatan, tenglama (1)dan ko'rinadiki, K qancha katta bo'lsa, ionlar konsentratsiyasi C_K va C_A ham shuncha katta, ya'ni berilgan elektrolit shuncha kuchli ionlangan bo'ladi.

Binar elektrolitning, masalan, CH_3COOH ning har bir ajralayotgan molekulasi bittadan kation H^+ va bittadan anion CH_3COO^- berishini hisobga olsak va uning ionlanish darajasi α ga teng bo'lsa, ionlanish tenglamasini boshqacha ko'rinishda yozish mumkin. Bunda eritmada C mol kislota, CH_3COOH ning ionlangan mollar soni C_A bo'ladi, bundan:

$$C_K = C_A = C\alpha$$

Sirka kislotaning umumiy konsentratsiyasi C dan ionlangan molekullar $C\alpha$ miqdorini ayirsak, uning ionlanmagan molekullari miqdori C_M ni topamiz:

$$C_M = C - C\alpha = C(1 - \alpha)$$

C_K , C_A va C_M ning olingan qiymatlarini tenglama (1)ga qo'yasak:

$$K = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1-\alpha)} \quad \text{yoki} \quad K = \frac{C\alpha^2}{C(1-\alpha)} \quad (2)$$

Bu tenglama Osvaldning suyultirish qonunining matematik ifodasidir. U kuchsiz elektrolitning ionlanish darajasi bilan uning konsentratsiyasi o'rtasidagi bog'lanishni ifodalaydi.

Agar elektrolit ancha kuchsiz va eritma ancha suyultirilgan bo'lsa, uning ionlanish darajasi α kichik bo'lib. $(1-\alpha)$ ning qiymati birdan juda kam farq qiladi. Bunday holda:

$$C\alpha^2 = K \quad \text{va} \quad \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} \quad (3)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, eritma suyultirilgan sari (ya'ni C ning miqdori kamayishi bilan) uning ionlanish darajasi ortib boradi, bu tajribada ham kuzatiladi.

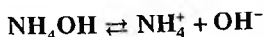
Elektrolitning birorta muayyan C konsentratsiyasidagi ionlanish darajasi α ni tajribada o'lchab va bu kattaliklarni tenglama (3)ga qo'yib, ionlanish konstantasini topish oson.

Misollar keltiramiz:

1. 0,1 n NH_4OH eritmasining ionlanish darajasini hisoblab toping. Ionlanish konstantasini tenglamasini NH_4OH uchun yozamiz:

$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

Yechish: Izlanayotgan OH^- ionlari konsentratsiyasini x bilan belgilaymiz.



tenglamadan ko'rinib turibdiki, eritmada bir OH^- ioni bir qatorda

$$[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = x$$

va

$$[\text{NH}_4\text{OH}] = C - x$$

bunda, $C - \text{NH}_4\text{OH}$ ning umumiy konsentratsiyasi.

$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{x^2}{C - x}$$

x ning qiymati C ga nisbatan juda kam bo'ladi va uni hisobga olmaymiz, unda:

$$\frac{x^2}{C} = K_{\text{NH}_4\text{OH}};$$

$$x = [\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot C}$$

bu yerda: $K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ g-ion/l}$ va $C = 0,1 \text{ n}$ bo'lsa,

$$x = [\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{1,76 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1} = \sqrt{1,76 \cdot 10^{-6}} = 1,33 \cdot 10^{-3}$$

$$x = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ g-ion/l}$$

2. NH_4OH ning $0,1 \text{ n}$ eritmasidagi ionlanish darajasini hisoblang?

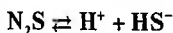
Yechish: Formula $\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$ dissotsiyanish darajasi, berilgan qiymatlarni qo'yamiz.

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{NH}_4\text{OH}}}{C}} = \sqrt{\frac{1,76 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = \sqrt{1,76 \cdot 10^{-4}}$$

$$\alpha = 1,33 \cdot 10^{-2} = 1,33 \%$$

3. $0,1 \text{ n}$ H_2S eritmasidagi H^+ va HS^- ionlarining konsentratsiyasini toping.

Yechish: H^+ ionlari asosan, H_2S ning birinchi ionlanish bosqichida hosil bo'ladi:



$$K_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 8,9 \cdot 10^{-9} \text{ g-ion/l}$$

Noma'lum $[\text{H}^+]$ va $[\text{HS}^-]$ ni x bilan belgilasak,

$$x = [\text{H}^+] = [\text{HS}^-] = \sqrt{K_{\text{H}_2\text{S}} \cdot C}$$

$$x = \sqrt{8,9 \cdot 10^{-9} \cdot 0,1} = \sqrt{8,9 \cdot 10^{-10}} = 9,4 \cdot 10^{-5} \text{ g-ion/l}$$

$$x = [\text{H}^+] = [\text{HS}^-] = 9,4 \cdot 10^{-5} \text{ g-ion/l}$$

4. $0,1 \text{ n}$ CH_3COOH eritmasining ionlanish darajasini hisoblab toping:

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ g-ion/l}$$

Yechish:

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,85 \cdot 10^{-5} = 0,0000185 = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ g-ion/l}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{1,85 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = 1,35 \cdot 10^{-2} = 1,35 \%$$

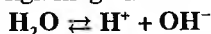
$$\alpha = 1,35 \%$$

Dissotsiyanlanish konstantasi qiymati bo'yicha elektrolitlarning kuchlilik darajasini baholash mumkin: K_{diss} ning qiymati qancha kichik bo'lsa, elektrolit shunchalik kuchsiz bo'ladi va aksincha, K_{diss} qancha katta bo'lsa, elektrolit shuncha kuchli bo'ladi.

2.3. Suvning ion ko'paytmasi. Vodorod ko'rsatkich, gidroksid ko'rsatkich

Suv universal erituvchi hisoblanadi va u analitik kimyoda analizda ishlatiladi.

Analitik kimyoda sodir bo'ladigan reaksiyalar ko'pchiligi suvli eritmalarda boradi. Suv kuchsiz elektrolit bo'lib, juda kam bo'lsa ham, quyidagi tenglamaga ko'ra dissotsiyanadi:



Shuning uchun analiz qilinayotgan eritmada erigan modda ionlari bilan birga har doim H^+ va OH^- ionlari ham bo'ladi. Suvning ionlanish darajasi juda kichik. Masalan, 25°C da 1 l suvning $\alpha = 1 : 10000000$ (yoki 10^{-7}) molgina ionlarga ajraladi. Modomiki, H_2O ning har qaysi molekulasidan ionlanish natijasida bittadan H^+ va OH^- ionlari hosil bo'lar ekan, ularning toza suvdagi konsentratsiyasi $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ bo'ladi.

H_2O ning ionlarga ajralish jarayoni boshqa kuchsiz elektrolitlardagidek, tegishli ionlanish konstantasining qiymati bilan ifodalanishi mumkin.

$$K_{\text{muv}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

Ionlanish konstantasining qiymatini hisoblash qiyin emas. Ma'lumki, 1 l (H_2O) suvning (25°C da) og'irligi 997,8 g. H_2O ning molekulyar og'irligi 18,02. 1 l suvda H_2O ning mollar soni 25°C da

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{997,8}{18,02} = 55,37 \text{ mol}$$

Bundan,

$$K_{\text{su}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{10^{-14}}{5,37} = 1,8 \cdot 10^{-16} \text{ g} \cdot \text{mol/l}$$

$[\text{H}_2\text{O}]$ ni o'ng tomonga o'tkazib, tenglama soddalashtiriladi:

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_{\text{su}} \cdot [\text{H}_2\text{O}] = K_{\text{H}_2\text{O}}$$

Masalan, suvning dissotsiyanlash darajasi, juda kichik 1 / suvning 1 : 10000000 (yoki 10^{-7}) moligina ionlarga ajraladi.

25 °C da toza suvda $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$, demak shu temperaturada

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14} \text{ g} \cdot \text{ion/l},$$

ya'ni

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ g} \cdot \text{ion/l},$$

bu doimiy son bo'lib, suvning ion ko'paytmasi deyiladi.

$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-14}$, tenglamani ($-\lg$ ga) ko'paytiramiz

$$-\lg[\text{H}^+] + (-\lg[\text{OH}^-]) = -\lg 10^{-14}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$-\lg[\text{H}^+] = \text{pH}$ vodorod ko'rsatkichi; $-\lg[\text{OH}^-] = \text{pOH}$ gidroksid ko'rsatkichi; yoki

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

Suv ionlarga juda kam ajralgani uchun, ionlanish darajasining har qanday o'zgarishi suv molekularining konsentratsiyasiga juda kam ta'sir qiladi. Shuning uchun yuqoridagi tenglamada keltirilgan $K_{\text{H}_2\text{O}}$ ning miqdorini amalda o'zgarmas, deb hisoblanadi. Shuningdek, $K_{\text{H}_2\text{O}}$ ning miqdori ham o'zgarmasdir.

Demak, hosil bo'lgan tenglamaning o'ng tomoni, binobarin $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ ko'paytma ham o'zgarmas sonidir. Harorat ko'tarilganda $K_{\text{H}_2\text{O}}$ miqdori tez ortadi.

$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_{\text{H}_2\text{O}}$ tenglamaning ma'nosi quyidagicha: H^+ va OH^- ionlarning konsentratsiyasi qanchalik o'zgarmasin, ularning ko'paytmasi suvli har qanday eritmada 25 °C da 10^{-14} ga teng o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi.

Agar toza suvga birorta kislota qo'shib, eritmadagi H^+ ionlari konsentratsiyasi 10^{-7} dan qancha oshirilsa, OH^- ionlari konsentratsiyasi shuncha kamayadi va 10^{-7} dan kam bo'lib qoladi. Demak, kislotali eritmada:

$$[\text{OH}^-] > 10^{-7} > [\text{H}^+]$$

Xuddi shunga o'xshash, ishqoriy eritmalarda:

$$[\text{OH}^-] > 10^{-7} > [\text{H}^+]$$

Neytral eritmalarda esa $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ bo'ladi.

Demak, har qanday suvli eritmada, uning muhiti qanday bo'lishidan qat'i nazar, H^+ ionlari ham, OH^- ionlari ham bo'lishi kerak.

H^+ ionlarining konsentratsiyasi o'rnida bu qiymatning manfiy logarifmidan foydalanish qulay, u vodorod ko'rsatkichi deb ataladi va pH bilan ifodalanadi: $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$; $[\text{H}^+] = 10^{-4}$ bo'lganda $\text{pH} = -\lg 10^{-4} = -(-4) = 4$. Agar $[\text{H}^+] = 5 \cdot 10^{-10}$ bo'lsa, $\text{pH} = -\lg (5 \cdot 10^{-10}) = -(0,70-1,0) = 9,30$ bo'ladi.

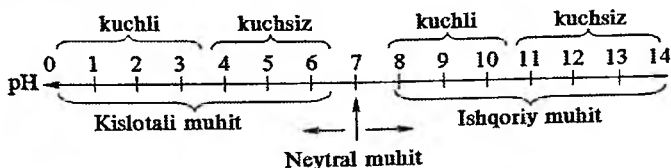
Birinchi eritma ($\text{pH} = 4$)da $[\text{H}^+]$ qiymati 10^{-7} dan katta bo'lgani uchun eritma kislotali muhitga ega. Ikkinchi eritmada $\text{pH} = 10$ da $[\text{H}^+]$ ning qiymati 10^{-7} dan kichik bo'lgani uchun bu eritma ishqoriy muhitga ega bo'ladi.

Demak, kislotali eritmalarda $\text{pH} < 7$, ishqoriy eritmalarda esa $\text{pH} > 7$ va neytral eritmalarda $\text{pH} = 7$ bo'ladi. Shu bilan birga pH qiymati kamayishi bilan kislotalilik ham ortib boradi. Masalan, $\text{pH} = 2$ bo'lganda, eritmaning muhiti $\text{pH} = 4$ bo'lgandagina nisbatan ancha kislotali bo'ladi, chunki birinchi holda H^+ ionlarining konsentratsiyasi (10^{-2}) ga qaraganda 100 marta ortiq. Shunga o'xshash $\text{pH} = 12$ bo'lganda, eritmaning muhiti $\text{pH} = 9$ ga qaraganda ancha ishqoriydir. Haqiqatan ham birinchi holda OH^- ionlarining konsentratsiyasi:

$$\frac{10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2}$$

Ikkinchi holda esa u $\frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5}$ ga teng, ya'ni 1000 marta kichik.

pH to'g'risida aytilganlarning hammasini quyidagi sxema-da ko'rsatish mumkin:



Bu sxemada pH ning chetki qiymatlari taxminan, 1 N HCl eritmasidagi ($\text{pH} = 0$) va NaOH ning 1 N eritmasidagi ($\text{pH} = 14$) vodorod ionlarining konsentratsiyasiga to'g'ri keladi.

Albatta, $\text{pH} < 0$ bo'lgan kislotali eritmalar, $\text{pH} > 14$ bo'lgan ishqoriy eritmalar ham bo'lishi mumkin. Lekin ularning kislotali yoki ishqoriyligini 1 l eritmadagi kislota yoki ishqorning mollar soni bilan ifodalash qabul qilingan.

Vodorod ko'rsatkich bilan bir qatorda ba'zan gidroksid ko'rsatkich pOH ham qo'llaniladi.

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-]$$

Agar, $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ tenglamani logarifmlasak va logarifim belgilarini, ularning teskari ishoralari bilan almashtirsak,

$$-\lg [\text{H}^+] + (-\lg [\text{OH}^-]) = -\lg 10^{-14}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

25 °C da yoki

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}.$$

Har xil masalalarni yechishda H^+ ni pH ga va aksincha, pH ni H^+ ga aylantirib hisoblashga to'g'ri keladi. Bunday hisoblashlar bilan bir necha misolda tanishib chiqamiz.

1-misol. Eritmada H^+ ionlarining konsentratsiyasi $5 \cdot 10^{-4}$ ga teng. Eritmaning pH va pOH ni aniqlang.

Yechish:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(5 \cdot 10^{-4}) = -\lg(5 + (-4)) = -(0,70-4) = 3,304;$$

$$\text{pH} = 3,30; \text{pOH} = 14 - \text{pH}; \text{pOH} = 14 - 3,30 = 10,70; \text{pOH} = 10,70$$

2-misol. H^+ qiymati $4,5 \cdot 10^{-11}$ ga teng bo'lgan eritma uchun pH va pOH ni toping.

Yechish:

$$\text{pH} = -\lg(4,5 \cdot 10^{-11}) = -\lg(0,65-11) = 10,35; \text{pH} = 10,35;$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}; \text{pOH} = 14 - 10,35 = 3,65; \text{pOH} = 3,65$$

3-misol. pH 4,87 ga teng bo'lgan eritmada, H^+ va OH^- ionlarining konsentratsiyasi nechaga teng.

Yechish:

$$\lg [\text{H}^+] = -\text{pH}; \text{pH} = -4,87 = (5 - 0,13) = -5 + 0,13;$$

$$[\text{H}^+] = 1,35 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{1,35 \cdot 10^{-5}} = 7,41 \cdot 10^{-9}$$

4-misol. HCl ning 0,003 n eritmasida pH qanchaga teng.

Yechish:

Ma'lumki, HCl to'liq ionlanadi. Uning har bir molekulasiga ionlanganda bitta vodorod ionini beradi, shu sababli

$$[\text{H}^+] = 0,003 = 3 \cdot 10^{-3}.$$

$$\text{Demak, } \text{pH} = -\lg(3 \cdot 10^{-3}) = -(0,08 - 3) = 2,92;$$

$$\text{pH} = 2,92.$$

5-misol. NaOH ning 0,05 n eritmasida pH qanchaga teng.

Yechish:

$$[\text{OH}^-] = C_{\text{NaOH}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$\text{pOH} = -\lg(5 \cdot 10^{-2}) = -(0,70 - 2) = 1,30;$$

$$\text{pH} = 14 - 1,30 = 12,70;$$

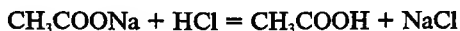
$$\text{pH} = 12,70.$$

2.4. Bufer eritmalar

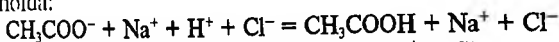
Agar toza suvga juda oz miqdorda bo'lsa ham kislota yoki ishqor quyilsa, muhit, pH ni keskin o'zgartiradi. Masalan, 1 l toza suvda 0,01 mol HCl eritilsa, xlorid kislotaaning 0,01 n eritmasi hosil bo'ladi, bu eritmada H^+ ionlarining konsentratsiyasi $10^{-2} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ bo'ladi. Demak, bunda eritmaning pH qiymati 7 dan 2 gacha kamayadi.

Xuddi shunday 1 l suvda 0,01 mol o'yuvchi ishqor NaOH eritilsa, eritmaning pH qiymati 7 dan 12 gacha ko'payishini hisoblash mumkin. Toza suvga kuchli kislota yoki ishqordan oz miqdorda qo'shilsa ham pH qiymati keskin o'zgaradi.

Kuchsiz kislota va uning tuzi aralashmasiga, oz miqdorda kuchli kislota yoki ishqor qo'shilsa, pH ining o'zgarishi butunlay boshqacha bo'ladi. Agar konsentratsiyasi 1 M bo'lgan CH_3COOH va CH_3COONa aralashmasining 1 l ga 0,01 mol HCl qo'shilsa, eritmadagi H^+ ionlarining konsentratsiyasi yuqoridagi kabi ko'p ortmaydi, chunki bu ionlar erkin holatda qolmasdan darhol tuzning CH_3COO^- ionlari bilan bog'lanib, ionlanmagan CH_3COOH molekulasiga aylanadi. Shuning uchun eritmaning pH qiymati o'zgarsa ham juda kam o'zgaradi. Tenglama holda quyidagicha yozish mumkin, kuchli kislota qo'shilganda:

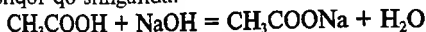


ion holda:

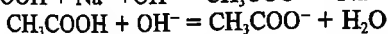
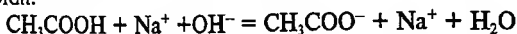


(pH deyarli o'zgarmaydi).

Endi ishqor qo'shilganda:



ion holda:



CH_3COOH — kuchsiz elektrolit bo'lgani uchun deyarli dissotsiyanlanmaydi, molekula holda bo'ladi.

Bunday sistemaning ta'siri, uning tarkibida ham vodorod, ham gidroksid ionlari bog'lanadigan ionlar borligidan asetatli buferga kuchli kislota qo'shilganida muvozanat chap tomonga, kuchli asos qo'shilganda esa, o'ng tomonga siljiydi. Eritmada yetarli miqdorda sirka kislota va natriy asetat borligi sababli uning pH qiymati sezilarli darajada o'zgarmaydi.

Bu fikrlarning to'g'riligini quyidagi hisoblar orqali isbotlash mumkin. Tarkibida 0,1 M CH_3COOH va 0,1 M CH_3COONa bor, 100 ml bufer eritmaga 1,0 ml 1 M HCl yoki 1,0 ml 1 M NaOH qo'shilganda, eritmaning pH qanday o'zgarishini topamiz. Dastlab, ko'rsatilgan konsentratsiyali boshlang'ich, bufer eritmaning pH, ya'ni hisoblab aniqlaymiz. Agar x — vodorod ionlarining konsentratsiyasi $x = [\text{H}^+]$ bo'lsa, u holda

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1 - x, [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,1 + x$$

bo'ladi. Bu qiymatlarni sirka kislotaning dissotsiyanlanish konstantasi ifodasiga qo'ysak, quyidagicha bo'ladi, massalar ta'sir qonuni asosida:

$$K_s = K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,74 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{mol/l}$ da sirka kislotani dissotsiyanlanish konstantasi yoki yuqorida yozilganligimizni hisobga olib, quyidagicha yozish mumkin:

$$1,74 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot (0,1 + x)}{(0,1 - x)}$$

yoki bundan

$$x = [\text{H}^+] = 1,74 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{mol/l}, \text{pH} = 4,76.$$

2. Shu eritmaga 1,0 *n* HCl dan 1,0 *ml* qo'shilsa, dissotsiyanlash tenglamasida muvozanat chapga siljiydi. CH_3COO^- konsentratsiyasi 0,01 *mol/l* ga kamayadi, kislota konsentratsiyasi CH_3COOH esa shungacha ortadi. Bunda muvozanat holatda konsentratsiyalar teng bo'ladi.

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1 - (0,01 - x) = 0,09 + x$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,1 + (0,01 - x) = 0,11 - x$$

bunda, x – vodorod ionlarining muvozanat konsentratsiyasi, 0,01 – HCl eritmasining 100,0 *ml* gacha suyultirilganini hisobga olgan holdagi konsentratsiyasi. Bu qiymatlarni sirka kislotaning dissotsiyanlash konstantasi tenglamasiga qo'ysak, quyidagini yozish mumkin:

$$1,74 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot (0,1 + x)}{(0,11 - x)}$$

bundan, $x = [\text{H}^+] = 2,13 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{mol/l}$ yoki $\text{pH} = 4,67$.

Ko'rinib turibdiki, 100,0 *ml* bufer eritmaga 1,0 *ml* 1,0 M HCl qo'shilganda, uning pH qiymati 0,1 birlikdan kam o'zgaradi (4,76 o'rniga 4,67 bo'ldi).

Endi bufer eritmaga 1,0 *ml* 1,0 M NaOH qo'shilganda eritmaning pH qanchaga o'zgarishini hisoblab topamiz. NaOH eritmasini 100,0 *ml* ga qadar suyultirish hisobiga, OH^- ionlarning konsentratsiyasi 0,01 *mol/l* ga qadar kamayadi. Bufer eritmaga NaOH qo'shilganda reaksiya borishi natijasida CH_3COOH konsentratsiyasi ham shunchaga kamayadi. CH_3COO^- ionlar konsentratsiyasi esa ko'payadi va eritmada quyidagi konsentratsiya muvozanati qaror topadi:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1 - (0,01 + x) = 0,09 - x$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,1 + (0,01 + x) = 0,11 + x$$

bunda, x – vodorod ionlarining muvozanat konsentratsiyasi,

Bu qiymatlarni sirka kislotaning dissotsiyanlash konstantasi tenglamasiga qo'yib, quyidagilarni olamiz:

$$\frac{x \cdot (0,11 + x)}{0,09 - x} = 1,74 \cdot 10^{-5}$$

bundan,

$$x = [\text{H}^+] = 1,42 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{mol/l}$$

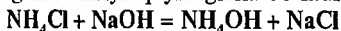
yoki

$$\text{pH} = 4,85.$$

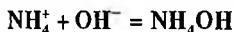
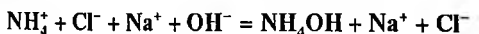
Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, 100,0 ml bufer eritmaga NaOH ning 1,0 M eritmasidan 1,0 ml qo'shilganda, bufer eritmaning pH qiymati 0,1 dan kam birlikka (4,76 dan 4,85 gacha) o'zgaradi.

Shunday qilib, bufer eritma pH qiymatini ma'lum darajada o'zgarlas holda saqlab turadi va uning kislota ta'sirida ham, ishqor ta'sirida ham o'zgarishiga yo'l qo'ymaydi.

Ammoniyli bufer eritma ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) ishqor qo'shilganda boradigan reaksiya quyidagicha bo'ladi:

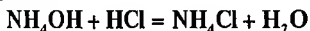


ionli holda:

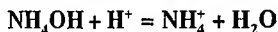
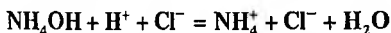


Ishqor qo'shilganda, eritmadagi OH^- ionlari konsentratsiyasi ortib ketishi lozim edi. Lekin ammoniyli bufer eritmada ko'p miqdorda yaxshi dissotsiyanuvchi NH_4Cl hisobiga hosil bo'luvchi, NH_4^+ kationlari bo'ladi va bu kationlar qo'shilgan OH^- ionlarini bog'lab, kam dissotsiyanuvchi NH_4OH molekularini hosil qiladi. Shunday qilib, OH^- ionlarining konsentratsiyasi oshib ketmaydi, pH qiymati o'zgarmay qoladi.

Ammoniyli bufer eritmaning kuchli kislota bilan ta'siri quyidagicha bo'ladi:



ionli holda:



Kuchli kislota qo'shilganda, H^+ ionlari ammoniy gidroksidning OH^- ionlari bilan birikib, kam dissotsiyanadigan suv molekulasini hosil qiladi. Sarf bo'lgan OH^- ionlari o'rni NH_4OH ning dissotsiyanishidan hosil bo'lgan OH^- ionlari hisobiga to'ldiradi va shu hisobiga eritmani pH deyarli o'zgarmaydi.

NH_4OH — kuchsiz elektrolit bo'lgani uchun deyarli dissotsiyanmaydi, molekula holda bo'ladi.

Eritmaning kislotaliligi kimyoviy reaksiya natijasida o'zgarishi mumkin, shu sababli eritmaning pH qiymatini berilgan holicha saqlab turish reaksiya jarayonining asosiy shartlaridan

biri hisoblanadi. Eritma pH ining berilgan qiymati bufer eritmalar yordamida o'zgarmas holda saqlanib turiladi. Bufer eritmalar kislota bilan unga to'g'ri keladigan (bir ismli ion bor) asos aralashmasidan iboratdir. Bunday aralashmaga ozroq miqdorda kuchli kislota yoki kuchli asos qo'shilganda pH qiymati umuman o'zgarmaydi yoki kam o'zgaradi. Bufer eritmaning pH qiymati eritma suyultirilganda ham juda oz o'zgaradi.

Quyidagi moddalarni bufer aralashma sifatida ishlatish mumkin:

kuchli kislota va uning tuz aralashmasi	$\begin{cases} \text{HCl} \\ \text{KCl} \end{cases} \text{ pH} = 1 - 2;$
kuchsiz kislota va uning tuz aralashmasi	$\begin{cases} \text{HCOOH} \\ \text{HCOONa} \end{cases} \text{ pH} = 3 - 4;$
kuchsiz kislota va uning tuz aralashmasi	$\begin{cases} \text{CH}_3\text{COOH} \\ \text{CH}_3\text{COONa} \end{cases} \text{ pH} = 4 - 5;$
nordon va o'rta tuz aralashmasi	$\begin{cases} \text{NaHCO}_3 \\ \text{Na}_2\text{CO}_3 \end{cases} \text{ pH} = 6 - 7;$
kuchsiz ishqor va uning tuz aralashmasi	$\begin{cases} \text{NH}_4\text{Cl} \\ \text{NH}_4\text{OH} \end{cases} \text{ pH} = 9 - 10.$

Shunday qilib, eritmada kuchsiz kislota va uning tuzi aralashmasining bo'lishi, eritmaning pH ini o'zgartiradigan har qanday faktorlarning ta'sirini kamaytirib, undagi H^+ ionlarining konsentratsiyasini ma'lum miqdorda saqlab turadi. Bunday aralashmalar regulyator yoki bufer aralashmalar deyiladi.

Har qanday bufer aralashma ma'lum miqdordagi kislota yoki ishqor qo'shilganda pH ining doimiyligini saqlab turadi, ya'ni ma'lum bufer sig'imiga ega bo'ladi.

Bufer eritmaning pH qiymatini bir birlikka o'zgartira oladigan 1 l bufer aralashmaga qo'shiladigan kuchli kislota yoki kuchli asosning molyar ekvivalentda ifodalangan miqdorga eritmaning *bufer sig'imi*, deb ataladi.

Yuqoridagilardan ma'lum, analizda bufer aralashmalardan foydalanilganda ularning bufer sig'imini ham hisobga olish kerak. Bufer aralashmaning sig'imi ancha katta bo'lgandagina eritma pH ining amaldagi doimiyligi saqlanadi.

2.5. Bufer eritmalarining pH ini hisoblash

Kuchsiz kislotalar bilan ularning tuzlari aralashmasi.

Kuchsiz kislota CH_3COOH bilan uning tuzi CH_3COONa aralashmasini ko'rib chiqamiz. Sirka kislota ionlanish konstantasi tenglamasini yozamiz:

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (4)$$

Lekin CH_3COOH kuchsiz kislota bo'lgani uchun eritmada deyarli ionlanmaydi, ya'ni ionlanmagan molekula holidi bo'ladi. Bundan tashqari, kislota ionlanishi bir xil ionli tuz ishtirokida yana ham kamayadi. Shuning uchun kislota ionlanmagan molekullari konsentratsiyasini uning eritmada umumiy konsentratsiyasiga teng, deb qabul qilish mumkin.

Biroq, CH_3COONa tuzi to'liq dissotsiyanadi, CH_3COOH esa juda kam dissotsiyanadi. Demak eritmada deyarli hammasi CH_3COO^- anionlari tuzning ionlanishidan hosil bo'ladi. Tuzning har bir dissotsiyanlangan molekulasiga bittadan CH_3COO^- ion bergani uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = C_{\text{tuz}}$$

Bularning hammasini hisobga olib, (1) tenglamadan $[\text{H}^+]$ ning qiymatini aniqlaymiz:

$$[\text{H}^+] = K_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

yoki

$$[\text{H}^+] = K_{\text{kisl}} \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}}$$

Bu tenglamani logarifmlab, ishoralarni qarama-qarshisiga almashtirsak:

$$-\lg[\text{H}^+] = -\lg K_{\text{kisl}} + \left(-\lg \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}} \right)$$

yoki

$$\text{pH} = -\lg K_{\text{kisl}} - \lg \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}}$$

bo'ladi. Bu yerda $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ vodorod kislota kuchining ko'rsatkichi.

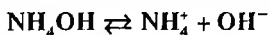
Kuchsiz asoslar bilan ularning tuzlari aralashmasi.

Masalan, $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ aralashmasida NH_4OH ning ionlanish konstantasi tenglamasini yozamiz.

$[\text{NH}_4\text{OH}]$ bu tenglamadan $[\text{OH}^-]$ ning qiymati topamiz, agar:

$[\text{NH}_4\text{OH}] = C_{\text{asos}}$ – berilgan ishqorni konsentratsiyasi;

$[\text{NH}_4^+] = C_{\text{tuz}}$ – hosil bo'lgan tuzni konsentratsiyasi.



$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

$$[\text{OH}^-] = K \cdot \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]} = K \cdot \frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}}$$

Hosil bo'lgan tenglamani logarifmlab, ishoralarni teskarisiga almashtirilsa,

$$-\lg[\text{OH}^-] = -\lg K_{\text{asos}} + \left(-\lg \frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}} \right)$$

$$-\lg[\text{OH}^-] = \text{pOH}$$

$$-\lg K_{\text{asos}} = \text{p}K_{\text{asos}}$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_{\text{asos}} - \lg \frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}}$$

Lekin $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ deb ko'rsatilgan edi. Demak:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

yoki

$$\text{pH} = 14 - \text{p}K_{\text{asos}} + \lg \frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}}$$

Tenglamadagi nisbatlar

$$\frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}} \text{ yoki } \frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}}$$

1/10 yoki 10/1 bo'lishi mumkin. Agar konsentratsiya

$$\frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}} = 1/10$$

bo'lsa, unda

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{kisl}} \pm 1$$

yoki

$$\text{pOH} = 14 - \text{p}K_{\text{kisl}} \pm 1$$

bo'ladi.

Bufer ta'siri yuqori bo'lishi uchun bufer aralashmadagi kislota va uning tuzi yoki asos va uning tuzi konsentratsiyalari yuqori (1 M gacha) bo'lishi kerak.

Shu formulalar yordamida hisoblashga bir necha misollar ko'rib chiqaylik.

1-misol. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ bufer aralashmada har bir moddadan 0,1 *mol* dan bor, shu eritmaning pH ini hisoblang. Bu aralashmaning 1 litriga quyidagilar: a) 0,01 *mol* HCl; b) 0,01 *mol* NaOH qo'shilganda va aralashmani suv bilan 100 marta suyultirilganda pH qanday o'zgarishini ko'rsating.

Yechish. Sirka kislota uchun $pK = 4,76$ ekan. Ma'lumki,

$$\text{pH} = pK_{\text{CH}_3\text{COOH}} - \lg \frac{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{C_{\text{CH}_3\text{COONa}}} = 4,76 - \lg \frac{0,1}{0,1} = 4,76$$

yoki

$$\text{pH} = 4,76.$$

a) agar bu aralashmaning 1 litriga 0,01 *mol* HCl qo'shilsa, u holda 0,01 *mol* CH_3COONa shuncha miqdordagi CH_3COOH ga aylanadi. Demak, 1 l 0,1 M CH_3COOH eritmasiga 0,01 *mol* NaOH qo'shilsa, H^+ ionlarining konsentratsiyasi $0,1 - 0,01 = 0,09 \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ gacha kamayadi.

Agar 1 litr 0,1 M CH_3COONa eritmasiga 0,01 *mol* NaOH qo'shilsa, $[\text{H}^+]$ ionlar konsentratsiyasi $0,11 \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ gacha oshadi.

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{0,11}{0,09} = 4,67$$

b) xuddi shunga o'xshash, 1 litr eritmaga 0,01 *mol* NaOH qo'shilsa, teng *mol* miqdorda CH_3COOH CH_3COONa ga aylanadi. Bundan:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{0,09}{0,11} = 4,84$$

$$\text{pH} = 4,84$$

Nihoyat, eritmani 100 marta suyultirsak:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{0,001}{0,001} = 4,76$$

$$\text{pH} = 4,76$$

Demak, bufer aralashmasiga oz miqdorda kislota yoki ish-qor qo'shilganda, eritma suyultirilganda, uning pH qiymati de-yarli o'zgarmay saqlanib qoladi.

2-misol. $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ bufer aralashmasi tarkibida, har bir moddadan 0,1 mol dan bor. Shu aralashmaning pH qiymati nimaga teng? a) 1 l aralashmaga 0,01 mol HCl qo'shilganda; b) 1 l aralashmaga 0,01 mol NaOH qo'shilganda; d) aralashma suv bilan 10 marta suyultirilganda pH qanday o'zgaradi?

Yechish: Yuqoridagi tenglamaga binoan:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - pK_{\text{NH}_4\text{OH}} + \lg \frac{C_{\text{NH}_4\text{OH}}}{C_{\text{NH}_4\text{Cl}}}$$

yoki

$$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,1}{0,1} = 9,25$$

a) 0,01 mol HCl qo'shilganda, $C_{\text{NH}_4\text{OH}}$ qiymati kamayib, 0,09 M ga teng bo'lib qoladi. $C_{\text{NH}_4\text{Cl}}$ qiymati esa ortib boradi va 0,11 M ga yetadi.

Demak,

$$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,09}{0,11} = 9,15$$

b) 1 l aralashmaga 0,01 mol NaOH qo'shilganda, pH qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,11}{0,09} = 9,33$$

d) eritma 10 marta suyultirilganda

$$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,01}{0,01} = 9,25$$

$$\text{pH} = 9,25$$

ga teng bo'ladi.

3-misol. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ aralashmasidagi:

a) CH_3COOH konsentratsiyasini; b) CH_3COONa konsentratsiyasini 10 marta oshirganda, pH qanday o'zgaradi?

Yechish: Oldingi misolda, bir xil konsentratsiyasini kislota bilan tuz aralashmasining pH qiymati kislotaning pK siga, ya'ni 4,76 ga teng. Endi aralashmadagi CH_3COOH ning konsentratsiyasini 10 marta, ya'ni 1 M gacha oshirsak, unda:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{1}{0,1} = 4,76 - \lg 10 = 4,76 - 1 = 3,76$$

Tuzning konsentratsiyasini 10 marta oshirsak:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{0,1}{1} = 4,76 + 1 = 5,76$$

$$\text{pH} = 5,76$$

bo'ladi.

III bob. KATIONLARINING BIRINCHI ANALITIK GURUHI

3.1. Birinchi guruh kationlarining umumiy tavsifi va reaksiyalari

Kationlarning I analitik guruhiga NH_4^+ , kaliy, natriy, magniy va ba'zi siyrak elementlarning ionlari kiradi. Ular hosil qilgan ko'pchilik tuzlar suvda yaxshi eriydi. Analiz uchun eng muhimi ularning sulfidlari, gidroksidlari, karbonatlari va xloridlarining suvda eruvchanligidir. I guruh kationlari boshqa hamma guruh kationlaridan ana shu bilan farq qiladi.

Bu tuzlar eriydigan bo'lgani uchun I guruh kationlar boshqa guruhlarning guruh reagentlari, ya'ni HCl , H_2S , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, va $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ta'sirida cho'kmaydi va boshqa guruh kationlarini qiyin eruvchan tuzlar holida ajratilganda, ular eritmada qoladi. I guruhning barcha kationlarini cho'ktiradigan guruh reagenti yo'q. Boshqa guruh kationlari K^+ , Na^+ va Mg^{2+} kationlarini topishga xalal bergani uchun sistematik analizda bu kationlar eritmadan boshqa hamma kationlar to'liq yo'qotilgandan keyin-gina topiladi.

I guruh kationlaridan Mg^{2+} ionlari alohida ajralib turadi; u davriy sistemaning ikkinchi guruhida joylashgan bo'lib, I va II analitik guruh kationlari o'rtasida oraliq holatni egallaydi; shu sababli uni I guruhga ham, II guruhga ham kiritish mumkin. Mg^{2+} ionining II guruh kationlari bilan umumiy bo'lgan xossasi shundan iboratki, uning gidroksikarbonati $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ suvda qiyin eriydi. Lekin u ammoniy tuzlari ishtirokida eriydi. II guruh bilan cho'kmasdan, I guruh bilan eritmada qoladi. Shuning uchun uni I guruh kationlari bilan birga o'rganish qulay.

I guruh kationlarining hammasi suvdagi eritmalarda rangsiz bo'ladi.

Ionlarning xossasini va xarakterli reaksiyalarini o'rganishda shart-sharoitlarga (temperatura, ionning konsentratsiyasi, cho'kmaning kislota va ishqorlarda erish-erimasligi va boshqalarga) e'tibor berish kerak.

I guruh kationlarining umumiy xos reaksiyalar 4-jadvalda keltirilgan.

Birinchi analitik guruh kationlarining reaksiyalari

Reagentlar	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺
NaHC ₄ H ₄ O ₆	—	Oq kristall cho'kma	Oq kristall cho'kma	—
Na ₃ [Co(NO ₂) ₆]	—	Sariq kristall cho'kma	Sariq kristall cho'kma	—
KH ₂ SbO ₄	Oq kristall cho'kma	—	Oq amorf cho'kma	Oq kristall cho'kma
CH ₃ (COO) ₂ Zn+ (CH ₃ COO) ₂ Mo+ CH ₃ COOK	Sarg'ish kristall cho'kma ruh natriy uranil asetat	—	—	—
Na ₂ Pb[Cu(NO ₂) ₆]	—	Qora kristall cho'kma — K ₂ Pb[Cu(NO ₂) ₆]	Qora kristall cho'kma — (NH ₄) ₂ Pb[Cu(NO ₂) ₆]	—
KOH	—	—	NH ₃ gaz hoida ajralib chiqadi	Oq amorf cho'kma
Nessler reaktivi K ₂ [HgI ₄]+KOH	—	—	Qizil-qo'ng'ir cho'kma	Oq amorf cho'kma
Na ₂ HPO ₄ , NH ₄ OH+NH ₄ Cl ishtirokida	—	—	—	Oq kristall cho'kma
Oksixinolin	—	—	—	Yashil-sarg'ish cho'kma
(NH ₄) ₂ CO ₃ + + NH ₄ Cl + NH ₄ OH	—	—	—	—
Alangani qanday rangga kiritishi	sariq	binafsha		

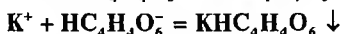
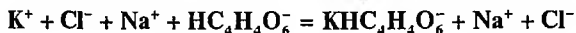
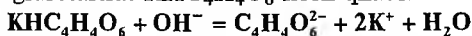
I guruh kationlarning reaksiyalari va ularni analiz qilish tartibi

Ionlarning xossasini va o'ziga xos reaksiyalarini o'rganishda shart-sharoitlarga (temperatura, ion konsentratsiyasi cho'kmaning kislota va ishqorlarda erish-erimasligi va boshqalarga) e'tibor berish kerak. Shuning uchun cho'kmani olgandan so'ng, unga turli mineral kislotalar va sirka kislota ta'sirini sinab ko'rish, shuningdek, cho'kmaning ishqorlarda eruvchanligini tekshirish tavsiya etiladi.

3.2. K^+ kationlarining reaksiyalari

K^+ kationini aniqlashda reaksiyalarni o'rganishda, suvda eriydigan xloridlari, sulfati va nitratlaridan foydalaniladi.

1. Natriy gidrotartrat vino kislota natriyli nordon tuzi, $NaHC_4H_4O_6$ kaliy tuzlarining eritmalar bilan oq kristall cho'kma — kaliy gidrotartrat $KHC_4H_4O_6$ hosil qiladi:

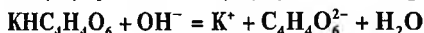
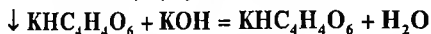
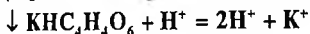
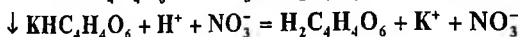
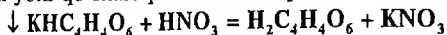


Bu reaksiyalardan ko'rinish turibdiki, reaksiyada faqat K^+ va $HC_4H_4O_6^-$ ionlarga ishtirok etadi, boshqa hamma ionlarni tenglamadan tushirib qoldirish mumkin.

Reaksiyani o'tkazish uchun konussimon probirkaga kaliy tuzi (KCl , KNO_3 , K_2SO_4) eritmasidan 4—5 tomchi solib, $NaHC_4H_4O_6$ eritmasidan shuncha tomchi qo'shiladi. Uy temperaturasida cho'kma tushmasligi mumkin. Shuning uchun reaksiyani sovutib olib borish kerak. Reaksiya o'tkazilayotgan probirka suv oqimiga tutib turilsa va shisha tayoqcha bilan probirka devorlari ishqalansa, cho'kmaning hosil bo'lishi tezlashadi.

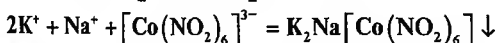
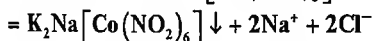
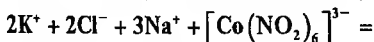
Hosil bo'lgan cho'kma kuchli kislotalarda, ishqorlarda va issiq suvda eriydi. Faqat CH_3COOH da erimaydi. Ko'proq miqdorda sovuq suvda ham eriydi. $KHC_4H_4O_6$ tuzining eruvchanligi birmuncha yuqori bo'lgani uchun reaksiyani kaliy tuzlarining yuqori konsentratsiyali eritmalarida ($pH = 5-7$ bo'lgan eritmalarida) sovuq sharoitda o'tkazish kerak.

Analiz uchun qo'llaniladigan eritmaning muhiti neytral (yoki juda kuchsiz kislotali) bo'lishining sababi shuki, kislotali muhitda cho'kma tartrat kislota hosil qilib eriydi, ishqoriy muhitda o'rta yoki qo'shaloq tuzlar hosil qiladi:



Reaksiya natijasida, ko'pincha, biroz vaqtdan keyingina cho'kma ajratadigan o'ta to'yingan eritmalar hosil bo'ladi. Ishqalash, chayqatish va shunga o'xshash mexanikaviy ta'sirlar cho'kma hosil bo'lishini tezlashtiradi.

2. Natriy kobaltnitrit $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ kaliy tuzlari eritmasi bilan asosan $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ tarkibli sariq cho'kma kaliy-natriy geksanitro-kobaltat, kobaltning III valentli kompleks tuzi hosil bo'ladi:



NH_4^+ ni ham xuddi shunday cho'kma hosil qiladi va kaliy ionini topishga xalaqit beradi, shuning uchun reaksiyalarni NH_4^+ ioni ishtirokisiz o'tkazish kerak.

Reaksiyalarni bajarish uchun kaliy tuzi eritmasidan pro-birkaga 2–3 tomchi olib, ustiga yetarli miqdorda reaktiv oz-ozdan qo'shiladi. Reaksiya yetarli darajada sezgir.

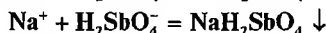
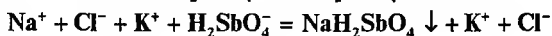
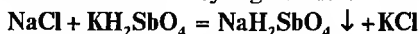
Alanganing bo'yalishi. Kaliy tuzlari gaz gorelkasining rangsiz alangasini sariq tusga bo'yaydi, chunki kaliy tuzlari oz miqdorda natriy tuzlari bilan aralashgan bo'ladi. Natriy esa alangani sariq tusga kiritadi. Alangaga ko'k shisha orqali qaralsa, sariq rang shishada yutilib, binafsha rang yaxshi ko'rinadi. Tajriba o'tkazish uchun shisha tayyoqcha kavsharlangan platina (Pt) yoki

nixrom sim avval konsentrlangan xlorid kislotada yuvib tozalanaadi. Tozalangan sim KCl eritmasida yoki konsentrlangan xlorid kislotada ho'llanib, kaliyning biror tuziga tegiziladi, bunda simga kristallardan bir nechta si yuqib qoladi. Sim gaz gorelka alangasining pastki qismidan kiritilib, uning yuqori temperaturali qismiga tomon asta-sekin ko'tariladi va alanga rangining bo'yalishi kuzatiladi.

3.3. Na⁺ kationlarining reaksiyalari

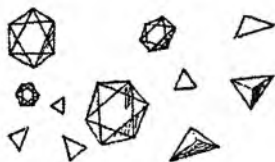
Bu reaksiyalar NaCl, Na₂SO₄ va NaNO₂ tuzlaridan birortasining suvdagi eritmasi bilan o'tkaziladi.

1. Kaliy digidroantimonat KH₂SbO₄ (ortosurma kislota H₂SbO₄ ning kaliyli nordon tuzi) natriy tuzlarining eritmalari bilan oq kristall cho'kma — natriy digidroantimonatni hosil qiladi:



Reaksiyani o'tkazish uchun probirkaga natriy tuzi eritmasidan 2—3 tomchi solib, unga reagent eritmasidan KH₂SbO₄ ham shuncha qo'shiladi va probirka devorlari shisha tayoqcha bilan ishqalanadi. Bunda cho'kma hosil bo'ladi.

2. Mikrokristalloskopik reaksiya o'tkazish uchun uranil asetat UO₂(CH₃COO)₂ dan foydalaniladi. Tekshirilayotgan eritmadan (neytral yoki sirka kislotali muhitda) bir tomchisi shisha plastinka ustida ehtiyotlik bilan bug'latiladi. Quruq qoldiq qolgandan keyin, unga 1—2 tomchi uranil asetat qo'shiladi, shisha tayoqcha bilan aralashtiriladi. Bir necha daqiqadan so'ng CH₃COONa(CH₃COO)₂UO₂ — natriy uranil asetat — sariq rangli kristallar hosil bo'ladi. Ularni mikroskopda ko'rish mumkin. Ular to'g'ri tetraedrlar yoki oktaedrlar shaklida bo'ladi (18-va 19-rasmlar).

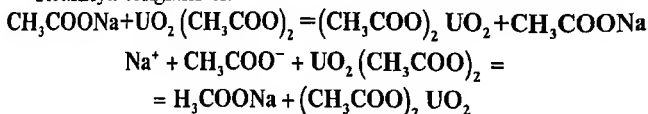


18-rasm. K₂RbCu(NO₃)₆ kristallari



19-rasm.
 $\text{CH}_3\text{COONa}(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{UO}_2$
 kristallari

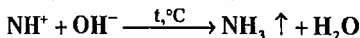
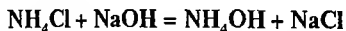
Reaksiya tenglamasi:



Bu reaksiya Na^+ ioniga xos va sezgirdir.

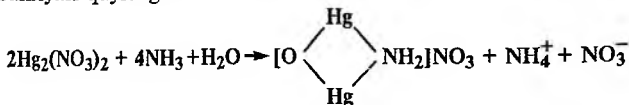
3.4. NH_4^+ kationlarining reaksiyalari

1. O'yuvchi ishqorlar (NaOH , KOH) bilan ammoniy tuzlarining eritmalari qo'shib qizdirilganda, gaz holida ammiak ajralib chiqadi:



Ajralib chiqayotgan ammiakni o'tkir hididan, namlangan qizil lakmus qog'ozning ko'karishidan, konsentrlangan xlorid kislotasi bilan ho'llangan shisha tayoqcha ammiak ajralayotgan probirka og'ziga yaqinlashtirilganda, «oq tutun» hosil bo'lishidan, $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ tuzining eritmasi bilan ho'llangan filtr qog'oz probirkadan chiqayotgan gaz ta'sirida qorayishidan bilib olish mumkin.

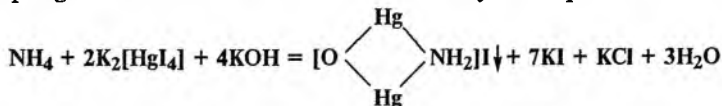
Simob (I) nitrat tuzi bilan NH_3 ning o'zaro ta'sirlashuv reaksiyasi quyidagicha boradi:



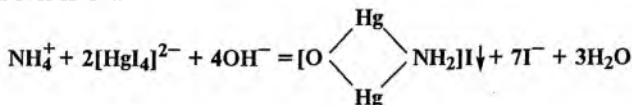
Hosil bo'lgan simob metalli qog'ozni qora tusga kiritadi.

Buni tajribada ko'rish uchun, ammoniy tuzining 2–3 tomchi eritmasi yoki ozgina quruq tuzi solingan probirkaga 3–4 tomchi ishqor tomiziladi va probirka og'ziga namlangan lakmus qog'oz tutib turgan holda probirka suv hammomida qizdiriladi. Qizil lakmus qog'ozning ko'karishi reaksiya sodir bo'lganligini bildiradi.

Nessler reaktivi bilan o'tkaziladigan reaksiya. Nessler reaktivi $K_2[HgI_4]$ va KOH aralashmasi ammoniy ionlari bilan qizil-qo'ng'ir cho'kma – oksodimerkurammoniy hosil qiladi:



yoki ion holda

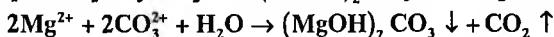
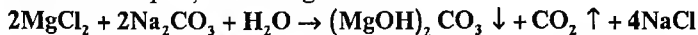


Tajriba o'tkazish uchun ammoniy tuzining 1 tomchi eritmasiga 1–2 tomchi Nessler reaktividan qo'shiladi. Qizil-qo'ng'ir rangli cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi, bu reaksiya nihoyatda sezgirliги bilan ajralib turadi.

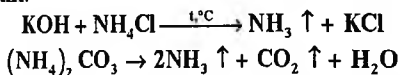
NH_4^+ ionining K^+ va Na^+ ionlari reaktivlari ta'siriga munosabati. Biz NH_4^+ ionining eng muhim sifat reaksiyalarini o'rganib oldik, endi uning K^+ va Na^+ ionlarini topishda ishlatiladigan reaktivlar ta'siriga qanday munosabatda bo'lishini ko'rib chiqaylik. Bu I guruh kationlarini sistematik analiz qilish yo'lini tushunib olish uchun juda zarurdir.

a) $NaHC_4H_4O_6$, $Na_3[Co(NO_2)_6]$ lar NH_4^+ ionlari bilan, cho'kma hosil qiladi. Bu cho'kma K^+ ionlari hosil qiladigan cho'kmadan deyarli farq qilmaydi. Demak, NH_4^+ ning bo'lish K^+ ni topishga xalaqit beradi.

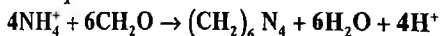
3. Eruvchan karbonatlar bilan bo'ladigan reaksiyalar. Mg^{2+} kationi Na_2CO_3 , K_2CO_3 tuzlarining eritmaları ta'sirida gidrok-situzlar hosil qilib, cho'kmaga tushadi:



NH_4^+ - kationini eritmadan yo'qotish. Eritmadagi natriy va kaliy kationlarini aniqlash uchun dastlab eritmadagi ammoniy kationini yo'qotish zarur. Shuning uchun tekshirilayotgan eritmadan ozroq olib, ammoniy kationiga sifat reaksiya o'tkaziladi, agar eritmada ammoniy ioni bo'lsa, uni yo'qotish uchun ammoniy tuzlari qizdirilganda parchalanib, gazsimon moddalar hosil qilishidan foydalaniladi (eritmani bug'latib, so'ngra qizdirilsa, tuz tarkibidagi $\text{NH}_3\uparrow$ holida chiqib ketadi). Uni hididan bilish mumkin.



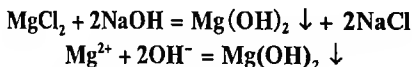
Ammoniy ionini $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ - geksametilentetraamin (yoki urotropin) shaklida bog'lab, yo'qotish ham mumkin. Buning uchun ammoniy ioni bor eritmaga ozroq formaldegid (formalin) CH_2O eritmasi qo'shiladi, bunda ammoniy ioni organik birikma $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ hosil qiladi:



Hosil bo'lgan vodorod ionlarining konsentratsiyasi kamaytirib turilsa, reaksiya to'liq boradi. Buning uchun reaksiya aralashmaga natriy karbonat eritmasi qo'shiladi, u vodorod ionlarini kamaytirish bilan birga eritmadagi boshqa guruh kationlarini, masalan, Mg^{2+} ionini (agar ular eritmada bo'lsa) karbonatlar (yoki gidroksidlar) holida cho'ktiradi. Karbonatlarni eritish kerak bo'lsa, eritmaga sirka kislota ham qo'shiladi.

3.5. Mg^{2+} kationlarining reaksiyalari

1. O'yuvchi ishqorlar bilan reaksiyalar. O'yuvchi ishqorlar KOH yoki NaOH magniy kationlari bilan oq amorf cho'kma hosil qiladi:



Bu jarayonni tajribada ko'rish uchun probirkaga magniyning biror tuzi eritmasidan 2–3 tomchi solib, unga o'shancha miqdor ishqor eritmasi qo'shiladi. Bunda amorf cho'kma hosil bo'ladi. Boshqa probirkaga magniy tuzi eritmasidan 2 tomchi solib,

Laboratoriya ishini daftarga yozish tartibi

№	Kation Anion	Ta'sir etadigan reaktiv	Reaksiyani olib borish sharoitida	Reaksiya tenglamasi	Shu kation borligining alomatlari
1.	NH_4^+	NaOH , KOH	Ishqoriy muhit, suv hammomida isitiladi	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	O'tkir hidli, rangsiz, ammiak gazi ajralib chiqadi. Namlangan lakmus qog'ozi ko'karadi.
2.	K^+	$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$	Kuchsiz kislotali	$2\text{KCl} + \text{Na}_3[\text{Co}_2(\text{NO})_6] \rightarrow \text{K}_2(\text{Na}[\text{CoNO}_2)_6] + 2\text{NaCl}$ $2\text{K}^+ + \text{Na}_2^{2+} + [\text{Co}_2(\text{NO})_6]^{3-} = \text{K}_2\text{Na}[\text{CoNO}_2)_6]$	Sariq kristall cho'kma tushadi. Mineral kislotalari eriydi. Ishqoriy muhitda
3.	Mg^{+2}	NaOH , KOH	Ishqoriy muhit	$\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$	Oq amorf cho'kma hosil bo'lib, kislotalarda eriydi

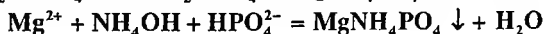
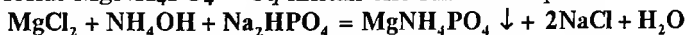
Laboratoriya ishini yozish hisoboti

6-jadval

Analiz nomi	Ta'sir ettiradigan reaktiv va sharoit	Kuzatiladigan o'zgarish	Xulosa	Cho'kmaning tarkibi	Eritmada qolgan ionlar
1. Dastlabki va tekshirish ionni topish (alohida namunadan)	Nessler raktivi, ishqoriy muhit	a) qo'ng'ir cho'kma tushadi b) cho'kma tushmaydi		$(\text{CH}_3\text{NH}_2)\text{I}$	
2. II guruh kationlari karbonatlarini eritish	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ NH_4OH NH_4Cl ishtirokida	oq cho'kma	II guruh kationlari bor	CaCO_3 BaCO_3 SrCO_3 bo'lishi mumkin	Sentrifugatda K^+ , Na^+ , Mg^{2+} bo'lishi mumkin
3. II guruh kationlari karbonatlarini eritish	CH_3COOH qo'shib isitish yo'li bilan	eriydi			Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} – ionlari bo'lishi mumkin
4. Ba^{2+} ionni topish va ajratish	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ qo'shib isitish yo'li bilan	sariq kristall cho'kma	Ba^{2+} bor	BaCrO_4	Cr^{2+} , Ca^{2+}
5. Sr^{2+} ionni topish va ajratish	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ konsentrlangan eritma (isitish yo'li bilan)	a) oq cho'kma tushadi b) oq kristall cho'kma tushmaydi	Sr^{2+} bor yoki Sr^{2+} yo'q	SrSO_4	

unga dastlab, NH_4Cl ning to'yingan eritmasidan 2 tomchi, so'ngra NH_4OH eritmasidan 2 tomchi tomiziladi. Cho'kma hosil bo'lmaydi.

2. Natriy gidrofosfat Na_2HPO_4 magniy tuzlari bilan NH_4OH va NH_4Cl ishtirokida reaksiyaga kirishib, mineral kislotalarda va CH_3COOH da eriydigan qo'shtuz-magniy ammoniy fosfat MgNH_4PO_4 — oq kristall cho'kma hosil qiladi:



3.6. I analitik guruh kationlarining aralashmasining analizi

Birinci analitik guruh kationlarining aralashmasini analiz qilishda quyidagi uch narsani unutmasligimiz kerak (7-jadval).

1. Birinchi guruhning Na^+ va K^+ ionlari ammoniy ionini topishga xalaqit bermaydi; 2. K^+ ionini topishga ammoniy ionlari xalaqit beradi. 3. KH_2SbO_4 yordamida Na^+ ionlari borligini aniqlashga, NH_4^+ va Mg^{2+} ionlari xalaqit beradi.

Shuning uchun birinchi guruh kationlari aralashmasi quyidagi tartibda analiz qilinadi. Avvalo, berilgan eritmaning pH aniqlanadi (buning uchun indikatorlardan yoki universal indikator qog'ozdan foydalaniladi). Nessler reaktivi yordamida ammoniy ionining bor-yo'qligi aniqlanadi, chunki ammoniy kationi natriy va kaliy ionlarini topishga xalaqit beradi. Kationlarning birinchi analitik guruhiga reaktivlarning ta'siri 4-jadvalda berilgan. Jadvaldan Na^+ va K^+ kationlarini cho'ktiradigan ayrim reaktivlar NH_4^+ ionini bilan ham cho'kma hosil qilishi ko'rinib turibdi.

1. Eritmaning pH ini aniqlash. pH indikatorlar to'plami yoki universal indikator yordamida aniqlanadi.

2. Ammoniy ionini aniqlash. Yuqorida aytib o'tilganidek, eritmada ammoniy ionlarining bo'lishi K^+ va Na^+ ni topishga xalaqit beradi, shuning uchun analizni ammoniy ionlari bor-yo'qligini aniqlashdan boshlash kerak. K^+ va Na^+ ionlari esa, aksincha, NH_4^+ ionini topishga xalaqit bermaydi, chunki analiz sharoitida faqat ammoniy tuzlarini ishqorlar bilan qizdirganda ammiak hosil bo'lishi mumkin.

NH_4^+ ionini topish uchun bir tomchi tekshirilayotgan eritmaga 2–3 tomchi Nessler reaktivi ta'sir ettirish ham mumkin. Qizil-qo'ng'ir cho'kma hosil bo'lishi NH_4^+ ning borligini ko'rsatadi.

3. Mg^{2+} ionini aniqlash. I guruhning boshqa kationlari Mg^{2+} ni topishga xalaqit bermaydi. Shuning uchun uni tekshirilayotgan eritmaning bir qismidan to'g'ridan to'g'ri topish mumkin. Buning uchun eritmaning 2–3 tomchisiga HCl ning 2 n eritmasidan 2–3 tomchiga qo'shib, kislotali muhit hosil qilinadi, so'ngra 2–3 tomchi Na_2HPO_4 tomiziladi va aralashtirib turgan holda, eritma ishqoriy muhitga kurguncha NH_4OH eritmasidan tomchilatib qo'shiladi. Agar bunda cho'kma tushmasa, aralashma biroz tinch qoldiriladi; kristall holatdagi oq cho'kma MgNH_4PO_4 hosil bo'lishi eritmada Mg^{2+} ion borligini ko'rsatadi.

4. NH_4^+ ni yo'qotish. Agar eritmada NH_4^+ ion bo'lsa, uni K^+ ionini topishdan oldin yo'qotish kerak. Buning uchun tekshirilayotgan eritmadan 12–15 tomchisi kichkina tigelga solinadi, ustiga konsentrlangan HCl yoki HNO_3 eritmasidan bir necha tomchi qo'shiladi va aralashma quriguncha bug'latiladi. Keyin ammoniy tuzlari batamom parchalanguncha (ammiak chiqishi to'xtaguncha) qizdiriladi. Sovigandan so'ng, tigeldagi quruq qoldiqdan ozginasini olib, konussimon probirkaga solinadi va 2–3 tomchi distillangan suv hamda 2–3 tomchi Nessler reaktividan qo'shiladi. Qizil-qo'ng'ir cho'kma hosil bo'lishi NH_4^+ ning to'la yo'qotilmaganligini bildiradi. Shunday bo'lganda tigeldagi quruq qoldiqqa konsentrlangan HCl yoki HNO_3 eritmasidan yana qo'shiladi, bug'latiladi va qizdiriladi. Bu ishlar NH_4^+ ga qilingan reaksiya (Nessler reaktivi ta'siri) ammoniy ion mutlaqo yo'qligini ko'rsatguncha bir necha marta takrorlanadi.

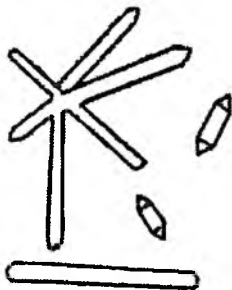
Tekshirilayotgan eritmaga konsentrlangan, HCl yoki HNO_3 eritmasidan qo'shib, NH_4^+ butunlay yo'qotilgandan keyin eritma konussimon probirkaga quyiladi. Agar eritmada MgOHCl loyqasi yoki cho'kmasi bo'lsa, unga 5–10 tomchi CH_3COOH qo'shiladi; bunda magniy birikmalarining cho'kmalari erib ketadi.

I guruh kationlarini analiz qilishda ammoniy ionini geksametilentetraminurotropin $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ shaklida bog'lab ham yo'qotish mumkin.

5. Kaliy ionini aniqlash. NH_4^+ ioni yo'qotilgan eritmadan, probirkaga 1–2 tomchi solinadi, lakmus qog'ozi yordamida uning muhiti tekshiriladi. Kislotali eritmani NaOH bilan, ishqoriy eritmani esa CH_3COOH bilan neytrallab, neytral eritmaga $\text{Na}_3(\text{Co}(\text{NO}_2)_6)$ eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi. Sariq tusli cho'kmaning $\downarrow \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ hosil bo'lishi eritmada K^+ ioni borligini ko'rsatadi.

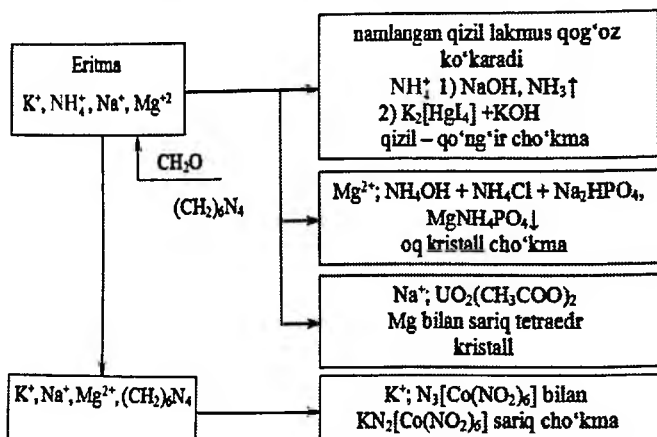
6. Natriy ionini aniqlash. Tekshirilayotgan eritmaning 1 tomchisi shisha plastinkada quriguncha bug'latiladi va butunlay sovigandan keyin qoldiqqa 1 tomchi uranil-asetat $\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$ eritmasi tomiziladi. Mikroskop ostida qaralganda $\text{CH}_3\text{COONa}(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{UO}_2$ (natriy uranil aseptat)ning tetraedr yoki oktaedr shaklidagi kristallari kuzatilsa, bu tekshirilayotgan eritmada Na^+ ioni borligini ko'rsatadi (18- va 19-rasm).

Natriyni topish uchun o'tkaziladigan yuqoridagi reaksiyalarda shuni nazarda tutish kerakki, K^+ ionining konsentratsiyasi yuqori bo'lsa, u ham kristall holidagi cho'kma $\text{CH}_3\text{COOK} \cdot (\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{UO}_2$ hosil qiladi. Mikroskop ostida tekshirilganda, bu cho'kma ignasimon kristall shaklida bo'ladi (20-rasm). Shuning uchun uni natriyning tegishli tuzi cho'kmasidan farq qilish oson.



20-rasm. $\text{CH}_3\text{COOK} \cdot (\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{UO}_2$ kristallari

I guruh kationlari aralashmasining analizi



3.7. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. Nima uchun I guruh kationlarining umumiy reagenti yo'q?
2. Kaliy digidroantimonat yordamida, Na^+ ning bor-yo'qligini aniqlash uchun, qayday shartlarga rioya qilish kerak?
3. Na^+ va K^+ ionlarining bor-yo'qligini, Mg^{2+} kationi ishtirokida aniqlash mumkinmi?
4. Eritmada NH_4^+ qanday qilib kationini topish mumkin?
5. NH_4^+ ionini eritmadan, qanday yo'qotiladi?
6. K^+ ioniga xos reaksiyalarni yozib chiqing.
7. Nima uchun Mg^{2+} ionini I guruh kationlari bilan birga o'rganiladi?
8. I guruhning sistematik analizini gapirib bering.
9. Quyidagilarning:
 - a) 0,005 n HCl eritmasining;
 - b) 0,015 n KOH eritmasining pH qiymati nimaga teng?

10. Tarkibida:

a) $2 \cdot 10^4 \text{ g} \cdot \text{ion/l} [\text{H}^+]$;

b) $0,08 \text{ g} \cdot \text{ion/l} [\text{OH}^-]$ bo'lgan eritmalarining pH qiymati qanchaga teng?

11. Eritmalardan birining pH qiymati 2,63 ga, ikkinchisidiki esa 12,45 ga teng. Shu eritmalaridagi H^+ va OH^- ionlarining konsentratsiyalarini toping.

IV bob. KATIONLARNING IKKINCHI ANALITIK GURUHI

Kationlarning II va bundan keyingi guruhlarida kationlarning ko'pchiligi reaktivlar ta'sirida qiyin eriydigan birikmalar holida cho'kadi va ularni bir-biridan ajratish ham qiyinlashadi. Shu sababli cho'kmalarning hosil bo'lishi va erishidagi jarayonlarning nazariy asoslarini bilish muhim ahamiyatga ega. Quyida ana shunday nazariy masalalarni qisqacha ko'rib chiqamiz.

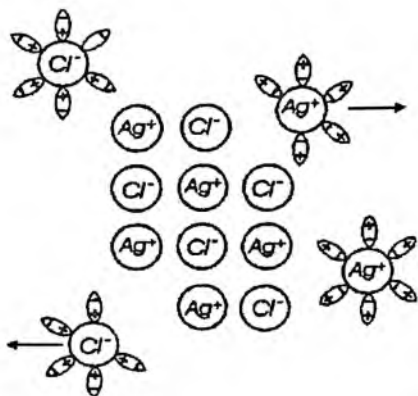
4.1. Geterogen sistemalardagi muvozanat. Eruvchanlik ko'paytmasi

Ilgari gomogen (bir jinsli) sistemadan iborat elektrolitlar eritmasida ionlar muvozanatiga doir masalalarni ko'rib chiqqan edik. Analitik kimyoda anchagina murakkab geterogen (ko'p jinsli) sistemalar bilan ham ish olib borishga to'g'ri keladi. Masalan, moddaning to'yingan eritmasi va uning shu eritmadagi cho'kmasidan iborat sistema, bir-biri bilan aralashmaydigan ioni suyuqlik va u bilan muvozanatda turgan gaz geterogen sistemalariga kiradi.

Geterogen sistemalarning bir-biridan chegara sirtlari bilan ajraladigan ayrim qismlari faza deb ataladi. Masalan, to'yingan eritma va undagi cho'kma geterogen sistemaning ayrim fazalaridir.

Bironta qiyin eriydigan tuz, masalan, AgCl suvga solingan bo'lsin. Bu tuzning kristallarini vujudga keltirgan Ag^+ va Cl^- ionlari yaqin turgan suv dipollari tomonidan tortiladi va asta-sekin kristall sirtidan ajralib, ionlar gidrati holida eritmaga o'ta boshlaydi. Bu tuzning erish jarayonidir. Lekin ana shu erish jarayoni bilan bir qatorda unga teskari bo'lgan jarayon — eritmadan AgCl ning cho'kish jarayoni ham sodir bo'ladi. Chunonchi hosil bo'lgan Ag^+ va Cl^- ionlarining gidratlari o'z harakati davomida AgCl kristallari bilan to'qnashadi va kristall panjaraning qarama-qarshi zaryadlangan ionlari tomonidan tortilib,

ba'zan gidratsizlanadi va gidratsizlangan ionlar kristallar sirtiga qaytadan cho'kadi (21-rasm).



21-rasm. AgCl ni cho'kma hosil qilish sxemasi: $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ \text{ va } \text{Cl}^-$

Bu vaqtda dinamik muvozanat vujudga keladi va vaqt birligida qancha Ag^+ va Cl^- eritmaga o'tsa, shuncha ionlar eritmadan cho'kmaga tushadi, ya'ni to'yingan eritma hosil bo'ladi.

Bu ikki qarama-qarshi jarayonning borishi hamisha dinamik muvozanat holatiga olib keladi, bunda vaqt birligida qattiq fazaning sirtidan qancha Ag^+ va Cl^- ionlari eritmaga o'tib tursa, o'shancha ionlar eritmadan cho'kmaga o'tadi.

Muvozanat boshlangandan keyin eritmada Ag^+ va Cl^- ionlarining ko'payishi, shuningdek, qattiq faza miqdorining kamayishi ham to'xtaydi. Demak, qattiq fazasi bilan dinamik muvozanatda bo'lgan eritma to'yingan eritma deyiladi.

Bu muvozanatni boshqaruvchi umumiy qonunni keltirib chiqarish uchun Ag^+ va Cl^- ionlarining eritmaga o'tish jarayoni tezligini V_1 va ularning qaytadan AgCl kristallari sirtiga cho'kish jarayoni tezligini V_2 bilan belgilaymiz.

Tezlik V_1 (ya'ni qattiq fazaning sirtidan vaqt birligida eritmaga o'tadigan Ag^+ va Cl^- ionlarining miqdori) sirdagi Ag^+ va Cl^- ionlari soniga proporsionaldir. Vaqt o'tishi bilan ionlarning bu soni o'zgarmaydi, deb qabul qilish mumkin. Demak, erish

tezligini o'zgarmas temperaturada doimiy, deb hisoblash mumkin:

$$V_1 = K_1[Ag^+] \cdot [Cl^-]$$

bu yerda: K_1 – o'zgarmas temperaturadagi doimiy miqdor;

Qaytar jarayon, ya'ni Ag^+ va Cl^- ionlarining eritmadan $AgCl$ cho'kmasi sirtiga cho'kish tezligi V_2 ana shu ionlarining cho'kma sirti bilan to'qnashish soniga bog'liq. Oxirgi kattalik ionlarning eritmadagi konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi. Demak,

$$V_2 = K_2[AgCl]$$

bu yerda: K_2 – o'zgarmas temperaturadagi doimiy miqdor. To'yingan eritmada muvozanat qaror topgani uchun $V_1 = V_2$ bo'ladi, ularning qiymati qo'yilsa:

$$K_1[Ag^+] \cdot [Cl^-] = K_2[AgCl]$$

yoki

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[AgCl]}{[Ag^+] \cdot [Cl^-]} = K$$

Ikki o'zgarmas doimiy qiymatlarning nisbati $\frac{K_1}{K_2}$ – ham o'zgarmas kattalikdir, uni EK (eruvchanlik ko'paytmasi) bilan belgilaymiz:

$$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = EK_{AgCl} = \text{const}$$

$$EK_{AgCl} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

EK qiymati tuzning, qanchalik eruvchanligini ko'rsatadi. Qiyin eruvchan $AgCl$ elektrolitning to'yingan eritmasidagi ionlar konsentratsiyasi o'zgarmas temperaturada o'zgarmas miqdor deb qabul qilinsa, ularning ko'paytmasi eruvchanlik ko'paytmasi deyiladi.

Moddaning eruvchanlik ko'paytmasi eruvchi moddaning tabiatiga, temperaturaga va erituvchiga bog'liq.

Moddaning eruvchanligi ma'lum bo'lsa, undan foydalanib, EK ning qiymatini hisoblab topish mumkin. Aksincha, EK ning qiymatidan foydalanib, moddaning eruvchanligini hisoblash mumkin (1 litr eritmadagi mollar yoki grammlar sonini aniqlash mumkin). Buni misollarda ko'rib chiqamiz:

1-misol. To'yingan $PbCl_2$ eritmasining, 1 litrida $25^\circ C$ da 11 g $PbCl_2$ borligi ma'lum. EK_{PbCl_2} ni hisoblang.

Yechish: 1 g · mol PbCl₂ 278 g ga teng, eruvchanlik mol/l bilan ifodalansa, 11 : 278 = 0,039 yoki $3,9 \cdot 10^{-3}$ mol/l. Bu tuz quyidagi tenglama bo'yicha dissotsiyanadi:



Eritmadagi PbCl₂ tuzi ionlar holatida bo'ladi. Ionlarning konsentratsiyasi $[\text{Pb}^{2+}] = 3,9 \cdot 10^{-2}$ mol/l. $[\text{Cl}^-] = 7,8 \cdot 10^{-2}$ mol/l.

$$\begin{aligned} EK_{\text{PbCl}_2} &= [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 = 3,9 \cdot 10^{-2} \cdot (7,8 \cdot 10^{-2})^2 = \\ &= 237,9 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{ion/l} \\ EK_{\text{PbCl}_2} &= 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{ion/l} \end{aligned}$$

2-misol. Xona temperaturasida $EK_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$, BaSO₄ tuzining eruvchanligini hisoblab toping.

Yechish: Moddaning mol/l bilan ifodalangan, izlanayotgan eruvchanligini g bilan belgilaymiz. BaSO₄ tuzi *n* molekulasining har bir eritmada *x* mol/l Ba²⁺ va *x* mol/l SO₄²⁻ ionlariga dissotsiyanadi:



Demak, $[\text{Ba}^{2+}] = x$ mol/l

$[\text{SO}_4^{2-}] = x$ mol/l

$$EK_{\text{BaSO}_4} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = x \cdot x = x^2 = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$EK_{\text{BaSO}_4} = x^2 = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

$$x = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

BaSO₄ tuzining grammlarda ifodalangan eruvchanligi quyidagicha topiladi:

1 mol BaSO₄ tuzi – 233,4 g keladi.

$1,05 \cdot 10^{-3}$ BaSO₄ tuzi – g ga keladi.

$$g = \frac{233,4 \cdot 1,05 \cdot 10^{-5}}{1} = 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

3-misol. 25 °C da AgCl eritmasining 1 litrida $1,86 \cdot 10^{-3}$ g tuz bor. EK_{AgCl} ni hisoblab toping.

Yechish: Avval, AgCl ning to'yingan eritmasida molyar konsentratsiyasini topamiz. AgCl ning molyar massasining og'irligi 143,3 ga tengligini e'tiborga olsak:

$$C_{\text{AgCl}} = \frac{1,86 \cdot 10^3}{143,3} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Har bir $g \cdot mol$ $AgCl$ eriganda $1 g \cdot ion$ Ag^+ va Cl^- hosil bo'lgani uchun $AgCl$ ning to'yingan eritmasida bu ionlarning konsentratsiyasi ham shunday bo'ladi. Demak,

$$EK_{AgCl} = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = (1,3 \cdot 10^{-5}) \cdot (1,3 \cdot 10^{-5}) = 1,69 \cdot 10^{-10}$$

$$EK_{AgCl} = 1,69 \cdot 10^{-10}$$

4-misol. 25° da Ag_2CrO_4 to'yingan eritmasining 1 litrida taxminan $2,2 \cdot 10^{-2} g$ tuz erigan bo'ladi, buning eruvchanlik ko'paytmasini $EK_{Ag_2CrO_4}$ toping.

Yechish:

$$C_{Ag_2CrO_4} = \frac{2,2 \cdot 10^2}{331,8} = 6,5 \cdot 10^{-5} M$$

Ag_2CrO_4 ning har bir gramm-molekulasi eriganida, $1 g \cdot ion$ CrO_4^{2-} va $2 g \cdot ion$ Ag^+ hosil bo'lgani uchun

$$[CrO_4^{2-}] = 6,5 \cdot 10^{-5} g \cdot ion/l$$

$$[Ag^+] = 1,3 \cdot 10^{-4} g \cdot ion/l$$

deb qabul qilamiz. Unda

$$EK_{Ag_2CrO_4} = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}] = (1,3 \cdot 10^{-4}) \cdot (6,5 \cdot 10^{-5})$$

$$EK_{Ag_2CrO_4} = 1,1 \cdot 10^{-12} g \cdot ion/l$$

4.2. Cho'kma hosil bo'lishiga ta'sir etuvchi omillar

Yuqorida aytilganidek, eruvchanlik ko'paytmasi qoidasi, bir ismli ionlarning cho'kmalar eruvchanligiga ta'sirini oldindan bilishga imkon beradi. Ayniqsa, kimyoviy reaksiyalar natijasida cho'kma hosil bo'lishi yoki uning erib ketishi sodir bo'ladigan hollarda bu qoidadan foydalanish foydalidir.

Qo'rg'oshin tuzi eritmasi bilan eruvchan xlorid, $NaCl$ bilan aralashtirmoqchimiz. Bunda, Pb^{+2} ionlari Cl^- ionlari bilan to'qnashib $PbCl_2$ cho'kmasi hosil bo'ladi. Lekin qo'rg'oshin (II) xloridning haqiqatda cho'kish-cho'kmasligi eritmaning shu tuzga nisbatan o'ta to'yingan bo'lishiga bog'liqdir. Eritma esa, $[Pb^{2+}] [Cl^-]^2$ ionlar ko'paytmasi $EK_{PbCl_2} = 2,4 \cdot 10^{-4} g \cdot ion/l$. $25^\circ C$ dan teng bo'lgan qiymatdan ortiq bo'lishi bo'lgandagina o'ta to'yingan bo'lishi mumkin. Demak, berilgan sharoitda mazkur tuzning cho'kish yoki cho'kmasligini nazariy jihatdan oldindan ko'rish mumkin.

Demak, har qanday qiyin eriydigan elektrolitning cho'kmasi uning eritmasidagi ionlari konsentratsiyasining ko'paytmasi (ionlar ko'paytmasi) berilgan temperaturada, eruvchanlik ko'paytmasidan katta bo'lgandagina hosil bo'ladi.

Cho'kma hosil bo'lishi bilan teskari jarayon ham o'tadi (ionlarga ionlanish, cho'kish boshlandimi, u ionlar ko'paytmasi asta-sekin kamayib, cho'kmaning eruvchanlik ko'paytmasi bilan tenglashguncha davom etaveradi. Tenglashish sodir bo'lishi bilanoq cho'kma va eritma orasida muvozanat vujudga kelib, cho'kish to'xtaydi. Suvda mutlaqo erimaydigan modda bo'lmaganligi sababli, eruvchanlik ko'paytmasining miqdori hech qachon nolga teng bo'lmaydi.

Cho'ktiriladigan birikmaning eruvchanligi. Topilishi lozim bo'lgan ionning, cho'kma holida hosil qiladigan birikmasining eruvchanligi berilgan sharoitda, qanchalik kam bo'lsa, bu ionli eritmada ajratish shunchalik to'liq bo'ladi. Masalan, Pb^{2+} ionini xlorid, sulfat yoki sulfid cho'ktirishi mumkin, ularning eruvchanlik ko'paytmasi va eruvchanligi (*mol/l*) quyidagicha:

	$PbCl_2$	$PbSO_4$	PbS
<i>EK</i>	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-25}$
<i>E</i>	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-15}$

Keltirilgan, raqamlarni solishtirish uchun qo'rg'oshin (II) xlorid eng ko'p, qo'rg'oshin (II) sulfid eng oz eriydigan birikmadir. Demak, PbS — holida nihoyatda to'la cho'kadi, chunki EK_{PbS} eng kichik son. Jadvaldan moddalarni *EK* siga qarab, cho'kish-cho'kmasligini bilish mumkin.

Eruvchanlik ko'paytmasi qoidasiga muvofiq, berilgan qiyin eriydigan elektrolit ionlari konsentratsiyalarining ko'paytmasi — «ionlar ko'paytmasi» berilgan temperaturada eruvchanlik ko'paytmasiga teng vaqtdagina, eritma shu elektrolitga nisbatan to'yingan bo'ladi.

Ionlar ko'paytmasi eruvchanlik ko'paytmasidan ortiq bo'lsa, eritma o'ta to'yingan bo'ladi va bunday eritmada, erigan moddaning bir qismi vaqt o'tishi bilan qattiq faza holida ajraladi (cho'kadi).

Haqiqatan ham elektrolitning ionlar konsentratsiyasini oshirish bilan shu elektrolit ionlarining qattiq faza sirtiga cho'kish tezligini oshiramiz. Ionlar ko'paytmasining qiymati eruvchanlik

ko'paytmasi qiymatiga tenglashganda, har ikkala tezlik — erish va cho'kish tezliklari baravarlashadi. Agar ionlar ko'paytmasi-ning qiymati, eruvchanlik ko'paytmasi qiymatidan oshib ketsa, u holda cho'kish jarayonining tezligi erish jarayoni tezligidan ortib ketadi va eritmadan cho'kma ajralishi ko'payadi.

Shunday qilib, AgCl uchun quyidagicha yozish mumkin:

a) to'yinmagan eritmada $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] < E_{\text{KAgCl}}$

b) to'yingan eritmada $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = E_{\text{KAgCl}}$

d) o'ta to'yingan eritmada $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] > E_{\text{KAgCl}}$

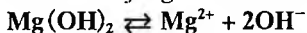
Elektrolitning to'yinmagan eritmasini to'yingan va hatto o'ta to'yingan eritmaga aylantirish mumkin. Buning uchun unga tarkibida shu eritmadagi biror ion bilan bir ismli ioni bor elektrolit qo'shish kerak. Haqiqatan ham, agar AgCl ning to'yinmagan eritmasiga, oz-ozdan HCl yoki KCl qo'shsak, dastlab 25°C da $E_{\text{KAgCl}} = 1,78 \cdot 10^{-10}$ dan kam bo'lgan ionlar ko'paytmasi, asta-sekin unga tenglashadi va nihoyat undan ortib ketadi. Shunga muvofiq, to'yinmagan eritma to'yingan eritmaga va o'ta to'yingan eritmaga aylanadi.

Yuqorida aytilganlarga ko'ra, qiyin eriydigan elektrolitlarning eruvchanligi, ularning eritmasiga tarkibida shu eritmadagi ionlarning biri bilan bir ismli ioni bor kuchli elektrolit kiritilganda kamayadi.

Lekin tajriba shuni ko'rsatadiki, faqat bir ismli ionga ega bo'lgan tuzlarga emas, balki bunday ioni bo'lmagan tuzlar ham elektrolitlarning eruvchanligiga ta'sir etadi. Bunday hollarda, ko'pincha eruvchanlik ortadi. Masalan, BaSO_4 , SrSO_4 va CaSO_4 cho'kmalarining eruvchanligini NaCl , KCl , NaNO_3 tuzlari sezilarli darajada oshiradi. Masalan, 1 l eritmadagi BaSO_4 tuzining eruvchanligi $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ ga teng. Shu eritmaga 0,1 mol NaNO_3 tuzi qo'shilsa, BaSO_4 ning eruvchanligi $2,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ ga yetadi. Demak, qo'shilgan NaNO_3 tuzi BaSO_4 ning eruvchanligini taxminan 2,2 marta oshiradi. Bunday qo'shiladigan tuz eritmasining konsentratsiyasi qancha katta bo'lsa, eruvchanlik shuncha ko'proq ortadi. Bu hodisa tuz effekti deb ataladi.

Suvda qiyin eriydigan elektrolit cho'kmasini eritish uchun shu cho'kmaga cho'kma ionlaridan birini bog'lay oladigan boshqa elektrolit qo'shish kerak. Shu sababli magniy gidroksid

cho'kmasi va magniyning asosli tuzlari ammoniy tuzlari bo'lgan muhitda erib ketadi. Magniy gidroksid cho'kmasi bor eritmada quyidagi muvozanat holati vujudga keladi:



Bu geterogen sistemaga, NH_4Cl eritmasidan qo'shilganda NH_4^+ ionlari OH^- ionlarini bog'lab, kam dissotsiylanadigan NH_4OH molekulalarini hosil qiladi. Natijada erkin ionlar konsentratsiyalarining ko'paytmasi $[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 < EK_{\text{Mg(OH)}_2}$ bo'lib qoladi, ya'ni to'yingan eritma to'yinmagan eritmaga aylanadi. Shu sababli Mg(OH)_2 cho'kmasi yana eritmaga o'tadi. Erish jarayoni

$$EK_{\text{Mg(OH)}_2} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$$

bo'lguncha davom etadi.

Demak, oz eriydigan kuchli elektrolit eritmasida, ionlar konsentratsiyalarining ko'paytmasi shu moddaning eruvchanlik ko'paytmasidan kichik bo'lsa, cho'kma eriydi.

O'xshash tarkibli tuzlarning, EK qiymatlari ma'lum bo'lsa, ularning cho'kmaga tushish ketma-ketligini oldindan aytib berish mumkin. Masalan, Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} ionlari sulfatlarining cho'kmaga tushish tartibi ularning EK qiymatlariga bog'liq

$$EK_{\text{BaSO}_4} = 9,9 \cdot 10^{-10} < EK_{\text{SrSO}_4} = 3,6 \cdot 10^{-7} < EK_{\text{CaSO}_4} = 6,62 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Avval BaSO_4 , keyin SrSO_4 va oxiri CaSO_4 cho'kmaga tushadi.

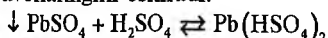
Bu qonuniyatni tarkibi bir xil bo'lgan tuzlar uchun qo'llash mumkin emas. Masalan, $EK_{\text{AgCl}} > EK_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}$ bo'lishiga qaramasdan, kumush xlorid tuzining eruvchanligi Ag_2CrO_4 ning eruvchanligidan kam bo'ladi.

Cho'kmalarga qo'shiladigan cho'ktiruvchilarning reaktiv miqdori

Qo'shiladigan cho'ktiruvchi reaktiv ekvivalent miqdordan, ya'ni reaksiya tenglamasi bo'yicha talab qilinadigandan kam olinmagandagina, har qanday ion to'la cho'kishi mumkin. Lekin, cho'kmaning eruvchanlik ko'paytmasi. uncha kichik bo'lmasa, ekvivalent miqdorda qo'shilgan cho'ktiruvchi, odatda uni amalda to'la cho'ktira olmaydi. Eruvchanlik qoidasiga binoan,

cho'ktiruvchidan biroz mo'loroq qo'shilsa, cho'ktirish ancha to'liq bo'ladi.

$[Pb^{+2}] \cdot [SO_4^{2-}] = EK_{PbSO_4}$ tenglamasi asosida H_2SO_4 ni qancha ko'p qo'shilsa, Pb^{+2} ioni shuncha to'laroq cho'kadi, deb o'ylash mumkin, lekin unday emas. Sulfat kislota ortiqcha miqdorda qo'shilsa, u cho'kmaning eruvchanligini kamaytiradi, bundan tashqari HSO_4^- nordon qo'rg'oshin tuzini hosil qiladi, bu esa cho'kmaning eruvchanligini oshiradi.

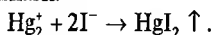


$$[Pb^{+2}] \cdot [SO_4^{2-}] = EK_{PbSO_4}; EK_{PbHSO_4} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l};$$

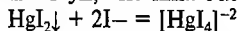
$$EK_{PbSO_4} = 2,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

Anion HSO_4^- hosil bo'lgani uchun, qo'rg'oshin nordon tuzi ko'payadi va cho'kmaning erishi ham ko'p bo'ladi.

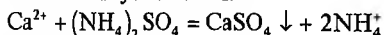
Xuddi shunga o'xshash:



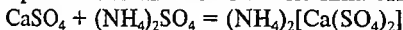
Reaksiyada I^{-} ni juda ham ortiqcha qo'shsak, $[HgII^{2-}]$ kompleks ion hosil bo'lishi tufayli, cho'kma butunlay erib ketadi:



Ikkinchi misol – Ca^{2+} kationini cho'ktirishda $(NH_4)_2SO_4$ tuzidan reaktiv sifatida foydalaniladi:



bu yerda: $CaSO_4$ – cho'kma hosil bo'ladi. Agar cho'kmali eritmaga, $(NH_4)_2SO_4$ reaktividan qo'shishni davom ettirsak, suvda eruvchan kompleks tuz hosil bo'ladi va cho'kma erib ketadi:



Amalda, cho'ktiruvchi eritmani cho'ktiriladigan modda eritmasiga qaraganda faqat bir yarim baravar ortiq ishlatiladi, ba'zi esa bundan ham ishlatiladi.

3. Eritmaning pH qiymati. Cho'ktirishda tekshirilayotgan eritmaning muhiti, ya'ni uning pH qiymati katta ahamiyatga ega.

Qiyin eruvchan metall gidroksidning cho'ktirishi. Bunda cho'ktiruvchi ion HO^{-} ioni bo'lib, eritmaning pH qiymati qancha katta bo'lsa, bu ionning konsentratsiyasi ham shuncha ko'p bo'ladi. Lekin gidroksidning cho'kmaga tushishi yoki tushmasligi va cho'kishining amaliy jihatdan to'liq bo'lishi OH^{-}

ionlarining konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Ma'lumki, gidroksid qancha ko'p eruvchan bo'lsa, uning eruvchan ko'paytmasidan oshib ketish uchun OH^- ionlarining konsentratsiyasi shuncha ko'p bo'lishi zarur, ya'ni gidroksidning cho'ka boshlashi uchun pH qiymati shuncha yuqori bo'lishi talab qiladi. Eruvchanlik ko'paytmasiga qarab, u yoki bu gidroksidning cho'kishi pH qanday bo'lganda, boshlanishini va qanday bo'lganda, tamom bo'lishini taxminan hisoblab chiqarish mumkin. Shunday hisoblashni magniy gidroksid ($EK = 5 \cdot 10^{-12} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$) uchun ko'raylik. Agar Mg^{+2} ionning eritmadagi konsentratsiyasi $1 \cdot 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ ga teng bo'lsa, u holda

$$[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = EK_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = 5 \cdot 10^{-12}$$

tenglamasidan, eruvchanlik ko'paytmasiga erishilganda, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ cho'kma boshlashi uchun OH^- ionlarining konsentratsiyasi, qanday bo'lishi kerakligini osonlik bilan hisoblash mumkin.

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{EK_{\text{Mg}(\text{OH})_2}}{[\text{Mg}^{2+}]}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-12}}{1 \cdot 10^{-2}}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

Demak,

$$\text{pOH} = -\lg 2,2 \cdot 10^{-5} = - (0,3 - 5,0) = 4,7$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 4,7 = 9,3$$

$$\text{pH} = 9,3$$

Shunday qilib, magniy gidroksid magniy tuzining 0,01 M eritmasidan pH = 9,3 bo'lganda, cho'ka boshlaydi.

Biror ion to'la cho'kdi, deb hisoblash uchun uning eritmadagi konsentratsiyasi $10^{-5} - 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ gacha kamaygan bo'lishi kerak.

Agar oxirgi raqam 10^{-6} ni nazarda tutsak:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-12}}{10^{-6}}} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

Mg^{+2} ionning gidroksid holida to'la cho'kishiga, $\text{pH} \geq 11,3$ bo'lgandagina erishiladi, chunki $\text{pH} > 11,3$ bo'lganda, Mg^{+2} ionining cho'kishi yanada to'laroq bo'ladi (ya'ni eritmada qolgan Mg^{+2} ionlarining konsentratsiyasi $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ dan ham kamayadi). $\text{pH} < 11,3$ bo'lganda Mg^{+2} to'la cho'kmaydi, $\text{pH} < 9,3$ da mutlaqo cho'kmaydi.

4.3. Cho'kmaning erish i

Ionlarni qiyin eriydigan birikmalar holida cho'ktirish bilan bog'liq, har xil masalalarni hal qilishda, eruvchanlik ko'paytmasi qoidasi, qanday ahamiyatga ega ekanligini yuqorida ko'rib chiqdik. Analiz uchun muhim bo'lgan teskari masalani, chunki qiyin eriydigan cho'kmalarni eritmaga o'tkazish shart-sharoitlarini topish masalasini hal qilishda, ham bu qoidaning ahamiyati juda katta.

Masalan, $Mg(OH)_2$ cho'kmasini eritib, eritmadan Mg^{2+} ionini topish kerak bo'lsin. Bu cho'kma ustidagi eritma $Mg(OH)_2$ ga to'yingan bo'ladi. Demak, undagi ionlar ko'paytmasi $25^\circ C$ da:

$$[Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = EK_{Mg(OH)_2} = 5 \cdot 10^{-12}$$

ga teng bo'ladi.

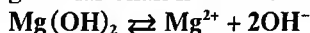
Agar shu eritmaga, biror kislotadan ozroq qo'shsak, kislota-ning vodorod ionlari eritmadagi gidroksid ionlarini bog'lab, ionlanmagan H_2O molekularini hosil qiladi va natijada ionlar ko'paytmasi $[Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$ eruvchanlik ko'paytmasi $EK_{Mg(OH)_2}$ dan kichik bo'lib qoladi. Eritma magniy gidroksidga to'yinmagan bo'lib qoladi va uning cho'kmasi eriy boshlaydi, yangi eritmaga cho'kmadan, Mg^{2+} va OH^- ionlari o'ta boshlaydi. Bu jarayon ionlar ko'paytmasi $[Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$ yana $EK_{Mg(OH)_2}$ ga tenglashguncha davom etadi, so'ngra muvozanat qaror topadi. Agar kislota qo'shishni davom ettirsak, muvozanat holati buzilib, cho'kmaning yangidan yangi miqdori eritmaga o'taveradi. Nihoyat cho'kmaning hammasi erib ketadi.

Shunday qilib, biror cho'kmani eritish uchun uning eritmaga o'tayotgan ionlaridan birini, shu ion bilan oz dissotsiyalanadigan birikma hosil qiluvchi ion ta'sir ettirib, bog'lash kerak.

Bu qoidani quyidagicha izohlash ham mumkin. Ionlar ko'paytmasi $[Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$ muvozanat vaqtida doimiy va taxminan $EK_{Mg(OH)_2}$ ga teng bo'lgani sababli, eritmadagi ionlardan birining konsentratsiyasi o'zgartirilsa, ikkinchi ionning ham konsentratsiyasi o'zgarib ketadi. Masalan, Mg^{2+} ionining eritmadagi konsentratsiyasini kamaytirish, ya'ni uni cho'ktirish

uchun cho'ktiruvchini ko'proq qo'shish, ya'ni OH^- ionlarining konsentratsiyasini oshirish zarur.

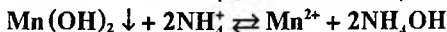
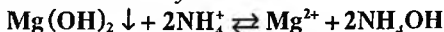
Aksincha, eritmadagi Mg^{2+} ionining konsentratsiyasini oshirish, ya'ni $\text{Mg}(\text{OH})_2$ cho'kmasini eritish zarur bo'lsa, OH^- ionlarini qandaydir kuchsiz elektrolitning ionlanmagan molekulasi tarzida bog'lash bilan uning konsentratsiyasini kamaytirish lozim. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ga kislotalar ta'sir ettirilganda, boradigan reaksiyani quyidagi tenglamalar bilan ifodalash mumkin:



Qiyin eriydigan boshqa asoslar ham kislotalarda xuddi shunday eriydi, masalan:

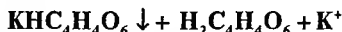


Bir qator gidroksidlar faqat kislotalardagina emas, balki ammoniy tuzlarida ham eriydi:



Lekin NH_4OH ga nisbatan ancha kuchli ionlangani sababli, eritmadagi OH^- ionlarining konsentratsiyasi kislota qo'shgandagidek ko'p kamaymaydi. Demak, ammoniy tuzlarining asoslarni eritish xususiyati, kislotalarnikiga nisbatan ancha kam va yaxshi eruvchan ba'zi asoslarga ammoniy tuzlarida eriydi.

Kuchsiz kislotalarning qiyin eriydigan tuzlari kislotalarda eriydi, chunki kislota H^+ ionlari tuzlarning anionini bog'lab, kuchsiz kislota ionlanmaydigan molekularini hosil qiladi:

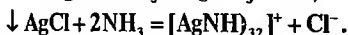
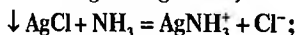
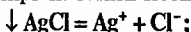


Bu yerda cho'kmadan eritmaga o'tayotgan, $\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^-$ anionlari H^+ ionlari bilan birikib, tartrat kislotasining nihoyatda oz ionlanadigan molekulari $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ni hosil qiladi. Eritmada bu anionlarning konsentratsiyasi kamayib, $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ cho'kmasining erishi hisobiga, K^+ ionlarining konsentratsiyasi ortib boradi.

Kuchli kislotalarning qiyin eriydigan tuzlari, masalan: AgI ,

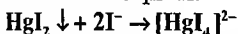
BaSO_4 , SrSO_4 , AgCl va boshqalar kislotalarda erimaydi, chunki bu holda kam ionlanadigan birikmalar hosil bo'lmaydi.

Kumush xlorid kislotalarda erimagani holda, ammiakning suvdagi eritmasida oson eriydi. Bunga sabab shuki, cho'kmadan eritmaga o'tadigan Ag^+ ionlari NH_3 molekullari bilan bog'lanib, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ kompleks ionini hosil qiladi.



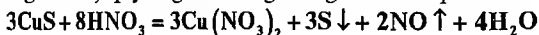
Bunda, Ag^+ ioni konsentratsiyasining kamayishi, eritma bilan cho'kma o'rtasidagi muvozanatning buzilishiga va cho'kmaning eritmaga o'tishiga sabab bo'ladi.

Xuddi shunga o'xshash HgI_2 cho'kmasi KI da oson eriydi, chunki undan eritmaga o'tgan, Hg_2^{2+} ionlari KI ning dissotsiylanishi natijasida hosil bo'lgan, ortiqcha I^- ionlari bilan birikib, $[\text{HgI}_4]^{2-}$ kompleks ionlarini hosil qiladi:

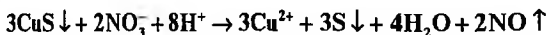


Demak, bu yerda eritmaga bir ismli ion I^- ning kiritilishi HgI_2 cho'kmasining eruvchanligani ko'paytiradi.

Nihoyat, har xil oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari natijasida ham cho'kma erib ketishi mumkin. Masalan, HCl va H_2SO_4 da erimaydigan CoS , NiS , CuS , Bi_2S_3 va boshqa sulfidlar konsentrlangan HNO_3 da qizdirilganda, osonlik bilan erib ketadi. CuS ning erishi, quyidagicha tenglamaga muvofiq boradi:



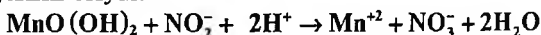
yoki



Bu reaksiyaning mohiyati shundaki, cho'kmadan eritmaga o'tayotgan S^{2-} ionlari nitrat kislota ta'sirida S gacha oksidlanadi. Natijada eritmada S^{2-} ionlarining konsentratsiyasi kamayib, Cu^{2+} ionlarining konsentratsiyasi ortadi, ya'ni CuS cho'kmasi eriydi.

Ba'zan cho'kmani eritish uchun uning tarkibiga kirgan bi-rorta elementni qaytarishga to'g'ri keladi. Masalan, to'rt valentli marganes gidroksidi $\text{MnO}(\text{OH})_2$ sulfat kislota H_2SO_4 da erimaydi, ammo agar eritmaga KNO_2 yoki NaNO_2 tuzi qo'shilsa,

u holda Mn^{IV} ioni Mn^{2+} gacha qaytariladi, natijada uning gidroksidi yaxshi eriydi:



Albatta, oksidlanuvchilardan (yoki qaytaruvchidan) foydalanish, cho'kmaning biror elementi oksidlanishiga (yoki qaytarilishiga) moyil bo'lsagina natijali bo'ladi. $BaSO_4$ cho'kmasini HNO_3 yoki zar suvida eritishga bo'lmaydi, chunki uning tarkibidagi, elementlar (Ba va S) o'zining eng yuqori valentligida bo'lib, boshqa oksidlana olmaydi.

4.4. II guruh kationlarining umumiy tavsifi

Kationlarning II analitik guruhiga Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} ionlari kiradi. Bu ionlar turli anionlar bilan birikib, qiyin eriydigan tuzlar hosil qiladi va shu jihatdan I guruh kationlarining ko'pchiligidan farq qiladi. Masalan, II guruh kationlarining sulfatlari, fosfatlari, oksolatlari va karbonatlari qiyin eriydi.

Bunda hosil qilinadigan tuzlar nihoyatda oz eriydigan, ya'ni ularning eruvchanlik ko'paytmasi mumkin qadar kichik bo'lishi kerak. Chunonchi, II guruhni suvdagi eritmadan sulfatlar holida to'la cho'ktirib bo'lmaydi, chunki ulardan bittasi, $CaSO_4$ ning eruvchanlik ko'paytmasi ancha katta ($2,37 \cdot 10^{-5}$). Bundan tashqari, sulfatlar kuchli kislota tuzi bo'lgani sababli kislotalarda erimaydi, binobarin, ularni I guruhdan ajratilgandan keyin eritmaga o'tkazish ancha qiyin bo'lib qoladi.

II guruhni fosfatlar va oksolatlar holida ajratish ham qiyin, chunki eritmaga kiritiladigan PO_4^{3-} va $C_2O_4^{2-}$ ionlari bundan keyingi analizlarni murakkablashtirib yuboradi.

II guruh kationlarini I guruh kationlaridan karbonatlar $CaCO_3$, $SrCO_3$, $BaCO_3$ holida ajratish birmuncha qulay. Bu tuzlarning eruvchanlik ko'paytmasi yetarli darajada kichik (10^{-9}) va shuning uchun II guruh kationlarining hammasi amaliy jihatdan to'la cho'kishi mumkin. Shu bilan birga, II guruh kationlari karbonatlar holida cho'ktirilganda, olingan cho'kmani keyingi analiz uchun eritmaga o'tkazish juda osonlashadi, chunki sulfatlar kislotalda erimagani holda kuchsiz kislota tuzlari bo'lgan karbonatlar osongina eriydi. Nihoyat, cho'ktiruvchi

CO_3^{2-} ionlarining ortiqchasini eritmada chiqarib yuborish ham qiyin emas. Buning uchun eritmaga ozgina kislota qo'shish kifoya, bunda karbonat kislota hosil bo'lib, u darhol CO_2 bilan H_2O ga parchalanadi.

II analitik guruh kationlarini analiz qilishda ularning muhim xossaligidan biri bu kationlar karbonatlari CaCO_3 , SrCO_3 va BaCO_3 ning suvda erimasligi bo'lib, ularni I guruh kationlaridan ajratishda shu xossasidan foydalaniladi.

Aksincha, II guruh kationlarining sulfidlari ham I guruh kationlarining sulfidlari kabi suvda eriydi. II guruh kationlari shu jihatdan III, IV va V guruhlar kationlaridan farq qiladi.

Eritmalardagi ionlar konsentratsiyasining ko'paytmasi $[\text{Me}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ EK_{MeCO_3} dan (bu yerda: Me^{2+} II guruh kationlaridan xohlagan bittasi bo'lishi mumkin) ortib ketgandagina II guruh kationlarining karbonatlari cho'kadi. Ammo II guruhning umumiy reagenti sifatida faqat ammoniy karbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ishlatilishi mumkin, chunki bu maqsad uchun NaCO_3 va K_2CO_3 ishlatiladigan bo'lsa, eritmaga Na^+ yoki K^+ ionlarini oldindan kiritib qo'ygan bo'lamiz va bu ionlar analiz qilinayotgan eritmada oldin bo'lgan-bo'lmaganligini aniqlash qiyin bo'lib qoladi. Ammoniy ionini kiritishda esa xatoga olib kelmaydi, chunki u eritmaga II guruhning umumiy reagenti ta'sir ettirilishiga qadar eritmaning bir qismidan topiladi.

Demak, eritmaga kerakli pH qiymatiga ega bo'lgan bufer aralashma (masalan, ammoniy karbonat eritmasi) qo'shishning o'zi kifoya qilmaydi, balki uning bufer sig'imi, yetarli bo'lishi to'g'risida ham o'ylash kerak. Buning uchun II guruh kationlarining ammoniy karbonat ta'sirida cho'ktirishdan oldin eritmaga hidi bilinguncha (yoki ishqoriy muhitga kelguncha) ammiak va undan keyin ozroq NH_4Cl qo'shiladi.

Ammiak ta'sir ettirilganda erkin kislotalar neytrallanadi, lekin shu qadar kuchli ishqoriy muhit vujudga keladi-ki, bunda Mg^{2+} ioni ham cho'kishi mumkin, NH_4Cl qo'shilganda esa, pH ini kerakli qiymatgacha ($\text{pH} \approx 9$) kamayadi (buni indikator qog'ozi bilan tekshirib ko'rish kerak). Shu bilan birga, ammiak va ammoniy xlorid qo'shish natijasida, eritmaning bufer sig'imi shu qadar ko'payadi, NH_4OH ning sarflanishi va NH_4^+ ion-

ning yig'ilishi cho'kish jarayonida eritma pH ini o'zgartira olmaydigan bo'lib qoladi.

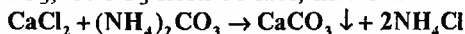
II guruh kationlari to'liq cho'kishiga, ta'sir ko'rsatadigan boshqa sharoitlaridan biri eritmaning temperaturasidir. Gap shundaki, ammoniy karbonat qattiq holatda saqlanganda qisman parchalanib suv hamda ammoniy karbaminati (karbamin kislota NH_2COOH ning tuzi), deb ataluvchi tuz hosil qiladi:



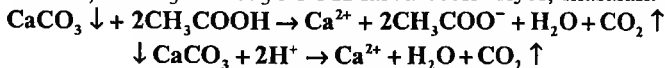
Shuning uchun sotiladigan ammoniy karbonatda, hamma vaqt anchagina miqdorda karbaminat bo'ladi va u tayyorlanadigan eritmadagi CO_3^{2-} ionining konsentratsiyasini birmuncha pasaytiradi. Ammo uni eritmadan yo'qotish oson, buning uchun II guruhni taxminan 80° atrofida isitilgan eritmadan cho'ktirish kifoya; temperatura ko'tarilishi bilan, yuqorida keltirilgan reaksiya muvozanati chapga, ya'ni ammoniy karbaminatning ammoniy karbonatga aylanishi tomoniga siljiydi. Qizdirish yana shuning uchun ham foydaliki, bunda amorf holda, cho'ka boshlagan karbonatlarning kristall cho'kmaga aylanishi ham tezlashadi.

Shunday qilib, II guruh kationlarini, ularning guruh reagenti, ta'sirida ammiak va ammoniy xlorid ishtirokida ($\text{pH} = 9.2$ bo'lganda), eritmani 80°C gacha qizdirish yo'li bilan cho'ktirish kerak. Bu vaqtda CaCO_3 , CrCO_3 va BaCO_3 cho'kmaga tushib, I guruh kationlari kiritilgan ammoniy tuzlari bilan birga eritmada qoladi.

Guruh reagentining ta'sirini o'rganish uchun probirkaga BaCl_2 , SrCl_2 va CaCl_2 eritmalaridan 2–3 tomchidan olib, ularning har biriga NH_4OH va NH_4Cl ning 2 n eritmasidan 1 tomchidan qo'shiladi va probirkani suv hammomida qizdirib turib, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ eritmasi ta'sir ettiriladi. Bunda oq cho'kmalar BaCO_3 , CrCO_3 , CaCO_3 hosil bo'ladi, masalan:



II guruh kationlarining karbonatlari $\text{CO}_2\uparrow$ gazini hosil qilib, parchalanadigan kuchsiz karbonat kislotalarning tuzi bo'lgani sababli HCl , HNO_3 va CH_3COOH larda oson eriydi, masalan:



SrCO_3 va BaCO_3 cho'kmaga tushib, I guruh kationlari kiritilgan ammoniy tuzlari bilan birga eritmada qoladi. Ammoniy karbonat ta'sir ettirilganda erkin kislotalar neytrallanadi, natijada muhit ishqoriy bo'lib, Mg^{2+} kationi gidroksikarbonat hosil qiladi va u cho'kmaga tushishi mumkin:



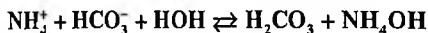
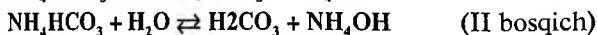
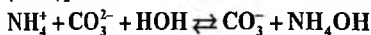
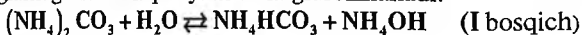
Eritmaga NH_4Cl tuzi eritmasidan qo'shilsa, muvozanat chapga suriladi va Mg^{2+} ionlari eritmada qoladi. Bundan tashqari, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ham NH_4Cl ta'sirida yaxshi eriydi, chunki NH_4Cl ning konsentratsiyasi ortadi.

Demak, bufer eritma qo'shilganda, NH_4OH sarflanishi va NH_4^+ ionining yig'ilishi pH ning qiymatini o'zgartira olmaydi.

4.5. II guruh kationlarining guruh reagentining guruh kationlariga ta'siri

II guruh kationlarini guruh reagenti $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ yordamida cho'ktirish, ularni I guruh kationlaridan batamom ajratish mumkin bo'ladigan sharoitda o'tkaziladi. Ma'lumki, kuchsiz kislotalarning II guruh kationlari karbonatlari kabi qiyin eriydigan tuzlarini to'la cho'ktirishning muhim shartlaridan biri eritmada buning uchun zaruriy pH ini yaratishdir.

Bu yerda pH ning qiymati eritmada $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ning ortiqcha miqdorda bo'lishiga bog'liq bo'ladi. Bu tuz quyidagi tenglamaga muvofiq deyarli to'la gidrolizlanadi:



Gidrolizlanish reaksiyasi tenglamasidan ko'rinib turibdiki, eritmada HCO_3^- ionlari ham bo'ladi,



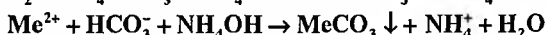
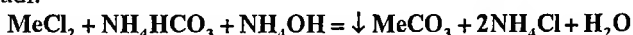
Shu sababli ammoniy karbonat eritmasi, aslini olganda, taxminan ekvivalent miqdoridagi NH_4OH bilan ammoniy tuzi NH_4HCO_3 aralashmasidan iborat, ya'ni u $\text{pH} \approx 9,2$ bo'lgan ammoniyli bufer aralashmadir. Qiymati shunday bo'lganda II

guruh kationlarining uchala karbonati ham amaliy jihatdan to'la cho'kadi. Karbonatlari suvda eriydigan K^+ , Na^+ va NH_4^+ kationlari esa eritmada qoladi.

Magniy gidroksidkarbonat $(MgOH)_2CO_3$ hamda magniy gidroksid $Mg(OH)_2$ garchi qiyin eriydigan bo'lsa ham, $pH = 9,2$ bo'lganda cho'kmaga tushmaydi. Yuqorida ko'rsatilganidek, $Mg(OH)_2$ $pH > 10,4$ bo'lganda cho'ka boshlaydi va $pH = 12,42$ bo'lganda batamom cho'kib bo'ladi. $(MgOH)_2CO_3$ ning cho'kish sharoiti ham taxminan shunday.

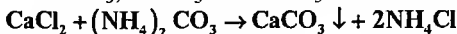
Shunday qilib, cho'ktirishni $pH \approx 9,2$ da olib borish bilan II va I guruh kationlari bir-biridan batamom ajratiladi. $pH < 9,2$ bo'lganda II guruh kationlari to'liq cho'kmaydi; $pH > 10,4$ bo'lganda esa, qiyin eriydigan magniy birikmalari ham qisman cho'kadi.

Ammoniy karbonat eritmasi ekvivalent miqdoridagi NH_4OH va NH_4HCO_3 (ya'ni HCO_3^-) ning aralashmasidan iborat bo'lgani uchun eritmaning bufer sig'imini e'tiborga olish zarurati tug'iladi. Demak, II guruh kationlarini ammoniy karbonat ta'sirida, cho'ktirish reaksiyasi ushbu tenglamaga muvofiq boradi:

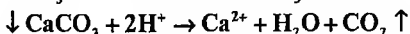
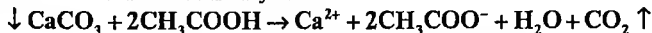


bu yerda: $Me^{+2} \rightarrow Ba^{+2}, Ca^{+2}$ va Sr^{+2} .

Guruh reagentining ta'sirini o'rganish uchun alohida probirkalarga $BaCl_2$, $SiCl_2$ va $CaCl_2$, eritmalaridan 2–3 tomchidan olib, ularning har biriga NH_4OH va NH_4Cl ning 2 n eritmasidan 1 tomchidan qo'shiladi va probirkani suv hammomida qizdirib turib, $(NH_4)_2CO_3$ eritmasi ta'sir ettiriladi. Bunda oq cho'kmalar — $BaCO_3$, $SrCO_3$ va $CaCO_3$ hosil bo'ladi, masalan:



II guruh kationlarining karbonatlari, CO_2 gazini hosil qilib, parchalanadigan kuchsiz karbonat kislotaning tuzi bo'lgani sababli kislotalarda oson eriydi:



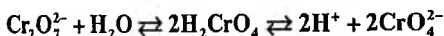
II guruh kationlarining reaksiyalari 8-jadvalda berilgan.

II guruh kationlarini aniqlash reaksiyalari

Reagentlar	Kationlar		
	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺
(NH ₄) ₂ CO ₃	oq cho'kma BaCO ₃	oq cho'kma CrCO ₃	oq cho'kma CaCO ₃
Na ₂ HPO ₄	oq cho'kma BaHPO ₄	oq cho'kma SrHPO ₄	oq cho'kma CaHPO ₄
H ₂ SO ₄ va eruvchan sulfatlar bilan	oq cho'kma BaCO ₄	oq cho'kma CrSO ₄	oq cho'kma CaCO ₄
CaSO ₄	oq cho'kma (shu zahoti tushadi) BaCO ₄	oq cho'kma darhol tushmaydi. CrSO ₄	—
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	oq cho'kma BaC ₂ O ₄	oq cho'kma SrC ₂ O ₄	oq cho'kma CaC ₂ O ₄
K ₂ CrO ₄	sariq cho'kma BaCrO ₄	sariq cho'kma SrCrO ₄	—
K ₂ Cr ₂ O ₇ + H ₂ O + + CH ₃ OONa	BaCrO ₄	—	—
K ₄ [Fe(CN) ₆] + + NH ₄ Cl	—	—	oq cho'kma Ca(NH ₄) ₂ [Fe(CH ₆)]
alanga rangining bo'yalishi	sarg'ish-ko'k	och qizil	qizil g'isht rangga kiradi

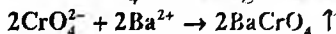
4.6. Ba²⁺ kationini reaksiyalari

1. Kaliy bixromat K₂Cr₂O₇ bilan o'tkaziladigan reaksiya. Ba²⁺ ionlari bor eritmaga, K₂Cr₂O₇, ta'sir ettirilganda, BaCr₂O₇ emas, balki sariq cho'kma BaCrO₄ hosil bo'ladi. Bunga sabab shuki, K₂Cr₂O₇ eritmasida Cr₂O₇²⁻ ionlaridan tashqari shu ionlarning suv bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'ladigan oz miqdordagi CrO₄²⁻ ionlari ham bo'ladi:

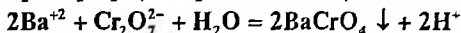
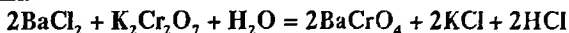


$$K_{\text{H}_2\text{CrO}_4} = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{H}_2\text{CrO}_4]} = 3,2 \cdot 10^{-7}$$

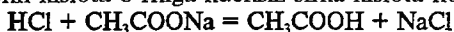
Ammono CrO_4^{2-} ionlarining konsentratsiyasini BaCrO_4 ning eruvchanlik ko'paytmasi, BaCr_2O_7 ning eruvchanlik ko'paytmasi dan oldinroq o'z qiymatiga yetishi uchun yetarli bo'ladi. Shuning uchun ham BaCrO_4 cho'kmaga tushadi:



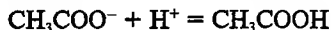
Reaksiyaning yakuniy tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:



BaCrO_4 cho'kmasi kuchli kislotalarda eriydi, ammo CH_3COOH da erimaydi. Reaksiyaning amalga oshish jarayonida kuchli kislota (HCl)da BaCrO_4 cho'kmasi eriydi, ya'ni cho'kish to'liq bo'lmaydi. Cho'ktirish CH_3COONa ishtirokida olib borilsa, kuchli kislota o'rniga kuchsiz sirka kislota hosil bo'ladi:



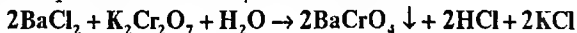
yoki



BaCrO_4 cho'kmasi CH_3COOH da erimaydi. CH_3COONa tuzi bilan CH_3COOH aralashmasi, $\text{pH} \sim 5$ bo'lgan bufer aralashma hosil qilib, natijada BaCrO_4 to'liq cho'kadi.

Sr^{2+} va Ca^{2+} ionlari $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bilan cho'kma hosil qilmaydi. Ba^{2+} ni topishda xalaqit bermaydi. Bu reaksiya faqat Ba^{2+} ni topish uchungina emas, balki uni Ca^{2+} va Cr^{2+} ionlaridan ajratishda ham qo'llaniladi.

Ba^{2+} ionini aniqlash uchun tekshirilayotgan eritmaning 2–3 tomchisiga 1–2 tomchi CH_3COONa eritmasidan va kaliy bixromat eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi, bunda Ba^{2+} bo'lganda sariq cho'kma BaCrO_4 hosil bo'ladi:

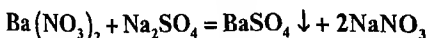


Cr^{2+} va Ca^{2+} ionlari $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bilan cho'kma hosil qilmaydi va Ba^{2+} ni topishga xalal bermaydi. Bu reaksiya faqat Ba^{2+} ni topish uchungina emas, balki uni Ca^{2+} va Cr^{2+} ionlaridan ajratishda ham qo'llaniladi.

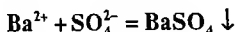
BaCrO_4 cho'kmasi bariy tuzlarining eritmalariga, kaliy xromat ta'sir ettirilganda ham hosil bo'ladi. Biroq K_2CrO_4 eritmadagi Cr^{2+} noni bilan ham sariq cho'kma SrCrO_4 hosil qiladi, bu cho'kma BaCrO_4 dan sirka kislotada eruvchanligi bilan farq

qiladi, xolos. Shunga ko'ra, SrCrO_4 hosil bo'lib qolmasligi uchun reaksiyani CH_3COOH yoki yaxshisi, asetatli bufer aralashma ishtirokida olib borish kerak. Sirka kislotaning H^+ ionlari CrO_4^{2-} anionlarini HCrO_4^- ga aylantirish bilan uning eritmadagi konsentratsiyasini shu qadar kamaytirib yuboradiki, ion ko'paytmasining $[\text{Sr}^{+2}] \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]$ qiymati SrCrO_4 ning eruvchanlik ko'paytmasi qiymatiga yeta olmaydi va cho'kma tushmaydi. Aksincha, oz eriydigan bariy xromatning eruvchanlik ko'paytmasi CH_3COOH ishtirokida o'z qiymatidan oshib ketadi. Shuning uchun ham eritmada CH_3COOH ning bo'lishi bariy xromatning cho'kishiga xalal bera olmaydi.

2. Eruvchan sulfatlar yoki sulfat kislota bilan o'tkaziladigan reaksiyadan ham Ba^{2+} ionlarini aniqlashda foydalaniladi. Ba^{2+} ionlari SO_4^{2-} anionlari ishtirokida oq cho'kma BaSO_4 hosil qiladi.

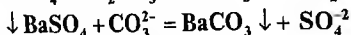
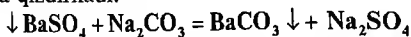


yoki

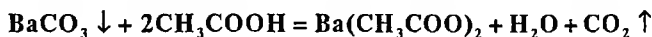


Reaksiyani o'tkazish uchun tekshirilayotgan eritmaning 2—3 tomchisiga 2—3 tomchi sulfat kislota (yoki eruvchan sulfatlar K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tuzlari eritmasi) qo'shiladi. Ba^{2+} kationi bor bo'lsa, reaksiya natijasida oq cho'kma — $\text{BaSO}_4 \downarrow$ hosil bo'ladi.

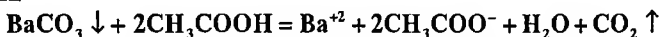
BaSO_4 cho'kmasi kislotalarda (HCl , H_2SO_4 , HNO_3) erimaydi. Analiz qilinayotgan eritmada BaSO_4 ning cho'kma holida bo'lishi analizni qiyinlashtiradi. Bunday hollarda, avvalo, cho'kma ajratib olinadi, keyin suvda eruvchan holatga o'tkaziladi. Ba^{2+} kationini suvda eruvchan holatga o'tkazish uchun cho'kma ustiga Na_2CO_3 tuzining to'yingan eritmasidan quyiladi va aralashma qizdiriladi:



Bu qaytar jarayon bo'lganligi uchun cho'kma ustidagi eritmani bir necha marta yangilash kerak (ya'ni Na_2SO_4 reaksiya muhitidan yo'qotilsa muvozanat o'ngga siljiydi). Hosil qilingan BaCO_3 cho'kmasini, CH_3COOH da eritish mumkin.



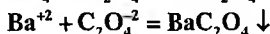
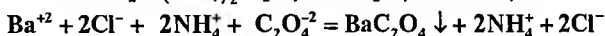
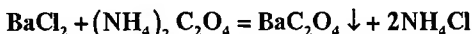
yoki



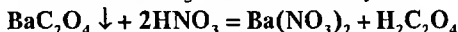
Bariy sulfatni BaCO_3 ga aylantirishni quruq usulda ham amalga oshirish mumkin. Buning uchun BaSO_4 cho'kmasi 5–6 hissa ko'p miqdordagi Na_2CO_3 va K_2CO_3 tuzlari aralashmasi bilan tigelda suyuqlantiriladi, so'ngra aralashma sovutiladi va suvda yuviladi.

Hosil bo'lgan Na_2SO_4 va K_2SO_4 ortiqcha miqdordagi, Na_2CO_3 va K_2CO_3 bilan birgalikda suvda erib ketadi, BaSO_3 esa cho'kmada qoladi. Cho'kma eritmadan ajratiladi, suv bilan yuviladi va CH_3COOH da eritiladi.

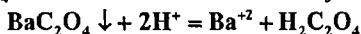
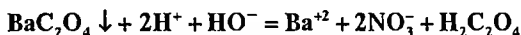
3. Ammoniy oksolat bilan o'tkaziladigan reaksiya. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ tuzi, Ba^{+2} ionlari bilan oq cho'kma BaC_2O_4 hosil qiladi:



Cho'kma HCl va HNO_3 kislotalarda eriydi:

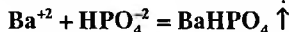


yoki

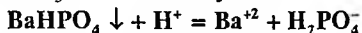


Reaksiyani o'tkazish uchun tekshirilayotgan eritmaning 2–3 tomchisiga 2–3 tomchi ammoniy oksolat qo'shiladi. Ba^{+2} ish-tirokida, $\text{BaC}_2\text{O}_4 \downarrow$ oq cho'kmasi – bariy oksolat tushadi.

4. Natriy gidrofosfat bilan bo'ladigan reaksiya. Na_2HPO_4 , Ba^{+2} ioni bilan oq kristall cho'kma BaHPO_4 hosil qiladi:

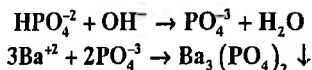


Bariy gidrofosfat BaHPO_4 cho'kmasi mineral kislotalarda, HCl , HNO_3 , va CH_3COOH da eriydi:



Natriy gidrofosfat tuzi, Na_2HPO_4 Ca^{+2} va Sr^{+2} ionlari bilan ham oq cho'kma – SrHPO_4 va CaHPO_4 hosil qiladi. Ular ham kislotalarda eriydi.

Agar reaksiya ishqor yoki ammiak ishtirokida olib borilsa, HPO_4^{2-} ionlari PO_4^{3-} ga aylanadi va o'rta tuz cho'kmaga tusadi:

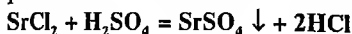


Cho'kmaga kislotalarning ta'siri, BaHPO_4 ga ta'siri kabidir.

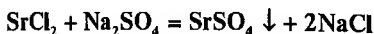
5. Alanganing bo'yalishi. Bariyning xlorid va nitrat tuzlari BaCl_2 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ gorelkaning rangsiz alangasini sarg'ish-yashil tusga kiritadi.

4.7. Sr^{2+} kationlarining reaksiyalari

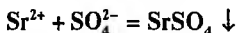
1. Sulfat kislota va eriydigan sulfatlar Sr^{+2} kationi bilan oq cho'kma hosil qiladi:



yoki



ionli ko'rinishda:



Lekin SrSO_4 ni SrCO_3 ga aylantirish BaSO_4 ni BaCO_3 ga aylantirishga nisbatan osonroq bo'ladi, chunki BaSO_4 ga qaraganda SrSO_4 ning eruvchanligi biroz ko'proq.

Sr^{2+} ni aniqlash reaksiyasini amalga oshirish uchun tekshirilayotgan eritmaning 2—3 tomchisiga 2—5 tomchi sulfat kislota yoki eruvchan sulfat tuzlari eritmasi qo'shiladi. Sr^{2+} bor bo'lsa, eritma loyqalanadi.

2. Gipsli suv bilan o'tkaziladigan reaksiya. Gipsli suv, ya'ni gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ning suvdagi to'yingan eritmasi, Sr^{2+} ionlari bilan SrSO_4 cho'kmasini hosil qiladi. Buning sababi shuki, gips suvda qiyin eriydigan modda bo'lsa ham uning eruvchanlik ko'paytmasi EK_{CaSO_4} , stronsiy sulfatning eruvchanlik ko'paytmasi EK_{CaSrO_4} dan ancha katta

$$EK_{\text{CaSO}_4} = 2,37 \cdot 10^{-5} > EK_{\text{CaSrO}_4} = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l.}$$

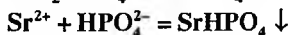
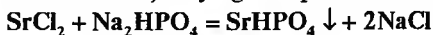
Shuning uchun CaSO_4 ning to'yingan eritmasidagi ionlarining konsentratsiyasi SrSO_4 ning eruvchanlik ko'paytmasi o'z

qiymatidan ortib ketishi uchun yetarli bo'ladi. Ammo eritmada SO_4^{2-} konsentratsiyasi har qalay juda kam bo'lgani uchun reaksiya natijasida SrSO_4 ning cho'kmasi emas, balki loyqa hosil bo'ladi. Eritmani isitish loyqa hosil bo'lishini tezlashtiradi.

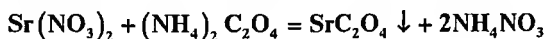
Bariy tuzlari ham $EK_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10} > EK_{\text{BaSO}_4} = 3,2 \cdot 10^{-7}$ bo'lgani sababli gipsli suv ta'sirida BaSO_4 loyqa hosil qiladi: bunda shu zahoti loyqa hosil bo'ladi. Demak, CaSO_4 yordamida Sr^{2+} ionini faqat Ba^{2+} ionini ajratilgandan keyingina topish mumkin.

Reaksiyani bajarish uchun tekshirilayotgan eritmaning 2–3 tomchisiga 5–6 tomchi gipsli suv tomiziladi. Eritmaning asta-sekin loyqalanishi unda Sr^{2+} kationi borligini bildiradi.

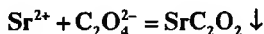
3. Natriy gidrofosfat Sr^{2+} ionini bilan Na_2HPO_4 – kislotalarda (sirk kislotada ham) eriydigan oq cho'kma hosil qiladi:



4. Ammoniy oksolat bilan o'tkaziladigan reaksiya. Sr^{2+} ioniga $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ta'sir ettirilganda oq cho'kma – SrC_2O_4 hosil bo'ladi:



yoki



Cho'kma mineral kislotalarda qizdirilganda esa, konsentrlangan CH_3COOH da ham eriydi.

5. Mikrokristalloskopik usulda o'tkaziladigan reaksiya. Stronsiy kationining biror tuzi eritmasidan soat oynasiga 1 tomchi olinadi, ustiga 2 %li $\text{Cu}(\text{NO}_2)_2$ eritmasidan 1 tomchi tomiziladi va aralashma quriguncha bug'latiladi. Quruq modda sovutilib, 2 tomchi 0,5 M CH_3COOH da eritiladi. Tiniq eritmaga KNO_2 ning kristallaridan bir necha dona tashlanadi, biroz vaqt o'tgandan so'ng, mikroskop yordamida tomchining chetlarida kub, to'rtburchak shaklidagi ko'kimtir-yashil rangli mayda kristallar hosil bo'lganligini ko'rish mumkin (22-rasm). Ular uchlamchi nitrit $\text{K}_2\text{SrCu}(\text{NO}_2)_6$ kristallaridir.

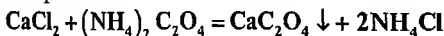


22-rasm. $K_2SrCu(NO_2)_6$

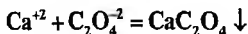
6. Alangani bo'yash reaksiyasi. Stronsiyning uchuvchan tuzlari gaz gorelkasi rangsiz alangasini och qizil tusga kiritadi.

4.8. Ca^{+2} kationini reaksiyalari

1. Ammoniy oksolat bilan o'tkaziladigan reaksiya. $(NH_4)_2C_2O_4$ bilan Ca^{+2} ioni mineral kislotalarda eriydigan, lekin sirka kislotada erimaydigan oq cho'kma — kalsiy oksolat CaC_2O_4 hosil qiladi:

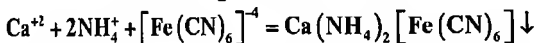
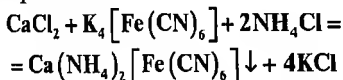


yoki



Ca^{+2} ionining ana shu muhim sifat reaksiyasiga eritmada, $(NH_4)_2C_2O_4$ bilan xuddi shunday cho'kma hosil qiluvchi Ba^{+2} va Sr^{2+} ionlarining bo'lishi xalaqit beradi.

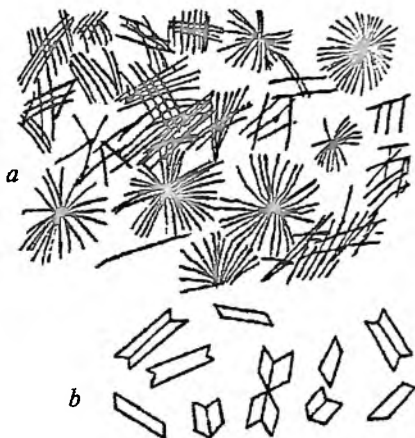
2. Kaliy geksasianoferrat (II) bilan o'tkaziladigan reaksiya. $K_4[Fe(CN)_6]$ kompleks tuz ammoniyli bufer eritma ishtirokida, Ca^{+2} kationi bilan oq kristall cho'kma — kalsiy ammoniy geksasianoferrat hosil qiladi:



3. Ba^{+2} ioni ham ma'lum konsentratsiyada, $K_4[Fe(CN)_6]$ ta'sirida cho'kma hosil qilishi mumkin. Shu sababli eritmada Ba^{+2} ioni bo'lsa, bu reaksiyadan Ca^{+2} ni aniqlashda foydalanib bo'lmaydi.

4. Mikrokristalloskopik reaksiya. Shisha plastinkaga tekshirilyotgan eritmadan 1 tomchi tomiziladi va unga H_2SO_4 ning

2 n eritmasidan ta'sir ettiriladi, so'ngra aralashma sekin bug'latiladi. Bunda gips kristallari $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ hosil bo'lganligini, mikroskop ostida kuzatish mumkin (23-rasm).



23-rasm. *a* — suyultirilgan eritmalardan hosil bo'ladigan $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ kristallari; *b* — konsentrlangan eritmalardan hosil bo'ladigan $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ kristallari.

Ushbu reaksiyani eritmada Ba^{+2} yoki Cr^{+2} ionlari bo'lganda ham bajarish mumkin, chunki BaSO_4 yoki SrSO_4 tuzlari kristallarining shakli CaSO_4 nikidan farq qiladi.

Alangani bo'yashi. Kalsiyning uchuvchan tuzlari rangsiz alangani och qizil rangga kiritadi.

II guruh kationlari Ba^{+2} , Ca^{+2} , Sr^{+2} aralashmasining analizi

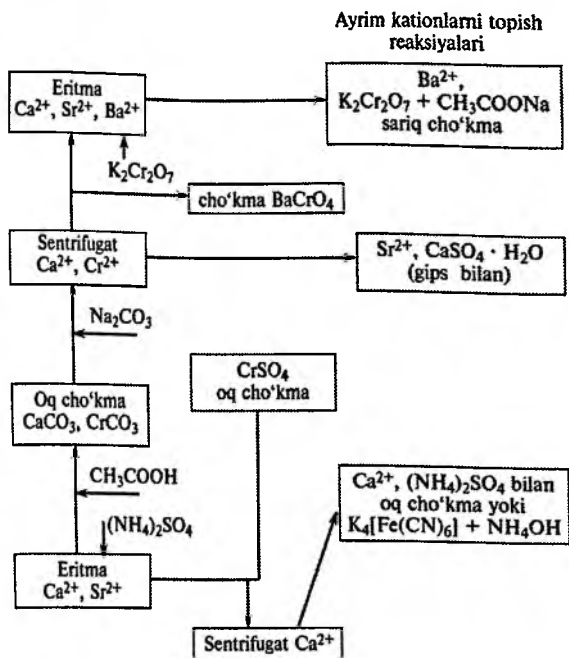
II guruh kationlarini aniqlash reaksiyalari umumlashtirilgan holda 8-jadvalda berilgan. 8-jadvaldan ko'rinib turibdiki, kalsiy va stronsiy ionlarini topishga bariy ionlari xalaqit beradi. Shuning uchun kalsiy ionlarini topishdan oldin bariy ionlarini eritmadan yo'qotish kerak. II guruh kationlarining aralashmasi quyidagi tartibda analiz qilinadi.

Tekshiriladigan eritmadan alohida probirkalarga oz-ozdan olib, ayrim kationlarning bor-yo'qligi tekshirilib ko'riladi. Bun-

da, avvalo, eritmaning pH qiymati aniqlanadi, so'ngra kationlarni topishga o'tiladi (9-jadval).

9-jadval

II analitik guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibi



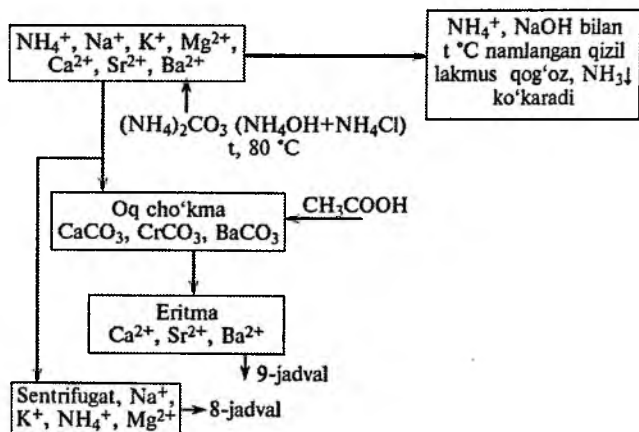
1. Ba^{2+} kationini topish va ajratish. Analiz qilinayotgan eritmaning ustiga $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ bufer aralashmadan qo'shib, pH qiymati 4–5 ga yetkaziladi va $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ eritmasidan ta'sir ettirib, BaCrO_4 – sariq cho'kma hosil qilinadi; sariq cho'kma eritmada Ba^{2+} ion borligini ko'rsatadi. To'q sariq rang eritmada Ba^{2+} ion ko'shilganini ko'rsatadi. Aralashma 1–2 daqiqa davomida qizdiriladi, so'ngra BaCrO_4 cho'kmasi sentrifugalab ajratiladi. Cho'kmada BaCrO_4 , eritmasida esa Sr^{2+} va Ca^{2+} ionlari qoladi.

2. Sr^{2+} va Ca^{2+} ionlarini cho'ktirish. Avvalo Ba^{2+} ionini

cho'ktirish uchun qo'shilgan $K_2Cr_2O_7$ ning ortiqchasini eritmadan yo'qotish kerak, chunki u o'zining to'q sariq rangi bilan Sr^{+2} ni aniqlashga xalaqit beradi. Buning uchun, eritmada ishqoriy muhit hosil bo'lguncha ($pH > 10$) quruq Na_2CO_3 dan qo'shiladi va probirkadagi aralashma 2–3 daqiqa davomida suv hammomida qizdiriladi. So'ngra cho'kmaga tushgan $CaSO_3$ va $SrCO_3$ larni sentrifugalab, eritmadan ajratiladi, yuviladi va quyidagi tartibda tekshiriladi. Tarkibida xromatlar va ortiqcha Na_2CO_3 tuzi bo'lgan sentrifugat tekshirilmaydi.

10-jadval

I va II analitik guruh kationlar aralashmasini analiz qilish tartibi



Sr^{+2} ionini topish va ajratish. $SrCO_3$ va $CaCO_3$ lardan iborat cho'kma CH_3COOH ning 4–5 tomchi 2 n eritmasida eritiladi. Hosil bo'lgan eritmadan 1–2 tomchi olib, unga 2–3 tomchi gipsli suv qo'shiladi va aralashma qizdiriladi. Birozdan keyin $SrSO_4$ ning oq loyqasi hosil bo'lishi, eritmada Sr^{+2} ionining mavjudligini ko'rsatadi.

Sr^{+2} ionini Ca^{+2} kationidan ajratish uchun sentrifugatning hammasiga 8–10 tomchi $(NH_4)_2CO_4$ eritmasidan va 4–5 tomchi NH_4OH eritmasidan qo'shiladi va aralashtiriladi, so'ngra u

tomchilatib $K_2Cr_2O_7$ qo'shiladi. To'q sariq rang eritmada $Cr_2O_7^{2-}$ ionining ortiqchaligini va binobarin, Ba^{2+} ionining to'la cho'kkanligini ko'rsatadi.

1–2 daqiqa qizdirilgandan keyin $BaCrO_4$ cho'kmasi sentrifugalab ajratib tashlanadi.

Eritmada Sr^{2+} bor-yo'qligiga qarab, sentrifugat turlicha tekshiriladi.

Agar Sr^{2+} bo'lishi mumkin bo'lsa, sentrifugat 8–10 punktlarda ko'rsatilgan tartibda tekshiriladi. Agar uning yo'qligi aniqlansa (Sr^{2+} ning bor-yo'qligi tekshiriladi), analiz 4.7-bandda ko'rsatilgan tartibda o'tkaziladi.

b) Sr^{2+} va Ca^{2+} ni cho'ktirish. Avvalo Ba^{2+} ni cho'ktirishda qo'shilgan kaliy bixromatning ortiqchasini yo'qotish kerak, chunki u o'zining to'q sariq rangi bilan Cr^{2+} ni topishga xalaqit beradi. Buning uchun eritma ishqoriy muhit ($pH > 10$) ga o'tguncha quruq Na_2CO_3 dan qo'shiladi va probirkadagi aralashmani 2–3 daqiqa davomida suv hammomida qizdiriladi. So'ng-ra cho'kmaga tushgan $SrCO_3$ bilan $CaCO_3$ ni sentrifugalab, ajratiladi, yuviladi va quyida ko'rsatilganidek tekshiriladi.

Tarkibida xromatlar va ortiqcha Na_2CO_3 bo'lgan sentrifugat tekshirilmaydi.

d) Sr^{2+} ni topish va ajratish. $SrCO_3$ va $CaCO_3$ lar cho'kmasi CH_3COOH ning 4–6 tomchi 2 n eritmasida eritiladi va agar eritma tiniq bo'lmasa, cho'kma (loyqa) sentrifugalab, ajratib tashlanadi.

1–2 tomchi sentrifugatga $CaCO_4$ ning to'yingan eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi va suv hammomida qizdiriladi. Biroz vaqt o'tgach, $CrCO_4$ ning oq loyqasi hosil bo'lishi Cr^{2+} borligini ko'rsatadi.

Loyqa hosil bo'lmasa, yana 10 daqiqa qizdiriladi va shundan keyingina Sr^{2+} ning yo'qligi haqida xulosa chiqariladi. Agar $CaSO_4$ ning ta'sirida darhol loyqa hosil bo'lsa, bu Ba^{2+} ning to'la ajratilmaganligini ko'rsatadi. Bu holda Sr^{2+} ning bor-yo'qligi aniqlanmay qoladi.

Eritmada Sr^{2+} bor bo'lsa, unda bu eritmaga $(NH_4)_2SO_4$ eritmasidan mo'lroq (8–10 tomchi) va NH_4OH eritmasidan bir necha tomchi qo'shib, cho'ktiriladi va 10–15 daqiqa qizdiriladi.

Bunda Sr^{2+} ionlari SrSO_4 holda cho'kadi, Ca^{2+} ionining ko'p qismi esa, CaCO_3 ning eruvchanlik ko'paytmasi ancha katta bo'lgani bois eritmada qoladi. Bunga CaCO_3 ning $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ta'sirida kompleks birikma hosil qilishi ham yordam beradi.

Cho'kmani sentrifugalash yo'li bilan ajratib, yuvilgandan keyin Cr^{2+} ionlari bor-yo'qligini aniqlash reaksiyalarini qilib ko'rish mumkin.

e) Ca^{2+} ni topish. SrSO_4 ajratib olingandan keyin sentrifugatga $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ eritmasidan 4–5 tomchi qo'shib qizdiriladi. Oq cho'kma CaC_2O_4 ning hosil bo'lishi Ca^{2+} ionlari borligini ko'rsatadi.

Buni tekshirib ko'rish uchun cho'kma sentrifugatda ajratiladi va mumkin qadar oz miqdordagi 2 n HCl eritmasida eritiladi. Bu eritmadan bir tomchi olib, Ca^{2+} ni topish uchun H_2SO_4 bilan mikrokristalloskopik reaksiya qilib ko'riladi. Bu reaksiyadan foydalanib, Ba^{2+} va Cr^{2+} ishtirokida Ca^{2+} ni topish mumkin, chunki gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning kristallari yirik va shakli o'ziga xos bo'lib, BaSO_4 va SrSO_4 lar juda mayda kristallar hosil qiladi. Ca^{2+} ning $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ bilan bo'ladigan reaksiyasidan foydalanilganda, stronsiyni ajratmaslik ham mumkin, chunki bu reaksiyaga Sr^{2+} xalal bermaydi. Lekin $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ta'sirida hosil bo'lgan cho'kmaning CH_3COOH da erishini tekshirish shart, aks holda Ca^{2+} borligi haqida noto'g'ri xulosa chiqarib qo'yish mumkin. Ba^{2+} ionlari ham yetarli konsentratsiyada $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{SN})_6]$ bilan, cho'kma hosil qilishi mumkin. Ba^{2+} ishtirokida bu reaksiyani Ca^{2+} ni topish uchun qo'llash tavsiya qilinmaydi (4.8-bandga qarang).

4.10. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. Nima uchun $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ — ammoniy karbonat II guruh kationlarining umumiy reaktivi hisoblanadi.

2. Qanday pH da II guruh kationlari to'la cho'kmaga tushadi?

3. BaCO_3 va CaCO_3 cho'kmalarini qanday qilib eritish mumkin?

4. II guruh kationlari cho'kmasini to'la cho'ktirish uchun qanday shartlarni bajarish kerak? Misol bilan tushuntiring.

5. Nima uchun Ba^{2+} ionlari $K_2Cr_2O_7$ ta'sirida cho'ktirilganda $BaCrO_7$ emas, $BaCrO_4$ cho'kmaga tushadi; eruvchanlik ko'paytmasi yordamida tushuntiring.

6. $MgNH_4PO_4$ ning eruvchanligi $8,6 \cdot 10^{-3} g \cdot ion/l$ ga teng, uning eruvchanlik ko'paytmasini toping.

7. $CaCO_3$ ning eruvchanligi $0,0069 g/l$ ga teng. *EK* ni hisoblang.

8. Teng konsentratsiyada Ba^{+2} va Ca^{+2} ionlari bo'lgan eritmaga $(NH_4)_2CO_3$ va $(NH_4)_2SO_4$ ning bir xil normal va teng hajmdagi eritmalarini aralashmasini ta'sir ettiramiz. Reaksiya natijasida qanday birikmalar cho'kmaga tushadi?

9. II guruh kationlarining o'ziga xos reaksiyalarini va ularning qo'llanilish shartlarini aytib bering.

10. $CaSO_4$ ni ortiqcha miqdorda qo'shilgan $(NH_4)_2SO_4$ ning konsentrlangan eritmasida erishini tushuntirib bering?

I va II guruh kationlarni ajratish uchun namunalari misollar yechimi bilan

1-variant

I. I analitik guruhda qaysi kation K^+ ni ochishda xalaqit beradi?

- 1) Na^+ ; 2) NH_4^+ ; 3) Mg^{2+} ;
4) Na^+ , Mg^{2+} ; 5) yuqoridagilarni hech biri.

II. Qaysi reagent ta'sirida $Mg(OH)_2$ eruvchanligi pasayadi?

- 1) NH_3 eritmasida; 2) ammoniy tuzlari eritmasida;
3) suvda; 4) sirka kislota eritmasida;
5) H_2SO_4 eritmasida.

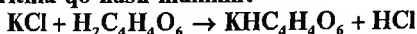
III. II analitik guruhi aralashmasi $K_2Cr_2O_7 + CH_3COONa$ eritmasi bilan salbiy analitik effekt, $K_4[Fe(CN_6)] + NH_4Cl + NH_4OH$ eritmasi bilan ijobiy analitik effekt berdi. Eritmaning tarkibida qanaqa ion bor?

- 1) Ca^{2+} ; 2) Ba^{2+} ; 3) Sr^{2+} ;
4) Ba^{2+} , Sr^{2+} ; 5) Ba^{2+} , Ca^{2+} .

IV. Qaysi cho'ktiruvchi anion bariy ionini to'liq cho'k-tiradi?

- 1) $\text{SO}_3^{2-} - \text{EKBaSO}_3 = 1,3 \cdot 10^{-6}$;
- 2) $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} - \text{EKBaC}_2\text{O}_4 = 1,6 \cdot 10^{-7}$;
- 3) $\text{CO}_3^{2-} - \text{EKBaCO}_3 = 8,0 \cdot 10^{-9}$;
- 4) $\text{SO}_4^{2-} - \text{EKBaSO}_4 = 1,1 \cdot 10^{-1}$;
- 5) $\text{CrO}_4 - \text{EKBaCrO}_4 = 2,4 \cdot 10^{-10}$

V. Reaksiyani kuchsiz kislotali muhitda ushlab turish uchun qaysi bufer eritma qo'llash mumkin?



1) NH_4Cl	2) HCOOH	3) Na_2HPO_4
NH_4OH	NaCOOH	NaH_2PO_4
4) $\text{C}_6\text{P}_5\text{COOPH}$	5) CH_3COOH	
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COONH}_4$	CH_3COONa	

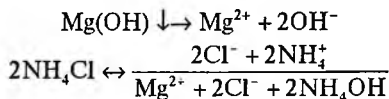
1-variant uchun javoblar va tushuntirish

I. 1), 3), 4), 5) – noto'g'ri. Ko'rsatilgan ionlar K^+ ionini ochish uchun xalaqit bermaydi.

2) – to'g'ri. NH_4^+ – ionni K^+ ionni ochish uchun xalaqit be-radi, K^+ , NH_4^+ – ionlari radiusi kattaligi juda yaqin.

II. 1) – noto'g'ri. Ammiakning suvli eritmasida $\text{Mg}(\text{OH})_2$ kam eriydi.

2) – noto'g'ri. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ cho'kmasi ammoniy tuzlari ishti-rokida eriydi.

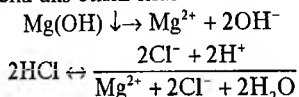


Magniy gidroksidni ammoniy tuzlarida erishi NH_4^+ ionni OH^- anionlarini bog'lash mavjud cho'kma bilan muvozanatda bo'ladi va kam dissotsiyanuvchi NH_4OH molekulasini hosil bo'ladi.

OH^- ionlarining ajralishi sistemada muvozanatni o'zgarti-radi va qattiq fazani erishiga olib keladi. Demak,

3) – to'g'ri. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ suvda kam eruvchan.

4), 5) – noto'g'ri. Magniy gidroksidning kislotada erish mexanizmi quyidagicha aks etishi mumkin:



III. 1) – to'g'ri. Eritmaning tarkibi Ca^{2+} kationidan tashkil topgan. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ asetatli bufer aralashma ishtirokida faqat Ba^{2+} ionini cho'ktiradi. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CH})_6]$ ammoniyli bufer aralashma ishtirokida aralashmadan faqat Ca^{2+} ionini cho'ktiradi.

2), 3), 4), 5) – noto'g'ri.

IV. 1), 2), 3), 5) – noto'g'ri. Javob to'liq emas.

4) – to'g'ri.

V. 1) – noto'g'ri. Ammiakli bufer aralashma reaksiyani kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 9,3$ muhitda ushlab turadi.

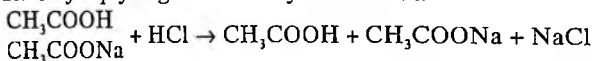
2) – noto'g'ri. Fosfatli bufer aralashma reaksiyani kuchli kislotali $\text{pH} = 3,2$ muhitda ushlab turadi.

3) – noto'g'ri. Fosfatli bufer aralashma reaksiyani neytral $\text{pH} = 6,8$ muhitda ushlab turadi.

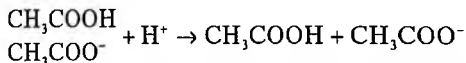
4) – noto'g'ri. Javob to'liq emas. 5 ga qarang.

5) – to'g'ri. Asetatli bufer aralashma reaksiyani kuchsiz $\text{pH} = 4,7$ muhitda ushlab turadi.

Reaksiya quyidagi sxema bo'yicha boradi.



yoki ion holatda



Bu holatda CH_3COO^- anioni kislotaning H^+ ioni bilan birikib, kam dissotsiyanuvchi CH_3COOH sirka kislot molekulasini hosil qiladi. Bunday holatda kuchli kislot kuchsiz sirka kislotaga almashib H^+ ionlarining konsentratsiyasi juda kam o'zgaradi.

2-variant

I. Quyidagi reaktivlardan, qaysi ammoniy ioni uchun (spetsifik), xususiy hisoblanadi?

- 1) $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$; 2) NaOH ; 3) $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$;
4) $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$; 5) $\text{K}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$.

II. To'yingan Na_2CO_3 eritmasi qizdirilganda va xuddi shu konsentratsiyada karbonat ioni qaysi sulfat bilan to'liq almashtiradi?

- 1) $\text{CaSO}_4 - EK = 6,1 \cdot 10^{-5}$;
2) $\text{PbSO}_4 - EK = 1,1 \cdot 10^{-6}$;
3) $\text{HgSO}_4 - EK = 2,8 \cdot 10^{-7}$;
4) $\text{BaSO}_4 - EK = 2,2 \cdot 10^{-8}$;
5) $\text{SrSO}_4 - EK = 1,1 \cdot 10^{-10}$.

III. $\text{K}_2\text{Na}(\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ natriy geksanitrokobalt va kaliyning ikkilamchi tuzi qanday muhitda cho'kmaga tushadi?

- 1) Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 14-11$;
2) Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 10-8$;
3) Neytral $\text{pH} = 7$;
4) Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 3-0$;
5) Neytral yoki kuchsiz kislotali $\text{pH} = 7-4$.

IV. Bariy ioni bilan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{CH}_3\text{COONa}$ aralashmasi reaksiyasida qanday analitik effekt ko'rish mumkin?

- 1) Oq kristall cho'kma tushadi;
2) Sariq amorf cho'kma tushadi;
3) Sariq kristall cho'kma tushadi;
4) Oq amorf cho'kma tushadi;
5) Qizil-qo'ng'ir amorf cho'kma tushadi.

V. Quyidagi qaysi tuz eritmasi gidroliz natijasida kislotali reaksiya beradi?

- 1) CH_3COONa ; 2) NH_4Cl ; 3) NaNO_3 ;
4) Na_2CO_3 ; 5) K_2SO_4 .

2-variant uchun javoblar va tushuntirish

I. 1), 3), 5) – noto'g'ri. Keltirilgan reaktivlardan NH_4^+ ionlari va boshqa kationlar o'xshash cho'kma beradi.

4) – noto'g'ri. Reaksiya natijasida erkin H^+ ionlari hosil bo'ladi va bu kuchli kislotali sharoitda cho'kma tushmaydi.

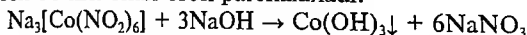
2) – to'g'ri. Boshqa ionlar ishtirokida aynan o'sha ionni olish mumkin reaksiya, xususiy reaksiya deyiladi. NH_4^+ ionlari uchun shunday reaksiya o'yuvchi ishqorlar ta'sirida qizdirish bilan olib boriladi va bu sharoitda $\text{NH}_3\uparrow$ gazi faqat ammoniy tuzlaridan ajralishi mumkin.



II. 1 – to'g'ri.

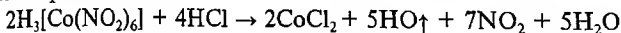
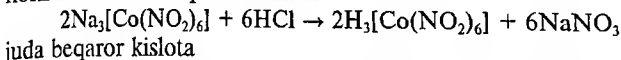
2), 3), 4), 5) – noto'g'ri.

III. 1), 2) – noto'g'ri. Kuchsiz va kuchli ishqoriy muhitda reaktiv kobalt gidroksidning qora-qo'ng'ir rangli amorf cho'kmasi hosil bo'lish bilan oson parchalanadi:



3) – noto'g'ri. Javob to'liq emas.

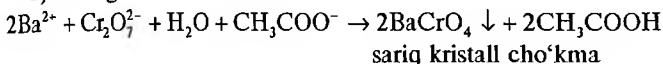
4) – noto'g'ri. Kuchli kislotali muhitda ham azot oksidi hosil bo'lishi bilan parchalanadi:



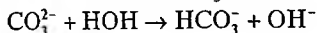
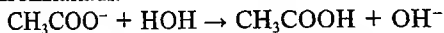
5) – to'g'ri. Neytral va kuchsiz ishqoriy sharoitda nafaqat reaktiv, balki hosil bo'lgan natriy geksanitrokobaltit va kaliyning ikkilamchi tuzi ham parchalanmaydi.

IV. 1), 2), 3), 4) – noto'g'ri.

5) – to'g'ri.

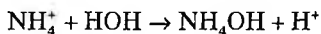


V. 1), 4) – noto'g'ri. Bu tuzlarning suvli eritmasi anionlar bo'yicha gidrolizlanadi.



Gidroliz natijasida erkin OH^- ionlari hosil bo'ladi va reaksiya ishqoriy muhitda bo'ladi.

2) – to'g'ri. NH_4Cl ning eritmasi kation bo'yicha gidrolizlanadi.



Gidroliz natijasida erkin H^+ ionlari hosil bo'ladi va reaksiya kislotali muhitda bo'ladi.

3), 5) – noto'g'ri. Bu tuzlarning eritmalari gidrolizga uchramaydi, chunki kam dissotsiylanuvchi birikmalar hosil bo'lmaydi.

Tayyorlash uchun test savollar

I va II analitik guruh kationlarini ochish

1. I analitik guruh kationlari aralashmasiga, NaOH qo'shib, sekin qizdirildi. Ajralib chiqqan bug' namlangan qizil lakmus qog'ozini ko'kartirdi. Bu qaysi kation bo'lishi mumkin?

- 1) NH_4^+ , Na^+ ; 2) Mg^{2+} , Na^+ ; 3) K^+ , Na^+ ;
4) Mg^{2+} , K^+ ; 5) K^+ , Na^+ , Mg^{2+}

2. Quyidagi reaktivlardan qaysi biri bilan ammoniy ionini aniqlash mumkin?

- 1) $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$; 2) $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]$;
3) $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$; 4) NaOH ;
5) $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$.

3. NH_4^+ va $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$ aralashmasi reaksiyada qanday analitik effekt beradi?

- 1) Oq kristall cho'kma tushadi;
2) Oq amorf cho'kma tushadi;
3) Sariq amorf cho'kma tushadi;
4) Qizil kristall cho'kma tushadi;
5) Qizil-qo'ng'ir cho'kma tushadi.

4. Quyidagi reaktivlardan qaysi kaliy ionini ochish uchun qo'llaniladi?

- 1) Na_2HPO_4 ; 2) Na_2CO_3 ; 3) NaOH ;
4) $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]$; 5) $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$.

5. Kaliy gidratartrat qanday sharoitda cho'kmaga tushadi?

- 1) Kuchli kislotada $\text{pH} = 0-3$;
- 2) Kuchsiz kislotada $\text{pH} = 4-6$;
- 3) Neytral sharoitda $\text{pH} = 7$;
- 4) Kuchsiz ishqorda $\text{pH} = 8-10$;
- 5) Kuchli ishqorda $\text{pH} = 11-14$.

6. I guruh katiolari aralashmasi eritmasiga $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]$ qo'shilganda sariq kristall cho'kma tushdi. Qaysi kationlar aralashmasi cho'kma berdi?

- 1) Na^+ , K^+ ;
- 2) Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ ;
- 3) Na^+ , Mg^{2+} ;
- 4) NH_4^+ , Mg^{2+} ;
- 5) NH_4^+ , K^+ .

7. Nessler reaktivi bilan manfiy reaksiya ko'rsatgan I analitik guruh kationlarni aralashmasiga, $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ eritmasi qo'shildi. Kran tagida sovutilib, shisha tayoqchada ishqalangan-da oq kristall cho'kma tushdi. Qaysi kation ochildi?

- 1) K^+ , NH_4^+ ;
- 2) NH_4^+ , Mg^{2+} ;
- 3) NH_4^+ , Na^+ ;
- 4) Mg^{2+} , Na^+ ;
- 5) K^+ .

8. I analitik guruh kationlarni aralashmasi Nessler reaktivi bilan ijobiy reaksiya ko'rsatdi. Shuningdek, kaliy ionini ochishdan oldin:

- 1) Na^+ ionini bog'lash kerak;
- 2) Mg^{2+} ionini bog'lash kerak;
- 3) NH_4^+ ionini bog'lash kerak;
- 4) Na^+ ionini yo'qotiladi;
- 5) Mg^{2+} ionini yo'qotiladi.

9. Sistematik analiz yo'li bilan Mg^{2+} ionini ochish uchun quyidagi qaysi reagentlar qo'llaniladi?

- 1) NH_4OH ;
- 2) NaOH ;
- 3) NaCO_3 ;
- 4) Na_2HPO_4 ;
- 5) $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$.

10. I analitik guruh kationlarni eritmasiga NH_4Cl va Na_2HPO_4 eritmasi qo'shildi. So'ngra NH_4OH eritmasi (kuch-

siz hidi chiqquncha) neytrallaganda oq kristall cho'kma tushdi. Qaysi kation ochildi?

- 1) NH_4^+ ; 2) K^+ ; 3) Na^+ ;
4) NH_4^+ , K^+ ; 5) Mg^{2+} .

11. Magniy tuzi eritmasi va K_2CO_3 eritmasi ta'sirida qanday tarkibli cho'kma hosil bo'ladi?

- 1) $\text{Mg}(\text{OH})_2$; 2) MgCO_3 ;
3) $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; 4) $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$.

12. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ qanday muhitda to'la cho'kmaga tushadi?

- 1) Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$;
2) Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
3) Neytral sharoitda $\text{pH} = 7$;
4) Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
5) Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$.

13. $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow ?$ Reaksiyada kuchsiz ishqoriy muhit $\text{pH} = 9$ ushlab turish uchun quyidagi qaysi bufer aralashma ishlatiladi?

- 1) CH_3COOH , CH_3COO^- ; 2) NH_4Cl , NH_4OH ;
3) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$; 4) Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 ;
5) HCOOH , NaCOOH .

14. Agar suyultirish chegarasi 4000000 bo'lsa, Mg^{2+} ionini Na_2HPO_4 bilan ochishda reaksiyaning ochilish minimumi qanday? Tomchi hajmi 0,05 ml.

- 1) 0,0125 mkg; 2) 0,125 mkg; 3) 1,25 mkg;
4) 12,5 mkg; 5) 8,00 mkg.

15. Quyidagi qaysi reagent bilan Ba^{2+} ionini II guruh kationlar aralashmasidan ochish va ajratish mumkin?

- 1) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
2) $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{CH}_3\text{COONa}$;
4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
5) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

16. BaC_2O_4 ni eritish uchun qaysi erituvchi afzalroq?

- 1) H_2O ; 2) HCl ; 3) CH_3COOH ;
4) NH_4OH ; 5) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

17. Bariy xromat qanday muhitda cho'kmaga tushadi?

- 1) Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$;
2) Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
3) Neytral $\text{pH} = 7$;
4) Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
5) Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$.

18. $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ reaksiyasida kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$ muhitni ushlab turish uchun qaysi bufer eritma ishlatiladi?

- 1) CH_3COOH , CH_3COONa ;
2) HCOOH , NaCOOH ;
3) NH_4Cl , NH_4OH ;
4) Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 ;
5) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONH}_4$.

19. II analitik guruh kationlari aralashmasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bilan sariq cho'kma berdi. Cho'kma to'liq cho'kkanligini tekshirib, ajratib olingandan so'ng, eritma $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ bilan cho'kma bermadi. Eritmaning tarkibi qaysi iondan iborat?

- 1) Sr^{2+} ; 2) Ca^{2+} ; 3) Ba^{2+} ;
4) Sr^{2+} , Ca^{2+} ; 5) Ca^{2+} , Ba^{2+} .

20. Agar suyultirish chegarasi 0,4 mkg ga teng bo'lganda, Ba^{2+} ionini $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bilan reaksiyasida ochilish minimumi qanday? Tomchi hajmi 0,05 ml.

- 1) 125000; 2) 1250000; 3) 12500;
4) 8000000; 5) 400000.

21. Stronsiy ionini ochish uchun quyidagi qaysi reagent qo'llaniladi?

- 1) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – ammoniy sulfat;
2) CaSO_4 – gips suvi;
3) $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ – oksolat ammoniy;

- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ — karbonat ammoniy;
- 5) Na_2HPO_4 — gidrofosfat ammoniy;

22. Kalsiy tuzi eritmasi bilan ammoniyli aralashma ishtirokida $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ eritmasining o'zaro ta'sirida qanday tarkibli cho'kma hosil bo'ladi?

- 1) $\text{Ca}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 2) $\text{CaK}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 3) $\text{Ca}_2\text{NH}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 4) $\text{Ca}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 5) $\text{CaNH}_4\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

23. Ca^{2+} ionini aniqlashdan oldin quyidagi qaysi reagent bilan Sr^{2+} ionini yo'qotish mumkin?

- 1) Gips suvi;
- 2) Ammoniy sulfat;
- 3) Ammoniy oksolat;
- 4) Ammoniy karbonat;
- 5) Natriy gidrofosfat.

24. II analitik guruh kationlar aralashmasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{CH}_3\text{COONa}$ eritmasi bilan salbiy analitik effekt, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ eritmasi bilan ijobiy analitik effekt berdi. Eritmaning tarkibi qanday kationlardan iborat?

- 1) Sr^{2+} ;
- 2) $\text{Ba}^{2+} + \text{Sr}^{2+}$;
- 3) $\text{Ba}^{2+}, \text{Ca}^{2+}$;
- 4) Ca^{2+} ;
- 5) Ba^{2+} .

25. Qaysi anion-cho'ktiruvchilar quyida keltirilgan sharoitlarda Ca^{2+} ionini to'liq cho'kmaga tushishini ta'minlaydi?

- 1) $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} - \text{EK} \text{CaC}_2\text{O}_4 = 2,6 \cdot 10^{-9}$;
- 2) $\text{CO}_3^{2-} - \text{EK} \text{CaCO}_3 = 4,8 \cdot 10^{-9}$;
- 3) $\text{SO}_4^{2-} - \text{EK} \text{CaSO}_4 = 6,1 \cdot 10^{-5}$;
- 4) $\text{CrO}_4^{2-} - \text{EK} \text{CaCrO}_4 = 2,3 \cdot 10^{-2}$;
- 5) $\text{SO}_3^{2-} - \text{EK} \text{CaSO}_3 = 1,23 \cdot 10^{-8}$.

26. $\text{Ca}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ cho'kmasi qanday muhitda cho'kadi?

- 1) Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$;

- 2) Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
- 3) Neytral $\text{pH} = 7$;
- 4) Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
- 5) Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$.

27. II analitik guruh kationlari aralashmasiga $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ qo'shildi. Tushgan cho'kmaning tarkibi qanday?

- 1) BaC_2O_4 ;
- 2) CaC_2O_4 ;
- 3) BaC_2O_4 , CaC_2O_4 , SrC_2O_4 ;
- 4) BaC_2O_4 , SrC_2O_4 ;
- 5) CaC_2O_4 , SrC_2O_4 .

28. I va II guruh kationlarini ajratishda aralashmaga $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ qo'shiladi. Bunda Mg^{2+} ionlari:

- 1) I guruh kationlari bilan eritmada qoladi;
- 2) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ko'rinishida cho'kmaga tushadi;
- 3) MgCO_3 ko'rinishida cho'kmaga tushadi;
- 4) $\text{Mg}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ko'rinishida cho'kmaga tushadi;
- 5) $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ ko'rinishida cho'kmaga tushadi.

29. Quyidagi qaysi reaktiv II guruh kationlarini nisbatan to'liqroq cho'ktirishni ta'minlaydi?

- 1) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$;
- 2) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + t = 80^\circ\text{C}$ gacha qizdirish;
- 3) NH_4HCO_3 ;
- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$;
- 5) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ va qizdirish.

30. Quyidagi cho'ktiruvchilardan qaysi biri II guruh kationlarini to'la cho'kmaga tushiradi?

- 1) Na_2CO_3 ;
- 2) NaHCO_3 ;
- 3) NH_4OH ;
- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$;
- 5) NH_4HCO_3 .

31. II guruh kationlarni cho'ktirishda $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ bilan qanday to'la cho'ktirish mumkin. BaCO_3 , CaCO_3 holida?

- 1) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ qo'shilganda;
- 2) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$, $t = 80^\circ\text{C}$ gacha qizdirish bilan;

- 3) NH_4OH qo'shib, $t = 80^\circ\text{C}$;
- 4) NH_4Cl qo'shib, $t = 80^\circ\text{C}$;
- 5) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ qo'shib, sovutish bilan.

32. Quyidagi I va II guruh kationlarining qaysi aralashmasini to'g'ridan to'g'ri (sistematik) analiz qilish mumkin?

- 1) NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} ; 2) K^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} ;
- 3) Mg^{2+} , Ba^{2+} , K^+ ; 4) K^+ , Mg^{2+} , Ba^{2+} ;
- 5) NH_4^+ , Ba^{2+} .

33. Agar eritma analiz uchun ishlatilsa, II guruh kationlari karbonatlarini qaysi kislotada eritish ma'qulroq?

- 1) CH_3COOH ; 2) HNO_3 ; 3) H_2SO_4 ;
- 4) HCl ; 5) H_3PO_4 .

34. II analitik guruh kationlari HCl kislotada erimaydigan cho'kma hosil qildi. Bu cho'kmaning tarkibi qanday?

- 1) Sulfatlar; 2) Fosfatlar; 3) Karbonatlar;
- 4) Gidroksidlar; 5) Oksolatlar.

35. Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Ca^{2+} kationlariga H_2SO_4 ta'sir ettirilganda, qaysi kationning sulfatli cho'kmasi birinchi bo'lib tushadi?

- 1) BaSO_4 $EK = 1,1 \cdot 10^{-10}$;
- 2) SrSO_4 $EK = 2,8 \cdot 10^{-7}$;
- 3) CuSO_4 $EK = 6,1 \cdot 10^{-5}$;
- 4) PbSO_4 $EK = 2,2 \cdot 10^{-8}$;
- 5) HgSO_4 $EK = 1,1 \cdot 10^{-6}$.

36. Quyidagi birikmalarning qaysi biri mineral kislotalarda erimaydi?

- 1) BaSO_4 ; 2) CaCO_3 ; 3) $\text{Ba}(\text{OH})_2$;
- 4) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ CO_3 ; 5) BaCO_3 .

37. Quyidagi cho'kmalardan qaysi nisbatan kam eruvchan?

- 1) SrSO_3 $EK = 1,6 \cdot 10^{-9}$; 2) CaSO_3 $EK = 4,8 \cdot 10^{-9}$;
- 3) BaSO_3 $EK = 8 \cdot 10^{-9}$; 4) CaS_2O_4 $EK = 2,57 \cdot 10^{-9}$;
- 5) BaS_2O_4 $EK = 1,1 \cdot 10^{-7}$.

38. Kuchsiz kislotali muhit yaratish uchun $\text{pH} = 1$ ga teng bo'lgan HCl ga quyidagi qaysi reagent qo'shish kerak?

- 1) NaOH ; 2) NH_4OH ; 3) CH_3COONa ;
4) CH_3COOH ; 5) Na_2CO_3 .

39. Quyidagi qaysi tuzning eritmasi kichik ishqoriy muhit bilan bir xil konsentratsiyada?

- 1) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ $\text{pH} = 8,3$; 2) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ $\text{pH} = 7$;
3) Na_2CO_3 $\text{pH} = 8,6$; 4) CH_3COONa $\text{pH} = 8,8$;
5) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ $\text{pH} = 9,13$.

5.1. III guruh kationlarining umumiy tavsifi

III guruh kationlaridan Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ionlari, ya'ni odatdagi sharoitda nisbatan barqaror va ko'p uchraydigan ionlar o'rganiladi.

III guruh kationlarining hammasi biologik ahamiyatga ega-dir.

Alyuminiy tuzlari tabiiy suvlarni tozalashda ishlatiladi. Suvga alyuminiy sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ va ozgina so'ndirilgan ohak $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qo'shilsa, alyuminiy gidroksid $\text{Al}(\text{OH})_3$ hosil bo'ladi, bu birikma tindirgichdagi muallaq zarrachalarni o'zi bilan cho'kmaga olib ketadi.

Temirning organik birikmalari o'simlik va hayvonlarning to'qimalarida bo'ladi. Qondagi gemoglobin tarkibida temir bo'lib, molekulyar kislorodni bog'lashda va uni hujayralarga yetkazib berishda ishtirok etadi. Tuproqda temir ionlarining yetishmasligi, o'simliklarda xloros deb ataluvchi, ya'ni xlorofillning kamayib ketishi hisobiga yashil rang yetishmaslik hodisasiga olib keladi. Tuproqda temir ionlarining ortiqcha bo'lishi ham o'simliklarga zararlidir.

Marganes, rux, nikel, kobalt, xrom — mikroelementlar bo'lib, o'simliklar (hayvonlar)ga juda oz miqdorda zarurdir. Tuproqda marganes ionlari yetishmasligi natijasida donli va boshqa madaniy o'simliklar turli kasalliklarga uchraydi, hosildorligi kamayib, hatto qurib qolishi ham mumkin. Bu noxush holatlarni tuproqda marganes birikmalari saqlovchi mikroo'g'itlar solib yo'qotish mumkin.

O'simliklar tanasida ruxning yetishmasligi xlorofill, vitaminlar, o'stiruvchi moddalar hosil bo'lishini kamaytiradi.

Bunday yetishmovchiliklarni o'simliklarni rux tuzlari saqlovchi o'g'itlar bilan oziqlantirib yo'qotish mumkin.

Tuproqda kobalt ionlarining yetishmasligi donli o'simliklar qand lavlagi, beda, kanop o'simliklarning o'sishiga salbiy ta'sir

qiladi. Bu kobalt birikmalarining oziq moddalarda yetishmasligi qora mollar va qo'ylar holatini yomonlashtiradi. Nikel va xrom birikmalarini o'simlik va hayvonlar uchun ahamiyati kamroq o'rganilgan.

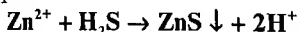
Shunday qilib, III guruh kationlarini sifat va miqdoriy jihatdan topish asosan tuproq mikroo'g'itlar, o'simlik va hayvon mahsulotlari tarkibini analiz qilish bilan bog'liqdir.

Bu guruhning umumiy guruh reagenti ammoniy sulfid $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ bo'lib, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} kationlarini sulfidlar holida, Al^{3+} va Cr^{3+} kationlarini gidroksidlar holida cho'ktiradi.

Bu guruh I va II analitik guruh kationlaridan tegishli sulfidlarining suvda erimasligi bilan farq qiladi. Lekin ular suyultirgan kislotalarda oson eriydi. III guruhning IV va V guruhidan farqi ham shunda.

III guruh kationlarining sulfidlari kislotalada erishi sababli ular tuzlarining kislotali eritmalaridan vodorod sulfid ta'sirida cho'kmaga tushmaydi. H_2S kislotali bo'lmagan eritmalaridan III guruh kationlarining sulfidlari yo butunlay cho'kmaydi, yoki ular to'liq cho'kmaydi. III analitik guruh kationlari $\text{pH} \geq 8,7$ bo'lganda ($\text{pH} = 8 \div 9$) bo'lgan ammoniyli bufer aralashma ish-tirokida H_2S ta'sir ettirib yoki III guruhning reagenti bo'lgan $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ammoniy sulfid ta'sirida ajraladi.

Vodorod sulfid bilan III guruhning hamma kationlari yetarli darajada to'liq cho'ktirish uchun eritmada $\text{pH} \geq 8,7$ bo'lishi kerak. III guruh kationlari tuzlarining eritmasida $\text{pH} < 7$ bo'lishligi va bundan tashqari

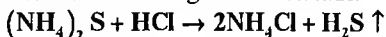


kabi reaksiya natijasida H^+ ionlari yig'ilib turishi sababli, eritmaga amalda 8,7 dan kam bo'lgan doimiy pH qiymatini saqlab turuvchi bufer aralashma qo'shiladi. Odatda, analizda qo'llaniladigan aralashmalardan bu yerda faqat $\text{pH} = 8 \div 9$ bo'lgan $(\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl})$ konsentratsiyalarining nisbatiga qarab ammoniyli bufer aralashma to'g'ri kelmadi.

Ammoniy sulfid bilan cho'ktirishda bufer aralashma qo'shish, albatta, zarur, chunki 1) III guruh kationlari tuzlarining eritmali gidrolizlanish natijasida kislotali muhitga ega bo'ladi, bundan tashqari, sistematik analiz qilishda IV va V guruh

kationlarini vodorod sulfid bilan cho'ktirishda eritmaga HCl qo'shiladi.

Bundan kuchli kislotali eritmaga $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ qo'shilsa, uning ko'p miqdori kislotali neytrallash uchun bekorga sarflanadi, zaharli vodorod sulfid esa havoga uchib ketadi:



2) Yuqoridagi tenglamada $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ning gidrolizi nazarga olinmagan.

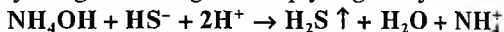
Ammoniy sulfid tegishli sharoitda III guruh kationlarining ko'pchiligini sulfidlar — Fe_2S_3 , FeS , MnS , ZnS , NiS , CoS holida cho'ktiriladi.

Al^{3+} , Cr^{3+} ionlarning gidroksidlari kam eriydigan bo'lganligi uchun ular $(\text{NH}_4\text{OH})\text{S}$ ta'sirida gidroksidlar holida cho'kmaga tushadilar.

III guruh reagentning guruh kationlariga ta'siri

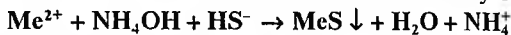
III guruh kationlarini guruh reagenti ammoniy sulfid $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ bilan yoki kuchsiz ishqoriy muhitda vodorod sulfid bilan cho'ktirish mumkin. Har safargidek, kuchsiz kislota tuzlarini cho'ktirishda eng muhim sharoitlardan biri eritmaning pH qiymatidir.

Gidroliz natijasida uning eritmasi haqiqatda NH_4OH va NH_4HS ning aralashmasidan iborat bo'ladi. Bularni hisobga olib reaksiyaning ionli tenglamasi quyidagicha yoziladi:



Ammoniy sulfid bilan kislotalar o'rtasidagi reaksiyada NH_4OH sarflanib, NH_4^+ ionlari yig'iladi.

III guruh kationlarini cho'ktirishda ham shunday bo'ladi:



H_2S kuchsiz kislota bo'lib dissotsiyanadi:



Bu tenglamalar orasidagi bog'lanishning ionlanish konstantasi tenglamalaridan aniqlanadi:

$$K_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 8,9 \cdot 10^{-9} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$pK_{\text{H}_2\text{S}} = 7,05$$

$$K_{\text{HS}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1,3 \cdot 10^{-13} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$pK_{\text{HS}} = 12,89$$

Umumiy holda yozish mumkin:

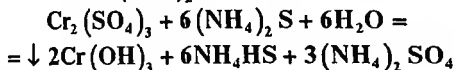
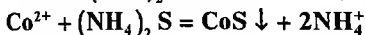
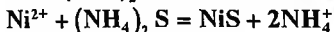
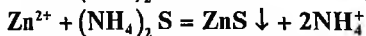
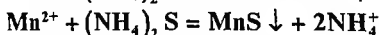
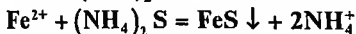
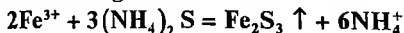
$$K_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1,2 \cdot 10^{-20} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{1,2 \cdot 10^{-20} \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$$

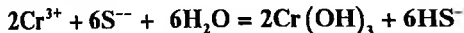
Tenglamadan ko'rinib turibdiki, S^{2-} ionlarini konsentratsiyasi eritmada H^+ ionlarini konsentratsiyasiga teskari proporsionaldir.

III guruh kationlarini cho'ktirish uchun vodorod sulfid H_2S ishlatib bo'lmaydi, chunki u kuchsiz elektrolit bo'lganligi sababli eritmada S^{2-} ionlari shunchalik kam bo'ladiki, natijada uchinchi guruh kationlari sulfidlarining (ZnS dan tashqari) eruvchanlik ko'paytmasi o'z qiymatiga yetmaydi. Agar Na_2S yoki K_2S tuzlaridan umumiy reagent sifatida foydalanilsa, III guruh kationlarini to'liq cho'ktirish mumkin, lekin bunda eritmaga Na^+ va K^+ ionlar qo'shilib qoladi.

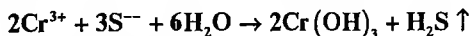
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ tuzi uchinchi guruh kationlari uchun umumiy reaktiv sifatida ishlatiladi; neytral va ishqoriy muhitda ($\text{pH} = 7-9$), ammoniy sulfid ta'sirida Al^{+3} va Cr^{+3} ionlari sulfidlari holida emas, $\text{Al}(\text{OH})_3$ va $\text{Cr}(\text{OH})_3$ gidroksidlar ko'rinishida cho'kmaga tushadi. Qolgan barcha ionlar esa umumiy reagenti ta'sirida sulfidlar holida cho'kmaga tushadi.



tenglama ionli formada:

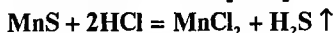
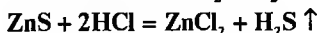
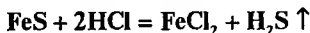


Bu reaksiyada hosil bo'lgan HS^- ionlarining bir qismi gidrolizlanish natijasida H_2S ga aylangani uchun bu reaksiya ham sodir bo'ladi:



Al^{3+} o'xshash reaksiya beradi.

NiS va CoS dan boshqa hamma sulfidlar suyultirilgan xlorid kislotada eriydi:



Fe_2S_3 xlorid kislotada eriganda Fe^{+3} ioni Fe^{+2} ga qadar qaytariladi va erkin oltingugurt hosil bo'ladi, shuning uchun eritma loyqalanadi.

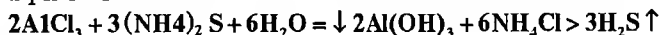


$2|\text{Fe}^{+3} + e = \text{Fe}^{+2}$ qaytarilish, Fe^{+3} , oksidlovchi

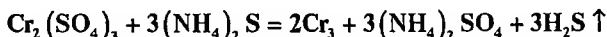
$1|\text{S}^{2-} - 2e = \text{S}$ oksidlash, S^{2-} , qaytaruvchi

$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ tuzining gidrolizlanishidan eritmada S^{2-} va OH^- ionlari hosil bo'ladi. $\text{Cr}(\text{OH})_3$ va $\text{Al}(\text{OH})_3$ gidroksidlarning eruvchanlik ko'paytmasi Cr_2S_3 va Al_2S_3 larning *EK* (eruvchanlik ko'paytmasidan) kichik bo'lgani uchun xrom hamda alyuminiy gidroksidlari cho'kmaga tushadi.

Gidroksidlarning hosil bo'lishi quyidagi tenglamalarga muvofiq keladi:



yoki



gidroksidlar uchinchi guruhdagi boshqa kationlarining sulfidlari singari, kuchli kislotalarning suyultirilgan eritmalarida eriydi.

III guruh kationlarining sulfidlari va gidroksidlarning osongina kolloid holatga o'tishining oldini olish maqsadida, kationlarni cho'ktirish jarayoni elektrolit-koagulyator NH_4Cl ishtirokida va qizdirish yo'li bilan olib boriladi. Eritmaga NH_4Cl tuzi qo'shilganda, NH_4OH ta'sirida Mg^{+2} ionlari hosil qiladigan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ning cho'kmaga tushishiga yo'l qo'ymaydi.

III guruh kationlarining reaksiyalari

Reagentlar	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Kationlar Mn ²⁺	Zn ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺
(NH ₄) ₂ S NH ₄ OH va ammoniy tuz- lari ishtirokida	oq cho'kma Al(OH) ₃	yashil-kul rang yoki ko'k-binafsha cho'kma rang Cr(OH) ₃	qora cho'kma Fe ₂ S ₃	qora cho'kma FeS	och sariq cho'kma MnS	oq cho'kma ZnS	qora cho'kma CoS	qora cho'kma NiS
H ₂ S(HCOOH) va HCOONH ₄ ishtirokida	—	—	Fe+ gacha qaytariladi, S cho'kmasi	—	—	bu ham	—	—
NaOH yoki KOH (ortiqcha bo'lmasin)	oq cho'kma Al(OH) ₃	yashil-kul rang yoki ko'k-binafsha cho'kma rang Cr(OH) ₃	Qo'ng'ir cho'kma Fe(OH) ₃	yashilroq qo'ng'ir- lashib boruvchi cho'kma Fe(OH) ₂	oq qo'ng'ir- lashib boruvchi cho'kma Mn(OH) ₂	oq cho'kma Zn(OH) ₂	asosli tuzlarning o'zgaruvchan tarkibli ko'k cho'kmasi	Yashilroq cho'kma Ni(OH) ₂
Mo'l miqdorda KOH yoki NaOH isitiladi	rangsiz eritma [Al(OH) ₄] ⁻	bu ham	bu ham	bu ham	bu ham	rangsiz eritma [Zn ₂ (OH) ₄] ⁻	Co(OH) ₂ pushti rangli cho'kma	—
H ₂ O ₂ ishqoriy muhitda isitiladi	bu ham	sariq rangli eritma	—	qo'ng'ir cho'kma Fe ₂ O ₃	qo'ng'ir cho'kma MnO ₂	bu ham	to'q-qo'ng'ir cho'kma Co ₂ O ₃	—
NH ₄ OH (ortiqcha miqdorda bo'lmasin)	oq cho'kma Al(OH) ₃	yashil-qo'ng'ir rang yoki binafsha cho'kma	—	yashilroq qo'ng'ir- lashib boruvchi cho'kma Fe(OH) ₂	qo'ng'ir- lashib boruvchi oq cho'kma Mn(OH) ₂	oq cho'kma Zn(OH) ₂	asosli tuzlarning o'zgaruvchan tarkibli ko'k cho'kmasi	asosli tuzlar- ning o'zga- ruvchan tar- kibli yashil cho'kmasi

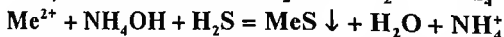
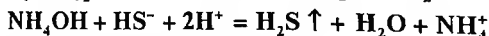
NH_4OH mo'l miqdordagi ammoniy ishtirokida	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	rangsiz eritma $[\text{Zn}_2(\text{NH}_3)_6]^-$	qo'ng'ir sariq cho'kma $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	och binafsha rangli eritma
CH_3COONa (isitilganda)	asosli tuzlarning oq cho'k- masi aniq tarkibi aniqlangan emas	eritmada $[\text{Cr}_3\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6]\text{OH}^+$	—	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ (CH_3COO)	—	—	—	—
Na_2HPO_4	AlPO_4 oq cho'kma	CrPO_4 yashil cho'kma	FePO_4 sarg'ish cho'kma	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ oq cho'kma	$\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$ oq cho'kma	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ oq cho'kma	$\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$ binafsha rangli cho'kma	$\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ yashil rangli cho'kma

Cho'ktirish uchun qo'llaniladigan reaktivlar NH_4OH va $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ yangi tayyorlangan bo'lishi kerak, aks holda ular havo tarkibidaga SO_2 ni yutib, qisman $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ga aylanadi. III guruh umumiy reaktivi $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ tarkibida $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ning (ammoniy sulfat tuzining ham) bo'lishi uchinchi guruh kationlari bilan birgalikda ikkinchi guruh kationlarining ham cho'kishiga sabab bo'ladi.

Uchinchi guruh kationlari ammoniyli bufer eritma ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) muhitida ($\text{pH} = 9,2$) ammoniy sulfid bilan cho'ktiriladi. Ana shundagina birinchi va ikkinchi guruh kationlari eritmada qoladi.

III guruh kationlarining reagenti ammoniy sulfid $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ularni neytral va ishqoriy muhitda sulfidlar va gidroksidlar holida cho'kmaga tushiradi.

$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ta'sirida Fe_2S_3 , FeS , CoS , NiS — qora rangli cho'kmalar, MnS — kul rang, ZnS , $\text{Al}(\text{OH})_3$ — yashil rangli cho'kmalar hosil bo'ladi. Muhit hosil qilish uchun $\text{pH} = 8-9$ bo'lgan ammoniy gidroksid ishlatiladi, u ammoniy sulfidning gidrolizlanishiga yo'l qo'ymaydi:



Shunday qilib, III guruh kationlari bu guruhning reagenti $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ bilan $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ishtirokida $\text{pH} \sim 9,0$ bo'lganda cho'ktiriladi. III guruhning gidroksidlari holida cho'kadigan Al^{3+} va Cr^{3+} kationlaridan tashqari hamma kationlarining sulfidlari cho'kmaga tushadi. I va II guruh kationlari ortiqcha $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ va boshqa ammoniy birikmalari bilan birga eritmada qoladi.

5.2. Tuzlarning gidrolizlanishi

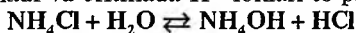
Analizda tuzlarning gidrolizlanishi muhim ahamiyatga ega. Chunonchi, ko'pchilik tuzlar eritmalarining pH qiymati ularning gidrolizlanish darajasi bilan belgilanadi. Ayrim reaktivlarning gidrolizlanishi qiyin eruvchan tuzlar (masalan, Al_2S_3 , $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ va boshqalar) o'rniga tegishli metall gidroksidlar

(Al(OH)₃, Cr(OH)₃ va boshqalar), cho'kmasini hosil bo'lishiga ham olib keladi. Bundan ko'rinib turibdiki, gidroliz jarayoni analitik kimyoni o'rganishda alohida ahamiyatga ega.

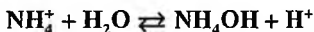
Ergan tuz ionlarining suv ionlari H⁺ va OH⁻ bilan o'zaro ta'siri gidroliz, deb ataladi. Gidrolizlanish uch xil bo'ladi: 1. Kation bo'yicha gidrolizlanish; 2. Anion bo'yicha gidrolizlanish; 3. Ham kation, ham anion bo'yicha gidrolizlanish.

1. Kuchsiz asos va kuchli kislotadan hosil bo'lgan tuzlarning, masalan, NH₄Cl, NH₄NO₃, CuSO₄, ZnCl₂, FeCl₃ ning gidrolizlanishi kation bo'yicha gidrolizlanishga kiradi.

Bunday tuzlarning suvdagi eritmalarida suvning OH⁻ ionlari kationga bog'lanadi va eritmada H⁺ ionlari to'planadi, masalan:

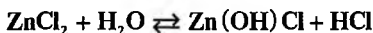


yoki

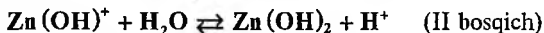
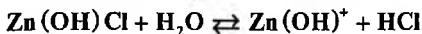
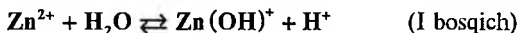


Shunday qilib, NH₄Cl eritmasi gidroliz natijasida kislotali muhitga ega bo'ladi.

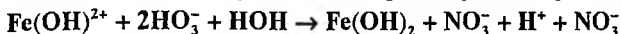
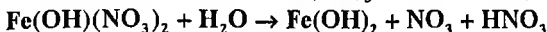
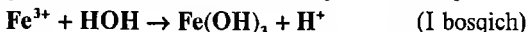
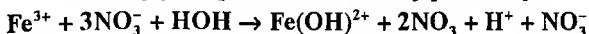
Tuz kationi ko'p zaryadli bo'lganda gidroliz bosqichli bo'ladi:



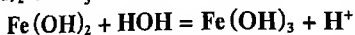
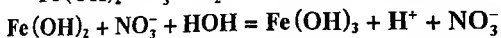
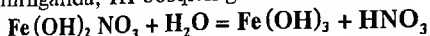
yoki



III guruh kationlarining kuchli kislotalar bilan hosil qilgan tuzlari eritmasi gidroliz natijasida kislotali muhitga ega bo'ladi. Masalan, Fe(OH)₃ bilan HNO₃ ta'sirida hosil bo'lgan tuzning — Fe(HO₃)₃ ning gidrolizlanishida gidroliz kation orqali uch bosqichda o'tadi: I va II bosqichda gidrolizlanish natijasida gidroksi tuzlar Fe(OH)(NO₃)₂ va Fe(OH)₂NO₃ hosil bo'ladi:

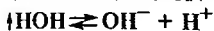
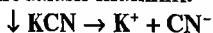


Asosiy gidroliz I bosqichda, ozroq II bosqichda o'tadi. Temperatura oshirilganda, III bosqich gidroliz ham sodir bo'ladi:



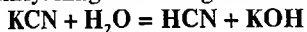
Gidroliz natijasida $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ kislotali muhit hosil qiladi, ($\text{pH} < 7$), chunki eritmada H^+ ionlari ko'payadi.

2. Kuchli asos va kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizi Na_2CO_3 , KCN , NaCH_3COO va anion bo'yicha gidrolizlanishga kiradi. Sianid kislotaning tuzi, masalan, KCN kuchli asosdan hosil bo'lgan tuz suvda eritilganda, K^+ va CN^- ionlariga ajraladi. K^+ ionlari suvning OH^- ionlari bilan to'qnashib, dastlab ionlanmagan KOH molekulasini hosil qiladi. Ular suv ... ta'sirida qaytadan K^+ va OH^- ga ajraladi. Lekin CN^- ionlari H^+ bilan uchrashib juda kuchsiz, kam ionlanadigan sianid kislota ($K_{\text{HCN}} = 6,2 \cdot 10^{-10}$) hosil qiladi. Bu jarayonni sxematik ravishda quyidagicha ifodalash mumkin:



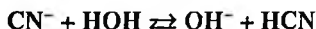
Reaksiya borishi jarayonida OH^- ionlari asta-sekin to'plana boradi. Shuning uchun tuzning gidrolizlanishi hosil bo'ladigan HCN kislotaning ionlanishi ta'sirida paydo bo'lgan OH^- va H^+ ionlari konsentratsiyalarining ko'paytmasi suvning ionlar konsentratsiyasi ko'paytmasi ($K_{\text{H}_2\text{O}} - 10^{-14}$) bilan tenglashguncha davom etadi. Shundan keyin muvozanat qaror topadi. Muvozanatda OH^- ionlari konsentratsiyasi H^+ ionlari konsentratsiyasidan ancha ortiq bo'ladi. Boshqacha aytganda, tuz eritmasi neytral muhitga emas, balki ishqoriy muhitga ($\text{pH} > 7$) ega bo'ladi.

Gidroliz tenglamasi ionli shaklda yozilsa eritmaning ishqoriy muhitga ega ekanligi, ayniqsa, yaqqol ko'rinadi. Buning uchun H_2O bilan HCN kuchsiz elektrolit ekanligini e'tiborga olib, ularni molekula holida, KCN bilan KOH ni esa ion holida ifodalaymiz va reaksiyaning ionli tenglamasini yozamiz:

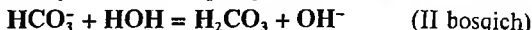
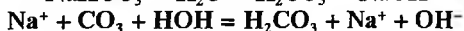
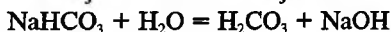
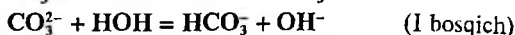
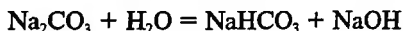




yoki



Kuchli asos bilan ikki negizli kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan tuz Na_2CO_3 ning suvdagi eritmasi ham ikki bosqichda gidrolizlanadi:

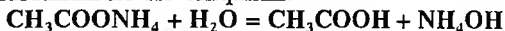


Na_2CO_3 tuzini gidrolizi natijasida eritmada OH^- ionlari ko'payadi ($\text{pH} < 7$).

3. Kuchsiz asos va kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizida gidroliz ham kation, ham anion orqali o'tgan gidroliz deyiladi.

Bunday tuzlarning eritmaları gidrolizlanishi natijasida hosil bo'ladigan asos va kislotalarning dissotsiyanlash konstantalarining qiymatlari bir-biriga yaqin bo'lganda, ya'ni ularning kuchlari amalda teng bo'lganda eritmasi neytral muhitga ega bo'ladi. Kuchsiz kislota va unga nisbatan kuchliroq asosdan hosil bo'lgan tuzlarning, masalan: $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ eritmaları gidrolizlanish natijasida ishqoriy muhit hosil qiladi ($\text{pH} = 9,2$).

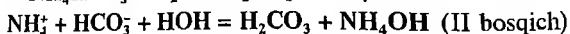
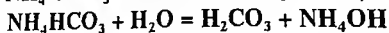
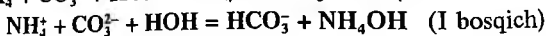
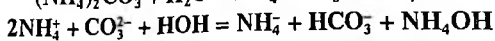
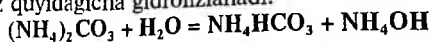
Ammoniy asetat $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ tuzi kuchsiz ishqor NH_4OH va kuchsiz kislota CH_3COOH dan hosil bo'ladi. Shu tuzning gidrolizini ko'rib chiqamiz:



Gidroliz natijasida kuchsiz asos va kuchsiz sirka kislota hosil bo'ladi. NH_4OH ($1,76 \cdot 10^{-5}$) va CH_3COOH ning ($1,76 \cdot 10^{-5}$) dissotsiyanlash konstantalari deyarli baravar bo'lganligi sababli H^+ va OH^- ionlarning bog'lanishi ham bir xil bo'ladi, shuning uchun eritma amaliy jihatdan neytral muhit ($\text{pH} = 7$)ga ega bo'ladi.

Ko'p negizli kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar bosqichli gidrolizlanadi, bunda oraliq mahsulot sifatida nordon tuzlar hosil bo'ladi. Masalan, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ — kuch-

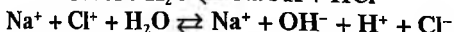
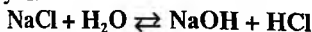
siz asos kationi NH_4^+ va kuchsiz kislotani anioni SO_3^{2-} dan hosil bo'lgan tuz quyidagicha gidrolizlanadi:



Gidroliz natijasida $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ tuzi I bosqichda eritmada HCO_3^- anionlari va NH_4OH gidroksid hosil qiladi. NH_4OH ning dissotsiyanlash darajasi HCO_3^- nikiga qaraganda kattaroq bo'ladi.

4. Kuchli asos va kuchli kislotadan hosil bo'lgan tuzlar. Bunday tuzlar gidrolizlanmaydi. Demak, bu holda tuz eritmasining pH ini tuzni eritish uchun ishlatilgan suvning pH bilan belgilanadi, $\text{pH} = 7$.

Oz dissotsiyanlovchi birikmalar hosil bo'lishi natijasida suvning dissotsiatsiya muvozanati buzilishi gidrolizga sabab bo'ladi. Agar bunday birikmalar hosil bo'lmasa, ya'ni tuz hosil qiluvchi kislota ham, asos ham kuchli bo'lsa, u holda gidroliz ham sodir bo'lmaydi.



Kuchli kislotadan va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuz gidrolizlanmaydi, natijada $\text{pH} = 7$, neytral muhitga ega bo'ladi.

Gidroliz konstantasi. Gidroliz darajasi.

Kuchsiz kislotani HAn (bu yerda, An^- — anion kislota) bilan belgilaymiz. Tuz faqat anion bo'yicha gidrolizlanadi, kation bo'lsa, gidroliz natijasidan kam ionlanadigan birikma bermaydi, u gidratlangan ion holida eritmada qoladi.

Gidroliz reaksiyasi tenglamasini bu holda quyidagicha yozish mumkin:



Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi tenglamasi quyidagicha:

$$K_{\text{gidroliz}} = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HAn}]}{[\text{An}^-] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

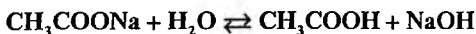
Suyultirilgan eritmalarda suv ancha ortiqcha miqdorda bo'ladil va suv juda kam ionlanish tufayli gidroliz muvozanati qaysi tomonga siljimasin, uning ionlanmagan molekulalarining miqdorini amalda doimiy deb hisoblash mumkin. Shuning uchun berilgan tenglamaning har ikki tomonini $[H_2O]$ ga ko'paytirib, quyidagini hosil qiladi:

$$K_{muv} \cdot [H_2O] = \frac{[OH^-] \cdot [HAn]}{[An^-]} \quad (5)$$

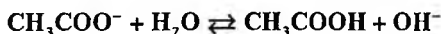
$K_{muv} \cdot [H_2O]$ ko'paytma o'zgarmas miqdor bo'lib, gidroliz konstantasi K_{gidr} deb ataladi. U holda:

$$K_{gidr} = \frac{[OH^-] \cdot [HAn]}{[An^-]}$$

Kuchli asos va kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan tuzlar uchun umumiy ko'rinishda K_{gidr} tenglamasini shunday yozish mumkin:



yoki



Unda:

$$K_{gidr} = \frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-]} \quad (6)$$

Gidroliz konstantasining son qiymatini suvning ion ko'paytmasi va sirka kislotasining ionlanish konstantasidan topish mumkin. Suvning ion ko'paytmasi $[H^+] \cdot [OH^-] = K_{H_2O}$ foydalalanib, $[OH^-]$ ning qiymati topiladi:

$$[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]}$$

Bu qiymatni tenglama (1) K_{gidr} - gidroliz konstantaga qo'yamiz, unda:

$$K_{gidr} = \frac{[CH_3COOH] \cdot K_{H_2O}}{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]} \quad (7)$$

Tenglama (6) da sirka kislotaning ionlanish konstantasining teskari qiymati $\frac{1}{K_{CH_3COOH}}$ ga tengdir.

Unda:

$$K_{gidr} = \frac{K_{H_2O}}{K_{CH_3COOH}}$$

Umumiy holda yozish mumkin:

$$K_{gidr} = \frac{K_{H_2O}}{K_{kisl}}$$

Gidroliz konstantasi tenglamalaridan (5), (6) va (7)dan foydalanib, gidroliz darajasini topish tenglamasini keltirib chiqaramiz. Buning uchun shartli ravishdatuzning konsentratsiyasini C (mol/l) bilan belgilaymiz. Agar gidroliz darajasi h bo'lsa, unda $C \cdot h$ mol tuz gigrolizidan bo'lib, $C \cdot h$ mol CH_3COOH hamda $C \cdot h$ mol OH^- hosil bo'ladi. Tuzning gidrolizlamagan qismining konsentratsiyasi $- C - C \cdot h$ mol yoki $C(1-h)$ ga teng bo'ladi. Qabul qilingan shartli belgilarni gidroliz konsentantasi tenglamasi (5)ga qo'ysak, quydagi tenglama hosil bo'ladi:

$$K_{gidr} = \frac{C^2 \cdot h^2}{C(1-h)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{CH_3COOH}}$$

$$\frac{C \cdot h^2}{1-h} = \frac{K_{H_2O}}{K_{CH_3COOH}}$$

$$K_{gidr} = \frac{C \cdot h^2}{1} = C \cdot h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{K_{gidr}}{C}}$$

($1-h$) da $h \approx 0,001$ juda kichik bo'lgani uchun maxraj birga teng qilib olinadi, unda:

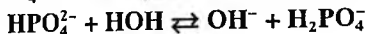
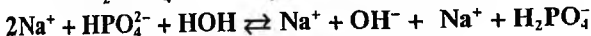
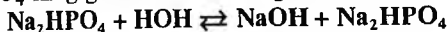
$$h = \sqrt{\frac{K_{gidr}}{C}}$$

Bunda: h – gidroliz darajasi; K_{gidr} – gidrolizlanish konstantasi; C – tuzning konsentratsiyasi.

Misol. 1. Natriy gidrofosfat Na_2HPO_4 ning gidroliz darajasini ikkinchi bosqich bo'yicha hisoblang.

Yechish:

Na_2HPO_4 ning gidrolizlanish tenglamasi:



2. Gidroliz darajasini hisoblash uchun H_3PO_4 ning II bosqich bo'yicha dissotsiyanlash konstantasi $K_{H_3PO_4} = 6,23 \cdot 10^{-8}$ dan

$$h = \sqrt{\frac{K_{H_3O}}{K_{gdr} \cdot C_{tuz}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{6,23 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-1}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-15}}{6,23 \cdot 10^{-9}}} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-6}} = 1,26 \cdot 10^{-3}$$

$$h = 1,26 \cdot 10^{-3}$$

yoki

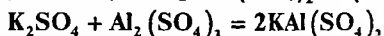
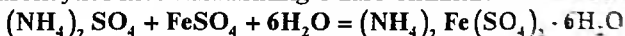
$$1,26 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \% = 0,126 \%$$

$h = 0,126 \%$, demak H_3PO_4 ning ikkinchi bosqichidagi gidroliz darajasi $h = 0,126 \%$ ga teng.

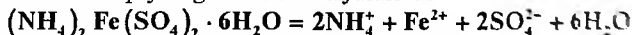
5.3. Kompleks birikmalar

Sifat analizida turli analitik guruhlariga tegishli kationlarni o'rganishda KCl , NH_4NO_3 , $FeSO_4$, NH_4Cl , $Al_2(SO_4)_3$ singari oddiy tuzlar bilan bir qatorda tarkibi jihatdan ancha murakkab bo'lgan birikmalarni, jumladan, qo'shtuz va kompleks tuzlarni ham uchratamiz. Tarkibida kompleks ionlar bo'lgan moddalar kompleks birikmalar deyiladi. Masalan: $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ — achchiqtosh yoki alyuminiyli achchiqtosh, $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ — xromli achchiqtosh, $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ — ammoniyli achchiqtosh, boshqacha nomi Mor tuzi va boshqalar.

Qo'shtuzlar tarkibi jihatdan ancha oddiy bo'lgan tuzlar elektroneytral molekularining o'zaro birikishidan hosil bo'ladi.



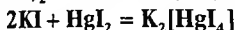
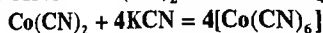
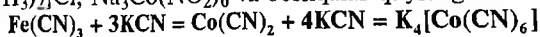
Bu tuzlar quyidagicha dissotsiyanadi:



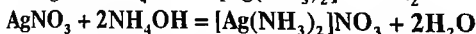
Qo'shaloq tuzlar eritmada dissotsiylanganda tegishli oddiy tuzlarning hamma ionlarini hosil qiladi.

Kompleks va qo'shtuzlar dissotsiyanlash tabiati jihatdan bir-biridan farq qiladi.

Kompleks tuzlar: $K_4[Fe(CN)_6]$, $K_3[Fe(CN)_6]$,
 $[Ag(NH_3)_2]Cl$, $Na_3Co(NO_2)_6$ va boshqalar quyidagicha olinadi:



$AgNO_3$ eritmasiga ammiak qo'shilsa, quyidagicha reaksiya boradi:



Bu tuzlar suvda eritilganda



tenglamaga muvofiq dissotsiyanlanadi. Eritmada K^+ kationi va $[Fe(CN)_6]^{3-}$ kompleks anion mavjud bo'lib, anion tarkibiga kirgan Fe^{3+} va CN^- ionlarini analitik sifat reaksiya yordamida aniqlab bo'lmaydi, chunki ular eritmada erkin holda uchramaydi.

Kompleks ionlar musbat zaryadlangan (kationlar holida): $[Ag(NH_3)_2]^+$, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ yoki manfiy zaryadlangan (anion holida) $[Co(NO_2)_6]^{3-}$, $[Ag(CN)_2]^-$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$ va boshqalar bo'lishi mumkin.

A. Vernerning koordinatsion nazariyasiga muvofiq, har qanday kompleks ion $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ markaziy iondan (Co^{2-}), boshqacha aytganda, kompleks hosil qiluvchi iondan va u bilan bog'langan addendlar NH_3 yoki ligandlar, deb ataladigan qutbli molekulalardan tarkib topadi. Kompleks hosil qiluvchi ion, odatda, musbat zaryadli bo'ladi. Oddiy holda NH_3 molekulalari va CN^- , NO^- , NO_2 , $S_2O_3^{2-}$ ionlari ligandlar hisoblanadi. Kompleks ionini qavs ichiga olib yozish qabul qilingan; kompleks ionining zaryadi uni hosil qilgan oddiy, ionlar (ya'ni markaziy ion bilan ligand) zaryadlarining algebraik yig'indisiga teng. Masalan, $[Fe(CN)_6]^{4-}$ markaziy ionning zaryadi +2, ligandlarning zaryadi $(-1) \cdot 6 = -6$. Demak, kompleks ionning zaryadi $-6 + 2 = -4$.

Kompleksda markaziy ion bilan bevosita birikkan ligandlar soni markaziy ionning koordinatsion soni deyiladi. Kompleks hosil qiluvchi ionlar ligandlar bilan birga kompleksning ichki sferasini hosil qiladi. Kompleks tuz molekulasi tarkibiga kira-

digan va kompleks ion tutib turadigan ionlar kompleksning tashqi sferasini hosil qiladi. $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ molekulasida kompleksning ichki sferasi kompleks hosil qiluvchi Co^{3+} ionidan va uning atrofida to'planadigan ligandlar NO_2 ionlaridan iborat. Kobalt uchun koordinatsion son 6 ga teng. Kompleks ionining zaryadi $(+3) + (-6) = -3$ ga teng; $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ kompleks hosil qiluvchi bilan bog'langan natriy ionlari kompleksning tashqi sferasini hosil qiladi. Ichki va tashqi sfera ionlari qarama-qarshi zaryadli bo'ladi.

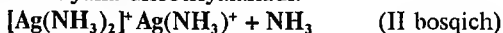
Agar addendlar (ligandlar) neytral molekular bo'lsa, ular kompleksning zaryadiga ta'sir ko'rsatmaydi. Shuning uchun bunday hollarda kompleksning zaryadi hosil qiluvchi ionining zaryadiga teng bo'ladi, Masalan, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ning zaryadi Ag^+ ionining zaryadiga teng.

Kompleksning tashqi sferasidagi ionlar kompleks ion bilan ionogen bog'langan. Kompleks ion ichidagi bog'lanish-markaziy atomning ligandlar bilan bog'lanishi – koordinatsion yoki donor-akseptor bog'lanish bo'ladi.

Barcha kompleks ionlar o'zining barqarorligi jihatidan bir-biridan farq qiladi. Ular kuchsiz elektrolitlar kabi dissotsiyanlanadi. Dissotsiyanlanish mahsuloti oddiy ionlar yoki neytral molekula (ular kompleks ion tarkibida bo'lgan taqdirda) lardir. Kompleks tuzlar avval tashqi sfera ioniga va kompleks ionga dissotsiyanlanadi, bu dissotsiyanlanish xuddi kuchli elektrolitlardagi kabi tuz to'liq parchalanguncha davom etadi. Masalan, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ uch bosqichda dissotsiyanlanadi:



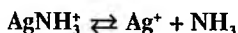
Keyin kompleks ion yana dissotsiyanlanadi:



Bu qaytar jarayon bo'lib, muvozanat konstantasi quyidagicha yoziladi:

$$K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+ \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+}$$

III bosqich:



$$K_{\text{AgNH}_3^+} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{AgNH}_3]^+}$$

Kompleks kam darajada dissotsiyanadi. Kompleksning umumiy ionlanish konstantasi alohida bosqichlarning ionlanish konstantasi ko'paytmasidan iborat bo'ladi. Masalan, yuqoridagi misol uchun:

$$K_{\text{beqaror}} = K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} + K_{\text{Ag}(\text{NH}_3)^+} = \frac{[\text{Ag}^+]}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = 5,8 \cdot 10^{-8}$$

Bu konstantaning qiymati qancha katta bo'lsa, berilgan kompleks shuncha kuchli dissotsiyanadi va shuncha beqaror bo'ladi. Bu konstanta kompleksning beqarorlik konstantasi yoki kompleksning ionlarga parchalanish konstantasi deyiladi. Beqarorlik konstantasiga teskari miqdor kompleksining hosil bo'lish konstantasi yoki barqarorlik konstantasi deyiladi. Ular orasida quyidagi nisbat bor:

$$K_{\text{beqaror}} = \frac{1}{K_{\text{beqaror}}}$$

Har xil komplekslarning konstantasi har xil qiymatga ega

Kompleks birikmalarning hosil bo'lish reaksiyalaridan analitik kimyoda ayrim ionlar uchun sezgir va xususiy reaksiyalar sifatida foydalaniladi. Bunday analitik reaksiyalar uchinchi va boshqa guruh kationlari uchun taalluqli. Masalan, Fe^{3+} ionlari berilgan zangorisi ko'rinishida $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$, Fe^{2+} ionlari esa turnbul ko'ki $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ kompleks tuzlari ko'rinishida aniqlanadi. K^+ ionlari kompleks tuzi $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ta'sirida sariq kristall cho'kma $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ hosil qiladi. Co^{2+} kationlari borligi $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{CNS})_4]$ va $\text{Co}[\text{Hg}(\text{CNS})]$ kabi koordinatsion (kompleks) birikmalarni hosil qilishidan aniqlanadi.

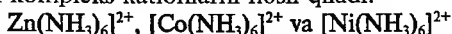
Kompleks ionlarning hosil bo'lishidan analizda bir xil ionlarni boshqalaridan ajratishda ham foydalanadi. Masalan, tarkibida Cu^{2+} va Pb^{2+} ionlari bo'lgan eritmaga ammiak eritmasi ta'sir ettirilganda, mis ionlari eruvchan kompleks ion $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ hosil qilib, eritmada qoladi. Qo'rg'oshin ionlari esa $\text{Pb}(\text{OH})_2$ holida cho'kmaga tushadi.

Analiz davomida xalal beruvchi ionlarni bog'lash yoki boshqacha aytganda, ionlarni «niqoblash» uchun ham kompleks ionlarning hosil bo'lishi reaksiyalaridan keng foydalaniladi.

Masalan, Fe^{3+} ionini NaF_3 yordamida mustahkam kompleks $[\text{FeF}_6]^{3-}$ ion tarzida bog'lash mumkin, natijada u boshqa ionlarni (Cu^{2+} , Ni^{2+}) topishga xalal bermaydi.

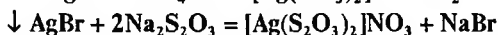
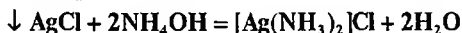
Kimyoviy analizda kompleks birikmalarning ahamiyati

III–IV analitik guruh kationlari aralashmasini analiz qilishda kompleks birikmalar hosil qilish va parchalanish jarayonlaridan keng foydalaniladi. Kompleks birikmalarning hosil bo'lishi reaksiyalaridan faqatgina alohida ionlarni aniqlashdagina emas, balki ularni bir-biridan ajratishda ham foydalaniladi. Agar III guruh kationlari aralashmasiga ammoniy xlorid ishtirokida ammoniy gidroksid ta'sir ettirilsa, hamma ionlar ham cho'kmaga tushavermaydi. Chunki ammoniy xlorid NH_4OH ning dissotsiylanishini juda sekinlashtiradi. Bunda OH^- ionlarining eritmada miqdori $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ va $\text{Cr}(\text{OH})_3$ larning eruvchanligidan yuqori bo'lishi uchun yetarli bo'lsa ham $\text{Fe}(\text{OH})_2$ va $\text{Mn}(\text{OH})_2$ gidroksidlarni cho'kmaga tushirish uchun yetarli emas. Bunda Fe^{2+} va Mn^{2+} lardan tashqari Co^{2+} va Ni^{2+} ham cho'kmaga tushmaydi, NH_4OH ta'sir etganda ular mustahkam kompleks kationlarni hosil qiladi:



Shunday qilib, III guruhdagi uch valentli kationlarni ikki valentliklaridan ajratish mumkin. Kompleks hosil bo'lishi reaksiyalaridan, shuningdek, ionlarni «niqoblash»da ham foydalaniladi. Eritmada Fe^{3+} ionlarining bo'lishi boshqa kationlarni (masalan, Co^{2+}) ochishga xalaqit beradi, Fe^{3+} ionini ammoniy florid kompleks $[\text{FeF}_6]^{3-}$ holida bog'laydi. Vino va limon kislotalar yordamida ham Fe^{3+} ning juda murakkab kationlari hosil bo'ladi.

Kompleks hosil bo'lishi reaksiyalaridan ba'zi qiyin eriydigan (AgCl , AgBr , AgI va boshqa) moddalarni eritishda ham foydalaniladi. Bunda ularga ammiak, tio-sulfat, yodid eritmaları ta'sir ettiriladi. Masalan:



Kimyoviy analizda kompleks birikmalarning guruhchalari, ya'ni kataksimon yoki xelat birikmalar ham katta ahamiyatga

ega. Ularning ba'zilari kompleksning ichidagi birikmalar, deb ataladi.

Kompleks ichida birikma hosil qilishga III, IV, V analitik guruhlar kationlaridan Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} va boshqalar ko'proq moyil.

5.4. Oksidlanish-qaytarilish nazariyasi. Oksidimetriya

Atom yoki ionlarning elektronlar berishi yoki biriktirib olishi bilan boradigan reaksiyalar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari deyiladi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining elektron nazariyasi rus kimyogari L.V. Pisarjevskiy tomonidan taklif etilgan. Elektron nazariyasiga ko'ra elektronlarning bir atom yoki iondan boshqa atom yoki ionga o'tishi bilan boradigan kimyoviy jarayonlar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari, deb ataladi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida oksidlovchi elektronlar biriktirib olib qaytariladi, qaytaruvchi esa elektronlar chiqarib oksidlanadi, atom yoki ionning valentliklari o'zgaradi, oksidlanayotgan atom yoki ionning valentligi ortadi, qaytarilayotgan atom yoki ionlarning valentligi esa kamayadi. Masalan, Fe^{2+} ning Fe^{3+} ga, Cl^- ning Cl_2 ga va Mn^{2+} va MnO_4^- gacha kamayadi.

Oksidlovchi va qaytaruvchilar bir-biridan o'zlarining kuchlariga qarab farqlanadi. Kuchli oksidlovchilarda elektronlarni biriktirib olish xossasi kuchli bo'ladi. Aksincha, kuchsiz oksidlovchilarning elektron biriktirish xossasi juda kuchli bo'ladi. Shu sababli ular faqat kuchli (elektronlarni osongina boradigan) qaytaruvchilarnigina oksidlay oladi.

Oksidlash potentsiallari kattaligiga qarab oksidlovchi va qaytaruvchilarning kuchlari haqida fikr yuritishi mumkin.

Hech qachon mutlaqo, toza oksidlovchi yoki mutlaqo toza qaytaruvchi bo'lmaydi. Eritmada ular o'zlarining oksidlanish va qaytarilish mahsulotlari bilan aralash holda uchraydi. Masalan, qaytaruvchi bo'lgan Fe^{2+} ionlari bor eritmada hamma vaqt uning oksidlangan mahsuloti Fe^{3+} ionlari bo'ladi. Demak, ayrim oksidlovchi yoki ayrim qaytaruvchining oksidlanish poten-

siali haqida emas, balki $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$, $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$, $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ kabi oksidlanish-qaytarilish juftlarining oksidlanish-qaytarilish potentsiali to'g'risida gapirish to'g'riroq bo'ladi.

Oksidlanish-qaytarilish potentsiali E konsentratsiyaga va temperaturaga bog'liqligi (jadval) Nernst tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$E = E^\circ + \frac{2,3RT}{nF} \ln \frac{[Ox]}{[Red]}$$

bunda: E° — standart oksidlanish-qaytarilish potentsiali, V ;

R — universal gaz doimiysi, $8,313 \text{ J/mol}$;

T — Kelvin shkalasidagi temperatura ($t + 273$);

F — Faradey soni, 96540 kulon.

n — reaksiyada ishtirok etgan elektronlar soni yoki ionlar soni;

$[Ox]$, $[Red]$ — oksidlangan va qaytarilgan moddaning konsentratsiyalari yoki umumiy holda:

$$E = E^\circ + \frac{0,058}{n} \ln \frac{[Ox]}{[Red]}$$

bu yerda: $0,058 = \text{const}$, $\frac{2,3RT}{F}$ ga teng bo'ladi.

Kuchli oksidlovchilarni va qaytaruvchilarni ajratib yozilsa, quyidagicha bo'lishi mumkin:

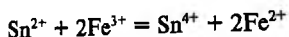
Kuchli oksidlovchilar: xlorli, bromli suv, H_2O_2 , Na_2O_2 , KClO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, HNO_3 , MnO_2 , NaBiO_3 , PbO_2 , Na_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KMnO_4 , KIO_3 , KBrO_3 zar suvi, Ag^+ , Hg^{+2} , Fe^{+3} , Cu^{+2} va boshqalar.

Oksidlovchining oksidlovchilik qobiliyati elektron biriktirib olishi bilan xarakterlanadi va kuchli qaytaruvchilar: Zn , Fe , Al metallari, H_2O_2 , SnCl_2 , H_2S , H_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Fe^{+2} , Ti^{+3} , Cr^{+2} , yodid, bromid va boshqalar.

Qaytaruvchilarning qaytaruvchanligini xarakterlash uchun u son jihatdan elektronni tortib oladi, oksidlanadi va valentligi oshadi.

Elektron nazariyasi nuqtayi nazaridan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida elektronlarning bir atom yoki iondan boshqa atom yoki ionga o'tishi bilan boradigan kimyoviy jarayonga aytiladi.

Masalan,

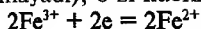


bu yerda: Sn^{2+} ionlari ikki elektron yo'qotib, Sn^{4+} ionlariga aylanadi, oksidlanadi yoki



Sn^{2+} , Sn^{4+} gacha oksidlanib, o'zi qaytaruvchi bo'ladi.

Sn^{2+} ionlari yo'qotgan elektronlar ikkita Fe^{3+} ioniga o'tib, qaytariladi (zaryadi kamayadi), o'zi kuchli oksidlovchi.



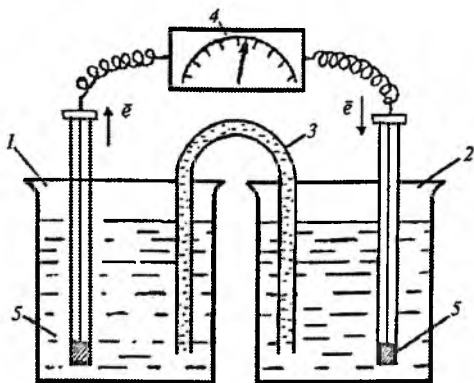
Bu reaksiya elektronlarning bir iondan boshqa ionga o'tishi bilan borishini tajribada isbotlash mumkin. Elektr o'tkazuvchanligini oshirish maqsadida HCl qo'shib, kislotali muhitda keltirilgan FeCl_3 va SnCl_2 ning 0,1 M eritmalarini ikkita stakanga solamiz (24-rasmga qarang). (1, 2) stakanlardagi eritmalarini ionlar bir stakandan ikkinchisiga diffuziyalana oladigan bo'lishi uchun KCl eritmasi bilan to'latilgan «elektrolitik kalit» deb ataluvchi «U»simon nay (2) orqali tutashtiramiz. So'ngra har bir eritma orqali tutashtiramiz. Keyin har bir eritmaga platina elektrodlar tushirib, ularni sezgir voltmetr (3) ulangan sim bilan o'zaro ulaymiz. Voltmetr strelkasining burilishi biz tuzgan galvanik elementning tashqi zanjirida elektr toki paydo bo'lganini va uning yo'nalishini ko'rsatadi. Bu yerda elektronlar SnCl_2 eritmasi solingan (2) idishdan, FeCl_3 eritmasi solingan (1) idishga o'tadi. Birozdan keyin, bu eritmalarini tegishli reaktivlar bilan tekshirib ko'rsak, SnCl_2 eritmasida Sn^{4+} ionlari, FeCl_3 eritmasida Fe^{2+} ionlari paydo bo'lganligini bilamiz.

Bu tajriba haqiqatan ham 2 va 1 — stakanlarda tenglama (1 va 2)lar bilan ifodalanadigan jarayon borishini va elektron Sn^{2+} ionlaridan Fe^{3+} ionlariga o'tadi. Bu tenglamalarni hadlab qo'shib, galvanik elementda boradigan reaksiyaning umumiy tenglamasini qo'shib chiqamiz:



Cl^- ionlari galvanik element ishlayotganda hech qanday o'zgarishga uchramaydi, faqat idish (1)dan idish (2)ga nay (3) orqali o'tib, ichki zanjirga tok tashiydi.

Galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini (EYuK) potensiometr yordamida o'lchash mumkin. U ayrim qaytaruvchidan elektronning oksidlovchiga o'tish xususiyatini ko'rsatadi.



24-rasm. Galvanik element sxemasi: 1, 2 – tutash idish, stakanlar; 3 – elektrolitik kalit; 4 – galvanometr; 5 – platina elektrodlar.

Ikkala elektrod orasidagi potensiallar farqi ΔE hisoblanadi:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

bunda: E_1 – oksidlovchining potentsiali, E_2 – qaytaruvchining potentsiali.

Ko‘rib chiqilgan reaksiyada (1) Sn^{2+} ionlari oksidlanib, Sn^{4+} ga aylanadi. Fe^{3+} ionlari esa qaytarilib, Fe^{2+} ga aylanadi. Aytilganlarga ko‘ra, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida oksidlovchining roli oksidlanayotgan moddadan chiqayotgan elektronlarni qabul qilishidir. Aksincha, qaytaruvchi, ya‘ni oksidlanayotgan modda elektron beradi.

Agar boshqa oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari ham galvanik elementda o‘tkazilsa, u reaksiyalarda ham elektr toki paydo bo‘ladi. Galvanik elementda reaksiya natijasida kimyoviy energiya elektr energiyasiga aylanadi.

Bunday elementlarning har biri ma‘lum elektr erituvchi kuch (ΔE)ga ega bo‘ladi. Bu kuch reaksiyaga qatnashayotgan moddalarning elektronlarini qaytadan taqsimlashga intilishining o‘lchovi bo‘ladi va shuning uchun ham kimyoviy jihatdan katta ahamiyatga ega.

Eritmadagi elektronlar eritmada bo‘sh holda qolmaydilar. Ular bir atom, molekula, ionlardan, albatta, ikkinchisiga o‘tadi.

Oksidlanish-qaytarilish normal potentsiallari, E° , V

T/r	Oksidlangan forma		Qaytarilgan forma	E° , V
1.	F_2	$+2\bar{e}$	$2F^-$	+2,87
2.	$S_2O_3^{2-}$	$+2\bar{e}$	$2S_4O_6^{2-}$	+2,05
3.	$NaBiO_3 + 4H^+$	$+2\bar{e}$	$BiO^- + Na^+ + 2H_2O$	+1,8
4.	$MnO_4^- + 8H^+$	$+5\bar{e}$	$Mn^{+2} + 4H_2O$	+1,51
5.	Cl_2	$+2\bar{e}$	$2Cl^-$	+1,359
6.	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	$+6\bar{e}$	$2Cr^{+3} + 7H_2O$	+1,33
7.	$NO_3^- + 4H^+$	$+3\bar{e}$	$NO + 2H_2O$	+0,96
8.	Ag^+	$+\bar{e}$	Ag	+0,799
9.	Fe^{+3}	$+\bar{e}$	Fe^{+2}	+0,77
10.	I_2	$+2\bar{e}$	$2I^-$	+0,54
11.	Pb^{+2}	$+2\bar{e}$	Pb	-0,13
12.	Co^{+2}	$+2\bar{e}$	Co	-0,28
13.	$Fe(OH)_3$	$+\bar{e}$	$Fe(OH) + OH^-$	-0,56
14.	Mn^{+2}	$+2\bar{e}$	Mn	-1,19
15.	O S	$O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$	$2H_2O$	+1,23
		$S + 2H^+ + 2\bar{e}$	H_2S	+0,14
		$S_2O_8^{2-} + 2\bar{e}$	$2SO_4^{2-}$	+2,01
16.	Zn	$Zn^{+2} + 2$	Zn	-0,76

Bir modda oksidlansa (elektron chiqarsa), ikkinchi modda, albatta, qaytariladi (elektron qabul qilib, valentligi kamayadi). Shuning uchun oksidlanish jarayonida modda qancha elektron bersa, qaytarilish jarayonida shu elektronlar soni qabul qilinadi. Bu albatta, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarni tenglashda ishlatiladi. Reaksiyada bergan yoki olgan elektronlar soni shu moddani oksidlash darajasini ifodalaydi.

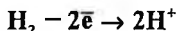
1. Vodorod va asosan metallar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida asosan elektronni beradilar. Vodorod uchun oksidlash darajasi – 1.

2. Kislorod esa, albatta, ikkita elektron qabul qiladi, qaytarilish darajasi – 2.

3. Molekula doim elektroneytral, chunki modda bergan elektron soni doim qabul qilingan ikkinchi modda bilan elektronlar soni bir xil bo'ladi.

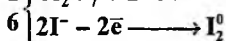
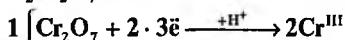
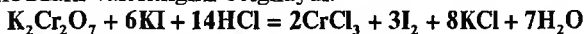
4. H_2SO_4 molekulasida oltingugurtning oksidlash darajasini ko'rib chiqamiz.

Ikkita vodorod atomini oksidlash darajasi, bo'ladi $1 \cdot 2 = 2$, chunki:



Kislorodni qaytarilishida 1 atom uchun ikkiga teng, ya'ni to'rtta atom kislorod qaytarilsa: $2 \cdot 4 = 8$ elektron ishtirok etadi, ya'ni $8 - 2 = 6$ elektron oltingugurt atomi uchun, demak, oltingugurtning oksidlanish darajasi 6 ga teng.

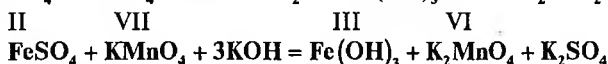
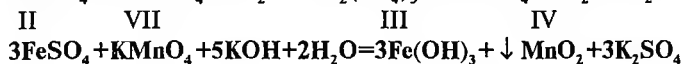
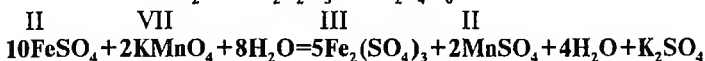
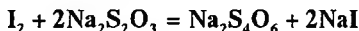
5. Moddani olgan yoki qabul qilingan elektronlarni farqi shu moddani valentligini belgilaydi.



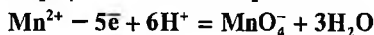
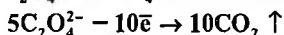
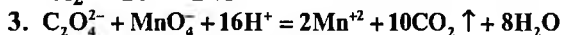
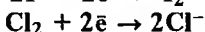
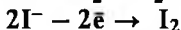
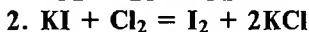
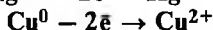
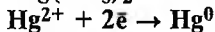
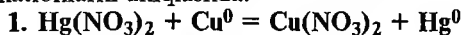
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ da Cr ning valentligi

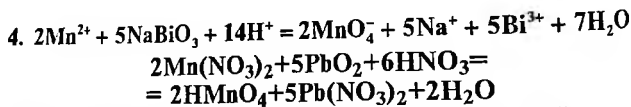
$$+6, 2\text{K} = +2, 7\text{O} = -14, 2\text{Cr} = +12$$

ga teng.



Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining kimyoviy analizida ahamiyati katta. Masalan, ulardan quyidagi hollarda foydalaniлади, kationlarni aniqlashda:





Bu reaksiya Mn^{2+} kationini ochish uchun qo'llaniladi.

Tarkibida III guruh kationlari bo'lgan aralashma analiz qilinayotganda oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari Mn^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} kationlarini aniqlashda va ajratishda ishlatiladi. Masalan, Mn^{2+} va Fe^{2+} , Zn^{2+} va Al^{3+} dan ajratish uchun kationlar aralashmasidan iborat eritmaga H_2O_2 va NaOH qo'shib, kationlar oksidlanadi. Fe^{2+} va Mn^{2+} ning oksidlanishdan hosil bo'lgan Fe^{3+} va Mn^{4+} gidroksidlar cho'kmaga tushadi. Al^{3+} va Zn^{2+} kationlar, alyuminat AlO_2^- va sinkat ZnO_2^{2-} lar hosil qilib eritmada qoladi.

Titrimetrik analizda (miqdoriy) oksidlanish-qaytarilish xossasiga ega bo'lgan elementlar miqdorini aniqlash. Masalan, oksidlovchilarni CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, MnO_4^- , BiO_3^{3-} , IO_3^- , ClO_3^- yoki qaytaruvchilarni S^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, I^- , Br^- , Fe^{+2} , Mn^{+2} va boshqalar.

5.5. Amfoterlik

Ma'lumki, tipik metallarning gidroksidlari asoslardir. Metallmaslarning va ba'zi tipik bo'lmagan metallarning masalan, xrom, marganes gidroksidlari o'zlarining kimyoviy xossalari bilan qarama-qarshi bo'lgan birikmalar sinfi kislotalarga kiradi.

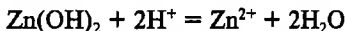
Bir qator moddalar eritmalarda sharoitga qarab ham kislota, ham asos xossalarini namoyon qiladi. Ma'lumki, tipik metallarning gidroksidlari asoslardir.

Metallmaslarning va ba'zi metallarning gidroksidlari o'zlarining kimyoviy xossalari jihatidan gidroksidlarga qarama-qarshi bo'lgan birikmalar sinfi — kislotalar qatoriga kiradi. Shunday gidroksidlar ham borki, ular ham kislota, ham asos xossalarini namoyon qiladi, ular amfoter gidroksidlar, bu hodisaning o'zi esa amfoterlik deyiladi.

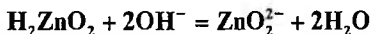
Amfoter gidroksidlarga $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$ va boshqalar kiradi.

Amfoter gidroksidga misol sifatida rux gidroksidning ayrim xossalarini ko'rib chiqamiz. $\text{Zn}(\text{OH})_2$ boshqa asoslar singari

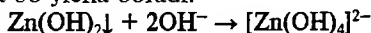
kislotalarda erib tuz hosil qiladi va asos xossalarini namoyon qiladi:



Ammo Zn(OH)_2 ishqorlarda ham eriydi va sinkatlar hosil qiladi:



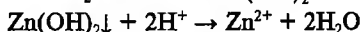
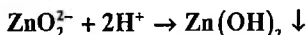
Rux gidroksidining ortiqcha miqdordagi ishqorda erishi quyidagi tenglama bo'yicha boradi:



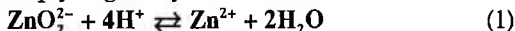
ya'ni, kompleks anion hosil bo'ladi.

Kislotali eritmalarda rux ionlari, asosan, Zn(OH)_2 kationlari holida, ishqorli muhitda esa ZnO_2^{2-} anionlari holida bo'ladi.

Agar ZnO_2^{2-} ionini Zn^{2+} kationlariga aylantirish kerak bo'lsa, eritmaga kislota qo'shish zarur. Bunda avval Zn(OH)_2 cho'kmasi hosil bo'ladi, so'ngra u ortiqcha qo'shilgan kislota erib ketadi:

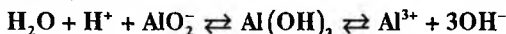


Umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

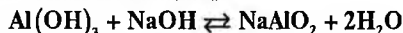


Zn(OH)_2 ga H^+ ionlari bog'lovchi ishqor ta'sir ettirsak, ishqor ortiqcha miqdorda qo'shilganda, yana ZnO_2^{2-} anionlarini hosil qiladi. Demak, bu reaksiya (1) qaytar bo'ladi va rux tuzlarining eritmalarida har qanday sharoitda ham Zn^{2+} kationlari, ham ZnO_2^{2-} anionlari bo'ladi; ular konsentratsiyalarining nisbati eritmadagi H^+ ionlarining konsentratsiyasi bilan belgilanadi.

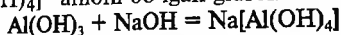
Amfoter gidroksidlarning asos xossalari kislotali muhitda, kislota xossalari esa ishqoriy muhitda namoyon bo'ladi. Masalan, Al(OH)_3 ham asos, ham kislota xossalarini namoyon qiladi va suvdagi eritmalarda H^+ hamda OH^- ionlarini hosil qilib dissotsiylanadi:



Shuning uchun alyuminiy gidroksid kislotalarda ham, ishqorlarda ham eriydi. Al(OH)_3 ning o'yuvchi ishqorda erishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:



Haqiqatda alyuminiy gidroksid Al(OH)_3 ishqorlar ta'sirida tarkibida $[\text{Al(OH)}_4]^-$ anioni bo'lgan gidroksotuzlar hosil qiladi:



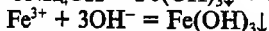
Amfoter gidroksidlardagi metall ionlarning amfoterlik xossalariidan foydalanib, ularni III guruhning boshqa kationlaridan ajratish mumkin. KOH ta'sirida III guruhning barcha kationlari gidroksidlar ko'rinishida cho'kadi. Ammo ortiqcha ishqor ta'sir ettirilganda Al(OH)_3 , Cr(OH)_3 va Zn(OH)_2 gidroksidlar eriydi. Ular eritmada sinkat ZnO_2^{2-} , alyuminat AlO_2^- va xromit CrO_2^- , anionlari holida bo'ladi.

Sifat analizida amfoterlikdan ionlarni ajratishda, ularning eritma tarkibida borligini isbotlash uchun ham foydalaniladi. Masalan, aralashmada Al^{3+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} kationlar bo'lgan eritmaga natriy gidroksid NaOH ni qo'shsak, ionlarning bir qismi cho'kmaga tushadi: Fe(OH)_3 , Mn(OH)_2 , Ni(OH)_2 , Co(OH)_2 ; eritmada esa AlO_2^- , ZnO_2^{2-} , PbO_2^{2-} , ionlar qoladi.

5.6. Temir Fe^{3+} kationlarining reaksiyalari

Tajribalar FeCl_3 yoki $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ larning suvdagi eritmalaridan foydalanib o'tkaziladi.

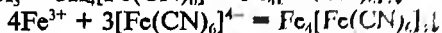
1. Ishqorlar NaOH yoki KOH va ammoniy gidroksid NH_4OH Fe^{3+} kationi bilan qizil-qo'ng'ir cho'kma Fe(OH)_3 ni hosil qiladi:



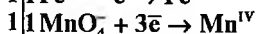
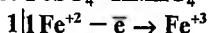
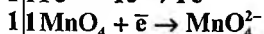
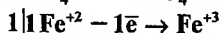
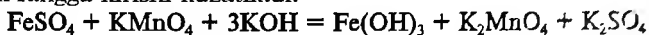
Temir (III) gidroksid xrom va alyuminiy gidroksiddan farqli o'laroq mo'l ishqorlarda erimaydi. Bu gidroksidning eruvchanlik ko'paytmasi ($EK_{\text{Fe(OH)}_3} = 3,2 \cdot 10^{-38}$) juda kichik bo'lganligi uchun ammoniy tuzlarida ham erimaydi.

Temir (III) xlorid eritmasining 3—4 tomchisiga 2—3 tomchi ishqor yoki ammoniy gidroksid eritmasidan qo'shiladi, qizil-qo'ng'ir cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

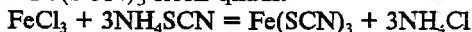
2. Kaliy geksasianoferrat (II) $\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6]$, Fe^{3+} kationlari bilan to'q ko'k rangli cho'kma «berlin zangorisi» $\text{Fe}_4[\text{Fe(CN)}_6]_3$ ni hosil qiladi.



Probirkaga 2–3 tomchi temir (III) tuzi eritmasidan solib, 3–4 tomchi distillangan suv, 1–2 tomchi xlorid kislotasi eritmasi va 2 tomchi kaliy geksasianoferrat (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ eritmasidan qo'shiladi. Ko'k cho'kma hosil bo'lishi yoki eritmaning ko'k rangga kirishi kuzatiladi.

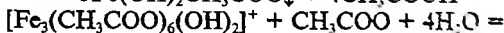
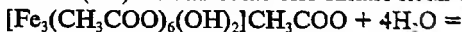


3. Kaliy rodanid KCNS yoki ammoniy rodanid NH_4CNS Fe^{3+} kationlarini suvda yaxshi eriydigan qizil qon rangli temir (III) rodanid $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ hosil qiladi:



Probirkaga 2–3 tomchi temir (III) tuzi eritmasidan solib, ustiga 4 tomchi distillangan suv va 2 tomchi kaliy yoki ammoniy rodanid eritmasidan qo'shiladi. Eritma rangi qizil qon rangga bo'ladi.

4. Natriy asetat CH_3COONa sovuqda Fe^{3+} kationlari bilan reaksiyaga kirishib, eritmani qizil-qo'ng'ir rangga kiruvchi kompleks ion – digidroksoheksaasetat ferrati (III) ni hosil qiladi. Kompleks birikma eritmasini qaynatilganda qo'ng'ir rangli asosli tuz – temir (III) dioksiasetat cho'kmasi hosil bo'ladi.



Uzoq vaqt davomida eritmani qaynatish amalda eritmadan Fe^{3+} kationlarini ajratishga imkon beradi. Al^{3+} kationlari tuzi eritmalaridan natriy asetat $\text{Al}(\text{OH})_2\text{CH}_3\text{COO}$ cho'kmasini hosil qiladi.

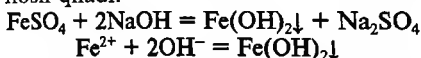
Ayni reaksiyalar sistematik analiz qilishda Fe^{3+} va Al^{3+} kationlarini III guruhning boshqa kationlaridan asetatli usul bo'y-

cha ajratishga xizmat qiladi. III guruhning boshqa kationlari CH_3COONa bilan cho'kma hosil qilmaydi.

Temir Fe^{2+} kationining reaksiyalari

Reaksiyalar temir (II) sulfat FeSO_4 ning suvdagi eritmalari-dan foydalanib, o'tkaziladi.

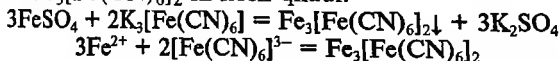
1. **Ishqorlar NaOH yoki KOH va ammoniy gidroksid NH_4OH** Fe^{2+} kationlari bilan odatdagi sharoitda oq rangli emas, balki xira yashil rangli temir (II) gidroksid $\text{Fe}(\text{OH})_2$ cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkaga 2–3 tomchi temir (II)-sulfat eritmasidan solib, ustiga 5 tomchi distillangan suv va 2 tomchi natriy gidroksid eritmasidan qo'shiladi.

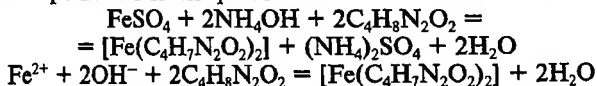
Qoramtir-yashil rangli cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Ammiak eritmasi Fe^{2+} ionlarini to'liq cho'ktirmaydi. NH_4OH ning dissotsiyanlashini kamaytiruvchi ammoniy tuzlari ishtirokida cho'kma umuman hosil bo'lmaydi.

2. **Kaliy geksasianoferrat (III) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$** Fe^{2+} kationlari bilan o'zaro ta'sirlashib «turnbul ko'ki» deb ataluvchi ko'k cho'kma $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ ni hosil qiladi:



Probirkaga temir (II) sulfat eritmasidan 2–3 tomchi solib, 4–5 tomchi distillangan suv va 2 tomchi kaliy geksasianoferrat (III) eritmasidan qo'shiladi. Ko'k cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Reaksiya sezgir bo'lib, Fe^{2+} kationlariga xos reaksiya hisoblanadi.

3. **Dimetilgliksim** Fe^{2+} kationlari bilan pushti-qizil rangli ichki kompleks tuz hosil qiladi:



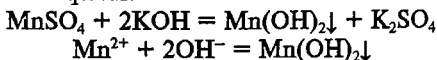
Konussimon probirkaga 1–2 tomchi temir (II) tuzi eritmasidan o'tkaziladi, 1 tomchi vino kislotasi eritmasi va 2–3 tomchi NH_4OH qo'shiladi, so'ngra dimetilgliksimning spirt-dagi eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi. Eruvchan kompleks birikma

temir (II) dimetilglioksimatning pushti-qizg'ish eritmasi hosil bo'ladi.

5.7. Mn^{+2} kationlarining reaksiyalari

Tajribalarni bajarishda marganes (II) nitrat $Mn(NO_3)_2$ va marganes (II) sulfat $MnSO_4$ eritmalaridan foydalaniladi.

1. O'yuvchi ishqorlar NaOH yoki KOH va ammoniy gidroksid NH_4OH Mn^{2+} ionlari bilan marganes (II) gidroksidning oq cho'kmasini hosil qiladi:

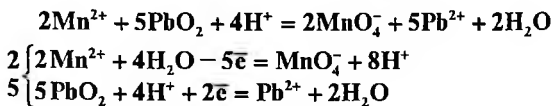


Marganes (II) sulfat eritmasidan probirkaga 3–4 tomchi solib, 3–4 tomchi distillangan suv va 4–5 tomchi ishqor eritmasidan qo'shamiz. Oq cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Bu cho'kma rangi vaqt o'tishi bilan havodagi kislorod ta'siri natijasida oksidlanib sarg'ish-qo'ng'ir bo'ladi.

Ammiak eritmasi NH_4OH ham Mn^{2+} ionlarini $Mn(OH)_2$ holida cho'ktiradi, lekin ammoniy tuzlari ishtiroki cho'kmani erib ketishiga olib keladi.

2. Mn^{+2} tuzi qo'rg'oshin (IV) oksid PbO_2 ta'sirida nitrat kislota ishtirokida qizdirilganda Mn^{+2} ionni Mn^{+7} gacha oksidlanadi:

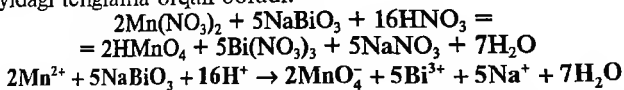
$2Mn(NO_3)_2 + 5PbO_2 + 6HNO_3 = 2MnO_4^- + 5Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$
yoki



Tajribani bajarish uchun kukun holidagi PbO_2 dan probirkadagi 2–3 tomchi eritmaga ozroq qo'shiladi va ustiga HNO_3 ning 6 n eritmasidan 4–5 tomchi tomizib qizdiriladi. 1–2 daqiqadan keyin sentrifugalanadi va cho'kmani ajratmay turib, eritmaning rangi ko'zdan kechiriladi. Agar u pushti-binafsha rangli (MnO_4^- ionlari rangi) bo'lsa, tekshirilayotgan eritmada Mn (II) ionlari bor bo'ladi va bu reaktiv bilan reaksiya olib borib bo'lmaydi.

Bu yerda oksidlovchi vazifasini PbO_2 bajaradi, to'g'rirog'i uning tarkibiga kirgan qo'rg'oshin (IV) — qo'rg'oshin (II) ga qaytariladi.

3. Mn^{2+} ionini natriy vismuniyat NaBiO_3 bilan oksidlanish quyidagi tenglama orqali boradi:

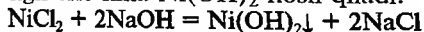


Probirkada 1–2 tomchi marganes (II) tuzi eritmasi 3–4 tomchi 6HNO_3 eritmasi va 5–6 tomchi suv tomiziladi, shundan keyin kurakcha yordamida ozgina NaBiO_3 kukunidan solinadi, ortiqcha reaktiv sentrifugalab, eritmadan ajratiladi. Mn^{2+} ion bor bo'lsa, eritma (MnO_4^-) pushti rangga kiradi. Bu reaksiya juda sezgir va qulaydir.

5.8. Ni^{2+} kationlarining reaksiyalari

Nikel (II) tuzining suvdagi eritmaları yashil rangli bo'ladi. Tajribalarni NiCl_2 yoki NiSO_4 tuzlarining suvdagi eritmalaridan foydalanib o'tkazish mumkin.

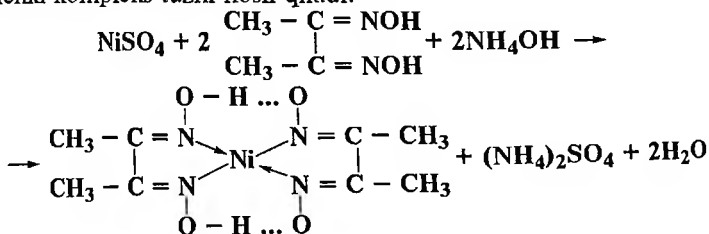
1. **O'yuvchi ishqorlar yoki NH_4OH eritmasi.** Ni^{2+} ion bilan yashil rangli cho'kma $\text{Ni}(\text{OH})_2$ hosil qiladi:



NH_4OH Ni^{2+} ion bilan avval asosli tuz $(\text{NiOH})_2\text{SO}_4$ ning yashil cho'kmasini hosil qiladi, ortiqcha NH_4OH qo'shilsa, cho'kma erib, zangori tusli kompleks tuz hosil bo'ladi:



2. **Dimetilglioksim (Chugayev reaktivi)** Ni^{2+} ion bilan ammiakli muhitda o'ziga xos qizg'ish pushti rang cho'kma — ichki kompleks tuzni hosil qiladi:

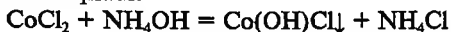


Reaksiya o'tkazish uchun nikel tuzining 2–3 tomchi eritmasiga suyultirilgan NH_4OH eritmasidan 4–5 tomchi va dimetilglioksimning spirtidagi 1 %li eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi, bunda cho'kma nikel dimetilglioksimat hosil bo'ladi.

Ni^{+2} ionlari aniqlanayotgan eritmada Fe^{+2} ionlari bo'lmasiligi kerak, chunki Fe^{+2} ionlari dimetilglioksim bilan birikib, suvda eruvchan ichki kompleks birikma hosil qiladi, bu esa Ni^{+2} ni aniqlashga xalal beradi. Agar Ni^{+2} ionini dimetilglioksim yordamida aniqlash reaksiyasi filtr qog'ozda Na_2HPO_4 ishtirokida o'tkazilsa, xalal beradigan ionlar bo'lgan taqdirda ham Ni^{+2} ni bimalol aniqlash mumkin. Qog'ozga 1 tomchi Na_2HPO_4 eritmasidan tomiziladi, so'ng hosil bo'lgan nam dog'ga kapillyar uchida olingan tekshirilayotgan eritmadan tomiziladi, hosil bo'lgan dog'ning atrofiga kapillyarda dimetilglioksim eritmasidan tomizilib chiqiladi va qog'ozning reaksiya o'tkazilayotgan joyi NH_4OH bilan tomiziladi. Agar Ni^{+2} eritmada bo'lsa, dog'ning sirti bir tekis pushti rangga kiradi.

Co^{+2} kationlarining reaksiyalari

1. Ammiak NH_4OH , Co^{+2} ion bilan ko'k rangli asosli tuz cho'kmasini hosil qiladi:



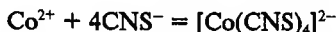
Bu cho'kma mo'l miqdordagi NH_4OH da yoki ammoniy tuzlari ishtirokida erib, xira sariq rangli kompleks birikma hosil qiladi:



2. Ammoniy rodanid NH_4CNS ion bilan Co^{+2} ion kompleks tuz hosil qiladi:



yoki

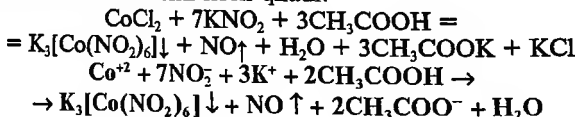


Eritmaga amil spirt (yoki uning efir bilan aralashmasi) qo'shib chayqatilganda hosil bo'lgan kompleks birikmalar organik erituvchida, qatlamiga o'tib, uni ko'k rangga bo'yaydi, reaksiyaning sezgirligi oshadi.

Bu reaksiyani o'tkazishda 2 tomchi kobalt (II) tuzi eritmasiga 8 tomchi $4\text{NH}_4\text{CNS}$ ning to'yingan eritmasidan (ozroq qu-

ruq tuzidan solinsa, reaksiya yana ham yaxshi o'tadi) va 5–6 tomchi amil spirti qo'shiladi. Fe^{+2} ionlarining eritmada bo'lishi bu reaksiyaga xalal beradi, chunki u ammoniy rodanid bilan bog'lanib, qizil qon rangli temir rodanid hosil qiladi va Co^{+2} ioni hosil qiladigan rangini bo'g'ib qo'yadi. Shuning uchun eritmaning qizil rangi yo'qolguncha NH_4F yoki NaF eritmasidan qo'shiladi, Fe^{+3} ioni $[\text{FeF}_6]^{3-}$ kompleks anion holida bog'lanadi.

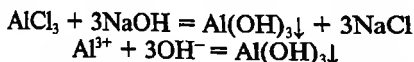
3. Kaliy nitrat KNO_3 , kislotali muhitda kobalt (II) tuzining eritmasiga ta'sir ettirilganda, kompleks tuz $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ning sariq kristall cho'kmasini hosil qiladi:



5.9. Alyuminiy Al^{3+} kationlarining reaksiyalari

Tajribalar alyuminiyning xlorid, sulfat, nitrat kabi biror suvda yaxshi eruvchan tuzlaridan foydalanib o'tkaziladi.

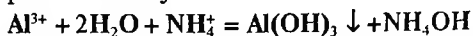
1. O'yuvchi ishqorlar NaOH va KOH alyuminiy tuzlariga ta'sir qilib, oq rangli $\text{Al}(\text{OH})_3$ ning amorf cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkaga 4–5 tomchi Al^{3+} kationi tuzidan solib, ustiga NaOH ning 2 N eritmasidan 1 tomchi qo'shiladi va isitiladi. Oq amorf cho'kma $\text{Al}(\text{OH})_3$ ning hosil bo'lishi kuzatiladi. Hosil bo'lgan cho'kmani ikki qismga bo'lib, bir qismiga biror kislota eritmasi, ikkinchi qismiga natriy gidroksid eritmasi qo'shilsa, cho'kma ikkala holda ham amfoterlik xossasiga ega bo'lgani uchun erib ketadi.

Agar reaksiyani $\text{Al}(\text{OH})_3$ ning hosil bo'lish bosqichida to'xtatish kerak bo'lsa, eritmaning pH ini kamaytiradigan (lekin pH qiymatini 5 dan kamaytirib yubormaydigan) reaktiv ta'sir ettirish kerak. Bunday reaktiv NH_4Cl dir. Haqiqatan ham, NH_4^+ ionlari OH^- ionlarini bog'lab hosil qiladigan eritmaning pH qiymatini kamaytiradi.

Bu holda cho'kma erimaydi va reaksiya $\text{Al}(\text{OH})_3$ ning hosil bo'lish, bosqichida to'xtaydi:

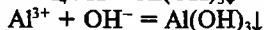
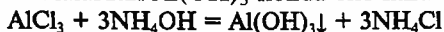


Bu reaksiyadan sistematik analizda Al^{3+} ni topish uchun ko'p foydalaniladi. Bir necha tomchi alyuminat eritmasiga NH_4Cl ning to'yingan eritmasidan (yoki ozgina qattiq tuzidan) qo'shib, bir necha daqiqa davomida isitiladi. $\text{Al}(\text{OH})_3$ ning cho'kmasi ko'pincha eritmaning yuziga qalqib chiqadigan oq iviq holida hosil bo'ladi.

Reaksiyaning yaxshi chiqishi uchun eritmani ammiak bata-mom chiqib ketguncha uzoq vaqt qizdirish (qaynatish) kerak. Eritmadagi ishqor bilan NH_4Cl ning o'zaro ta'siridan hosil bo'ladigan ammiakning miqdori ko'p bo'lib, eritmaning pH qiymati 10 dan ortib ketsa, u holda $\text{Al}(\text{OH})_3$ cho'kmasi hosil bo'lmaydi. Shuning uchun eritma kislotali muhitga o'tishiga qadar, unga HCl qo'shish yo'li bilan AlO_2^- ionini Al^{3+} kationiga o'tkazish va shundan keyingina alyuminiy ionini NH_4OH ta'sirida gidroksid holida cho'ktirish ancha yaxshi chiqadi.

$\text{Al}(\text{OH})_3$ ning eruvchanlik ko'paytmasi juda kichik bo'lganligi va Al^{3+} ionini ammiak bilan kompleks hosil qilmasligi sababli $\text{Al}(\text{OH})_3$ cho'kmasi ammoniy tuzlarida erimaydi. Shuning uchun Al^{3+} (eritmada) ammiak eritmasi bilan ammoniy tuzlari aralashmasi ta'sirida ham cho'kmaga tushadi.

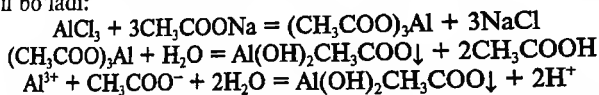
2. Ammoniy gidroksid NH_4OH ishqorlarga o'xshash Al^{3+} kationlarini eritmalaridan $\text{Al}(\text{OH})_3$ holida cho'ktiradi:



Probirkaga 2 tomchi alyuminiyning suvda eruvchi tuzi eritmasidan solib, ustiga 3 tomchi NH_4OH ning 2 N eritmasidan qo'shiladi va isitiladi. Bunda alyuminiy gidroksidning oq cho'kmasi hosil bo'ladi. $\text{Al}(\text{OH})_3$ cho'kmasi ammoniy tuzlarida kichik eruvchanlik ko'paytmasiga ega bo'lganligi sababli erimaydi. NH_4OH va NH_4Cl aralashmasi ta'sir ettirib Al^{3+} kationini Zn^{2+} kationlari ishtirokida ham ochish mumkin, chunki bunda Zn^{2+} kationlari cho'kma hosil qilmaydi.

3. Natriy asetat CH_3COONa alyuminiy tuzlariga ta'sir et-

tirilsa, alyuminiy digidrooksiasetatning oq ipir-ipir cho'kmasi hosil bo'ladi:

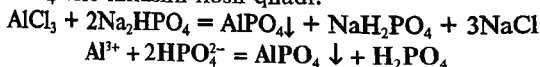


Alyuminiy tuzining 3–4 tomchi eritmasiga shuncha tomchi natriy asetat eritmasidan va 2–3 tomchi suv qo'shib qaynatiladi. Oq cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

Fe^{3+} tuzlariga natriy asetat ta'sir ettirib qizdirilganda, qo'n-g'ir cho'kma $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{CH}_3\text{COO}$ hosil qiladi.

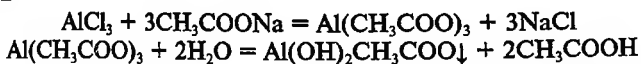
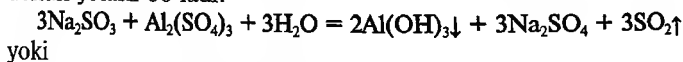
III guruhning boshqa kationlari natriy asetat bilan cho'kma hosil qilmaydi.

4. Natriy gidrofosfat Na_2HPO_4 Al^{3+} kationlari bilan oq rangli AlPO_4 cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkaga 3–4 tomchi alyuminiy tuzi eritmasidan solib, ustiga shuncha miqdorda natriy gidrofosfat tuzi eritmasidan qo'shamiz. Alyuminiy fosfat AlPO_4 ning oq cho'kmasi hosil bo'ladi. Bu cho'kma sirka kislotada erimaydi, lekin kuchli kislotalarda eriydi. III guruhning boshqa kationlari natriy gidrofosfat bilan ham cho'kma beradi. Bu cho'kmalarning hammasi kuchli kislotalar, shuningdek sirka kislotada ham eriydi.

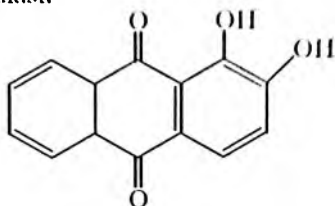
5. Kuchsiz kislotalarning tuzlari Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KHO_2 , $\text{CH}_3\text{COONa}(\text{NH}_4)_2\text{S}$ kabi gidrolizlanadi, natijada hosil bo'lgan OH^- ionlarining konsentratsiyasi Al^{3+} ionlarini cho'ktirish uchun yetarli bo'ladi:



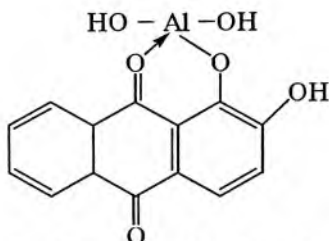
$\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ tuzining gidroliz darajasi oshirilganda yoki eritma qaynatilganda oq iviqsimon cho'kmaning hosil bo'lish tezligi ortadi.

6. Alizarin (1, 2 – dioksiantraxinon) alyuminiy gidroksid bilan alyuminiy loki deb ataladigan to'q qizil rangli qiyin eruvchan birikma hosil qiladi.

Alizarin formulasi:



Hosil bo'ladigan birikmaning tarkibi quyidagi formulaga javob berishi mumkin.



Alyuminiy tuzi eritmasidan bir tomchi olib, filtr qog'oz tasma-siga tomiziladi va $\text{Al}(\text{OH})_3$ hosil bo'lishi uchun ammoniy gidroksidning konsentrlangan eritmasi ustida 1–2 daqiqa tutib turiladi. Shundan keyin alizarinning spirtli eritmasidan bir tomchi qo'shiladi va qog'oz qaytadan ammiak bug'iga tutiladi. Binafsha fonda pushti-qizil dog'ning hosil bo'lishi alyuminiy ionlari borligini ko'rsatadi. Agar filtr qog'oz ehtiyotkorlik bilan quritilsa, ammiak uchib ketadi va binafsha fon qizil bo'yoq aniq ko'rinadigan sariq fon bilan almashinadi.

Agar eritmada uchinchi guruhning boshqa kationlari ham bo'lsa, bu holda ularni cho'ktirish kerak bo'ladi. Buning uchun filtr qog'oz avval $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ eritmasi bilan ho'llanadi va quritiladi, so'ngra reaksiya o'tkaziladi. Bunda uchinchi guruhning boshqa ionlari ferrosianid ta'sirida cho'kadi va nam dog' markazida qoladi, alyuminiy ionlari esa diffuziyaning tufayli dog'ning chetlariga suriladi va alizarin ta'sirida qizil halqa ko'rinishidagi alyuminiy lokini hosil qiladi.

Quruq usulda o'tkaziladigan reaksiyada filtr qog'ozga alyuminiy tuzi eritmasidan va $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ning suyultirilgan eritmasi-

dan bir tomchidan tomiziladi, so'ngra filtr qog'oz tasmasi quritiladi va yondiriladi. Agar filtr qog'ozda Al^{3+} bor bo'lsa, zangori rangli kul va zangori massa $\text{Co}(\text{AlO}_2)_2$ — «tonar zangorisi» qoladi:



7. **Alyuminon — auringrikarbon kislotaning ammoniyli tuzi** $\text{C}_{22}\text{H}_{11}\text{O}_9(\text{NH}_4)_2$ alyuminiy kationlari bilan qizil rangli birikma hosil qiladi.

Probirkaga tekshiriladigan alyuminiy tuzi eritmasidan 4–5 tomchi solinadi, ustiga sirka kislotaning 2 N eritmasidan 2–3 tomchi va 4–5 tomchi alyuminon eritmasi (0,1 %li eritmasi) qo'shiladi.

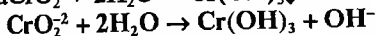
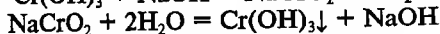
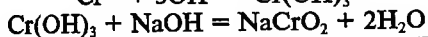
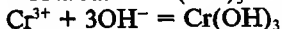
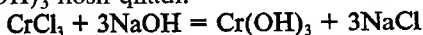
Probirkani ichidagi aralashmasi bilan suv hammomida istiladi, so'ng ammiak eritmasidan ishqoriy muhit hosil bo'lguncha qo'shiladi, keyin ammoniy karbonatning 2 N eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi. Bunda qizil cho'kma yoki qizil rang hosil bo'lishi kuzatiladi.

5.10. Cr^{3+} kationlarining reaksiyalari

Xrom xromat va bixromat kislotaning ikki qator: (xrom (III) va xrom (IV) xromat tuzlarini hosil qiladi. Har xil oksidlovchilar ta'sirida xrom (III) kislotaning CrO_2^+ (xromation) yoki bixromat kislotaning $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (bixromat ion) anionlarini hosil qilib, olti valentli bo'lib qoladi.

Cr^{3+} kationi tuzlarining eritmaları yashil rangli bo'lib, oksidlovchilar ta'siridan sariq rangli CrO_2^+ va to'q sariq rangli $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ionlariga aylanadi.

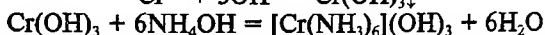
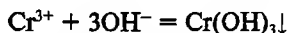
1. **O'yuvchi ishqorlar NaOH va KOH** Cr^{3+} ioni bilan amfoter xossaga ega bo'lgan binafsha yoki xira ko'k rangli cho'kma $\text{Cr}(\text{OH})_3$ hosil qiladi:



$\text{Cr}(\text{OH})_3$ ga ishqor ta'sir ettirilganda, hosil bo'ladigan xro-

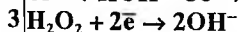
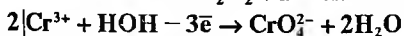
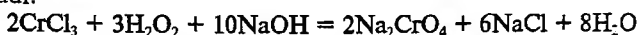
mitlar (NaCrO va KCrO_2) tiniq yashil ranglidir. Bu tuzlar eritmasi qaynatilganda, parchalanib (gidrolizlanib), $\text{Cr}(\text{OH})_3$ hosil qilishi bilan alyuminatlardan farq qiladi.

2. Ammoniy gidroksid bilan o'tkaziladigan reaksiya. NH_4OH xrom ionlari bilan xrom (III) gidroksid $\text{Cr}(\text{OH})_3$ cho'kmasini hosil qiladi, bu cho'kma mo'l NH_4OH da qisman eriydi va $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_3$ tarkibli kompleks birikma hosil qiladi:



Xrom (III) turli oksidlovchilar, masalan, H_2O_2 , Na_2O_2 , Cl_2 , Br_2 , KMnO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ va boshqalar ta'sirida oksidlanib, xrom (IV) ga aylanadi. Ishqoriy muhitda CrO_4^{2-} ionlari hosil bo'ladi. Kislotali muhitda oksidlanish $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ionlarining hosil bo'lishiga olib keladi. Ayrim misollarni ko'rib chiqamiz.

a) Cr^{3+} ionining vodorod peroksid ta'sirida ishqoriy muhitda CrO_4^{2-} gacha oksidlanishi quyidagi tenglamaga muvofiq boradi:



Vodorod peroksid $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ oksidlovchidir. U qaytarilganda peroksid bog' uziladi. Bunda H_2O_2 molekulasida ikkita elektron qabul qiladi.

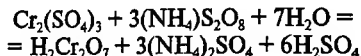
Xrom (VI) borligini bilish uchun quyidagicha tekshirish olib borish mumkin. Olingan eritmalarga ishqoriy muhitni neytrallashtirish uchun ozroq sirka kislota qo'shiladi va 3–4 tomchi bariy xlorid eritmasi tomiziladi.

Eritmada CrO_4^{2-} ionlari bo'lsa, BaCrO_4 ning sariq cho'kmasi hosil bo'ladi.

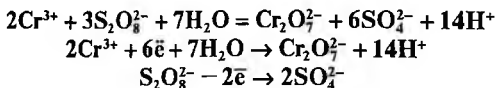
Xrom (III) tuzining 2–3 tomchi eritmasiga 2 n ishqor eritmasidan 4–5 tomchi va 3 %li vodorod peroksid eritmasidan 3–5 tomchi qo'shiladi. Hosil bo'lgan aralashma eritmada CrO_4^{2-} ioniga xos sariq rangga o'tguncha qizdiriladi.

b) Cr^{3+} ionining ammoniy yoki kaliy persulfatning kislotali muhitdagi eritmasida katalizator sifatidagi AgNO_3 ishtirokida

oksidlanib, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ioniga aylanishi quyidagi tenglama bo'yicha boradi:



yoki

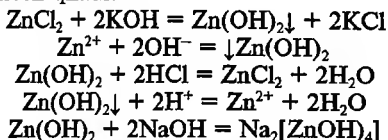


Reaksiya o'tkazish uchun probirkaga $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ning eritmasidan 5–6 tomchi tomizib, unga 2 n H_2SO_4 (yoki HNO_3) eritmasidan 1 tomchi va kumush tuzi eritmasidan (katalizator) qo'shiladi, so'ngra hosil bo'lgan oksidlovchi aralashmaga $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ yoki $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ eritmasidan 2–3 tomchi tomiziladi va aralashma qizdiriladi. Bunda eritma rangining o'zgarishi kuzatiladi. (CrCl_3 dan qo'shish mumkin emas; Cl^- ionlari kuchli oksidlovchilar bilan sof xlogacha oksidlanadi).

5.11. Zn^{2+} kationlarining reaksiyalari

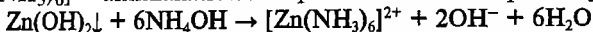
Zn^{2+} tuzlarining eritmalari rangsiz bo'ladi.

1. O'yuvchi ishqorlar NaOH va KOH rux ionlari bilan kislota va ishqorlarda eriydigan (amfoter) oq rangli iviqsimon cho'kma rux gidroksid hosil qiladi:



Sinkat ionlari ZnO_2^{2-} alyuminatlardan farqli ravishda NH_4Cl ta'sirida $\text{Zn}(\text{OH})_2$ cho'kmasini hosil qilmaydi, chunki $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ammoniy tuzlarida erib ketadi.

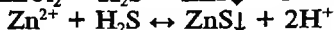
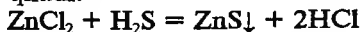
Ammiak NH_4OH Zn^{2+} ionlari bilan $\text{Zn}(\text{OH})_2$ cho'kmasini hosil qiladi, bu cho'kma mo'l NH_4OH da $[\text{Zr}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ yoki $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ammiakatrux kompleks ionini hosil qilib eriydi:



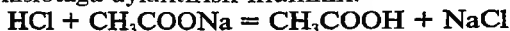
Rux gidroksidning eruvchanlik ko'paytmasi ancha katta $EK_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 7,1 \cdot 10^{-18} \text{ mol/l}$ bo'lgani uchun ammoniy tuzlarida

ham eriydi. Shu sababli Zn^{2+} ionlari ammoniy tuzi ishtirokida gidroksid holida cho'kmaydi.

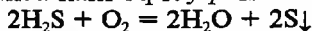
Vodorod sulfid rux ionlari bilan rux sulfid ZnS ning oq cho'kmasini hosil qiladi:



Hosil bo'lgan cho'kma xlorid kislotada qisman erigani uchun cho'ktirish to'liq bo'lmaydi. Eritmaga natriy asetat CH_3COONa qo'shish bilan kuchli kislotali rux sulfid erimaydigan sirka kislotaga aylantirish mumkin:

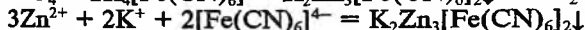
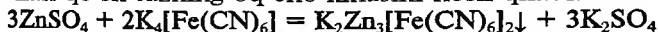


Ba'zan, tarkibida Zn^{2+} ionlari bo'lmagan eritma orqali vodorod sulfid o'tkazilganda ham oq loyqa hosil bo'ladi:



HCl da erimasligi bilan oltingugurt ZnS dan farq qiladi.

3. Kaliy geksasianoferrat (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ rux tuzlari eritmasi bilan qo'sh tuzning oq cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkaga rux tuzi eritmasidan 2–3 tomchisini joylashtirib, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ eritmasidan 3 tomchi qo'shiladi va qaynaguncha qizdiriladi. Bunda oq cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

4. Ditizon (Difeniltiokarbazon) $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{N}_4\text{CS}$ ning xloroformdagi eritmasi Zn^{2+} kationlari bilan qizil ichki kompleks birikma hosil qiladi.

Probirkaga 2–3 tomchi tekshirilayotgan rux tuzi eritmasidan solib tiniq eritma hosil bo'lguncha natriy gidroksidning 2 N eritmasidan 5–6 tomchi qo'shiladi. Hosil bo'lgan tiniq eritmadan kichik chinni tigelga 1 tomchi solinadi va ustiga ditizonning xloroformdagi eritmasidan 2–3 tomchi qo'shib, erituvchining hammasi uchib ketguncha shisha tayoqcha bilan aralashiriladi. Zn^{2+} kationlari bo'lishidan suvli eritma qizil rangga kiradi. Ditizon rux kationini III guruhning boshqa kationlari ishtirokida ham tekshiriladigan aralashmaning ayrim ulushidan topishga imkon beradi.

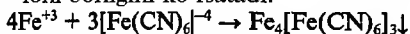
5.12. III guruh kationlari aralashmasidan ayrim kationlarni (Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}) aniqlash

Uchinchi guruh kationlarini aniqlash reaksiyalari umumlashtirilgan holda 12-jadvalda berilgan. Endi shu kationlar aralashmasidan ayrim kationlarni topish usullarini ko'rib chiqamiz (13-jadval).

1. Fe^{2+} ionini $\text{K}_3(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ kaliy ferrisianid (III) bilan aniqlash. III guruh kationlari tuzlari eritmalarining 2–3 tomchi aralashmasiga (berilgan 1) Fe^{2+} ionini kaliy ferrisianid (III) bilan aniqlash. III guruh kationlari tuzlari eritmalarining 2–3 tomchi aralashmasiga (berilgan kontrol eritmaga) 2–3 tomchi suv, bir tomchi 2 n HCl va 3–4 tomchi $\text{K}_3[(\text{Fe}(\text{CN})_6)]$ qo'shiladi, to'q ko'k rangli «turnbul ko'ki» cho'kmasi paydo bo'lishi aralashmada Fe^{2+} ion borligini ko'rsatadi.

2. Fe^{3+} ionini aniqlash.

a) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – kaliy ferrosianid (II) ta'sirida topish. 2–3 tomchi berilgan kontrol eritmaga 2 tomchi suv, bir tomchi 2 n HCl va 2–3 tomchi $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ qo'shiladi, to'q ko'k rangli «Berlin lazuri» cho'kmasi hosil bo'lishi aniqlanayotgan eritmada Fe^{3+} ion borligini ko'rsatadi:

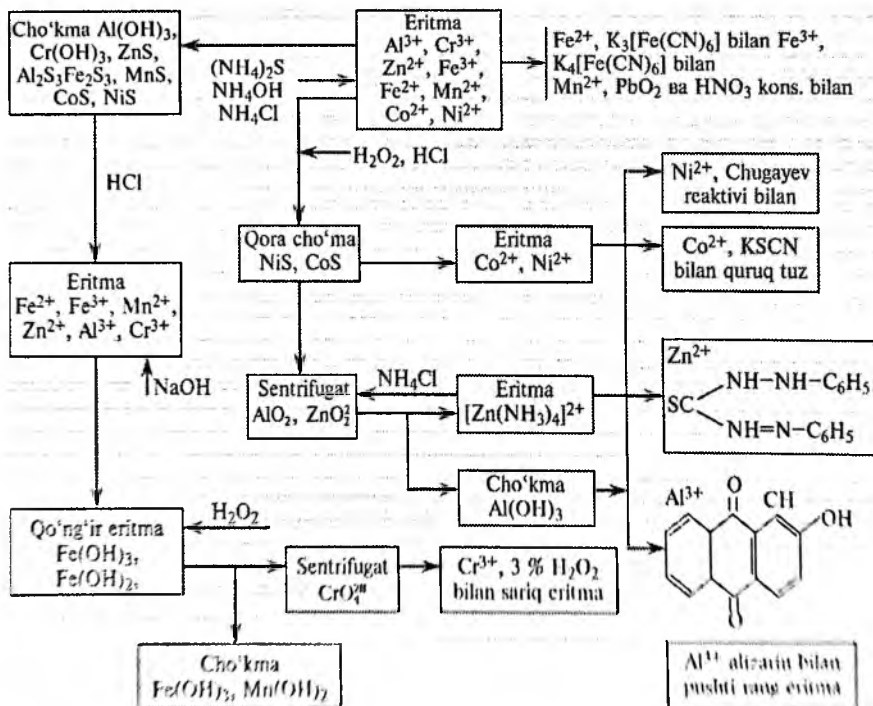


b) NH_4CNS yoki KCNS ta'sirida topish. 2–3 tomchi berilgan kontrol eritmaga 1–2 tomchi NH_4CNS yoki KCNS tomiziladi. Bunda suvda yaxshi eriydigan qizil qon rangidagi temir (III) – rodanid $\text{Fe}(\text{CNS})_3$ hosil bo'lsa, berilgan eritmada Fe^{3+} ion borligini ko'rsatadi.

3. Mn^{+2} ionini NaBiO_3 ta'sirida aniqlash. 10–15 tomchi konsentrlangan HNO_3 kislotaga shisha qoshiqchada quruq natriy vismutat NaBiO_3 dan ozgina solinadi va ustiga bir tomchi berilgan eritma tomiziladi, suv hammomida qizdiriladi. 3–5 daqiqa davomida pushti rangli eritma hosil bo'lishi, berilgan eritmada Mn^{2+} ion borligini ko'rsatadi.

Mikrokristalloskopik reaksiya. Ozroq CH_3COOH qo'shilgan rux tuzi eritmasidan shisha plastinkaga bir tomchi olib, unga $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$ dan bir tomchi qo'shiladi va hosil bo'lgan $\text{Zn}[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$ kristallari mikroskopda ko'riladi. Ular xarakterli krest va dendritlar shaklida bo'ladi (25- a rasm).

III guruh kationlarning aralashmasini analiz qilish tartibi



Mineral kislotalar qo'shilgan yoki suyultirilgan rux tuzi eritmasidan kristallar tomonlari teng bo'lmagan uchburchak va ponalar shaklida bo'ladi (25- b rasm).



25-rasm. $\text{Zn}[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$: a — odatdagi sharoit;
b — mineral kislotalar ishtirokida.

4. Co^{2+} ionini ammoniy rodanid NH_4CNS (yoki KCNS) ta'sirida aniqlash. Agar berilgan eritmada qizil qon rangli birikma hosil qiladigan Fe^{3+} ion borligi aniqlansa, eritmaga qizil rang yo'qolguncha qoshiqchada NaF natriy florid quruq tuz ozozdan qo'shiladi va aralashtiriladi. Shundan keyin NH_4CNS ning benzolli (yoki asetonli) eritmasidan 6–8 tomchi tomiziladi, eritmaning organik qavatida chiroyli ko'k rang paydo bo'lishi Co^{2+} ion borligini ko'rsatadi.

5. Ni^{2+} ionini dimetilglioksim (DMG) bilan topish. Agar eritmada Fe^{2+} ion borligi aniqlansa, eritmaga 5–6 tomchi 3 %li H_2O_2 (Fe^{2+} ionini Fe^{3+} gacha oksidlash uchun) eritma qo'shiladi va ozgina qizdiriladi, keyin 10–12 tomchi konsentrlangan NH_4OH qo'shiladi, suv hammomida qizdiriladi va so'ngra sentrifugalanadi. Cho'kmadan ajratilgan eritmaga 3–4 tomchi DMG (Chugayev reaktivi) qo'shiladi, qizil rangli cho'kmaning paydo bo'lishi berilgan eritmada ionining borligini ko'rsatadi.

5.13. I, II va III analitik guruh kationlari aralashmasining analizi

III guruh kationlarini o'rganishda II va I guruhlardagiga qaraganda juda xilma-xil va murakkab kimyoviy o'zgarishlarni uchratish mumkin. Shuning uchun ham III guruh kationlari o'z xususiyatlariga ko'ra bir necha guruhchalarga ajratiladi, natijada kationlar aralashmasidan iborat eritmani turli usullar bilan analiz qilishga imkon tug'iladi. Masalan, vodorod peroksid, ammiak, ishqorlarni qo'llashga asoslangan analiz usullaridan amalda keng foydalaniladi.

Vodorod gidroksid usuli ko'p ahamiyatli bo'lgani uchun bu usulni ko'rib chiqamiz.

Guruhchalarga ajratishda vodorod peroksid qo'llaniladigan usul vodorod peroksid (yoki natriy peroksid) ishtirokida mo'l ishqor ta'sir ettirishga asoslangan. Bunda Al^{3+} va Zn^{2+} kationlar AlO_2^- va ZnO_2^- anionlarga aylanadi va bular Cr^{2+} ning ishqoriy muhitda vodorod peroksid bilan oksidlanishidan hosil bo'lgan CrO_4^{2-} ionlar bilan birga eritmada qoladi. Qolgan kationlar $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{MnO}(\text{OH})_2$, $\text{Co}(\text{OH})_3$ va $\text{Ni}(\text{OH})_2$ holida cho'kmaga tushadi.

Vodorod peroksid qo'llaniladigan usul

1. Cho'kmaning erishi va II guruh sulfatlarini ajratish.

1) Cho'kma va eritmaning rangini kuzatish hamda alohida rangli kationlarni eritmada bor-yo'qligi haqida xulosa chiqarish.

2. Cho'kmaning erishi va II guruh sulfatlarini ajratish. Analiz qilinadigan eritmada cho'kma bo'lsa, u shisha tayoqcha bilan loyqalatiladi va loyqalangan suyuqlikdan 2 tomchisini boshqa probirkaga olib, 3—4 tomchi 2 n li HCl eritmasidan ta'sir ettiriladi. U yaxshilab aralashtiriladi va zaruriyat bo'lsa qizdiriladi. Mabodo cho'kma to'la erib ketsa, uni (tekshirilayotgan eritmaning hammasini) mumkin qadar ozroq miqdordagi 2 n li HCl eritmasida eritiladi. Hosil qilingan eritma quyidagicha tekshiriladi.

Agar cho'kma to'la erimasa, Ba^{2+} va Cr^{2+} sulfatlar borligini ko'rsatadi. Bunday holda eritmaga bir necha tomchi 2 n li

H_2CO_4 eritmasidan qo'shib, u kislotali muhitga keltiriladi. Bu bilan ikki maqsad birdaniga amalga oshadi: bir tomondan kislotada eriydigan hamma cho'kmalar (karbonatlar, gidroksidlar, fosfatlar va boshqalar) eriydi, ikkinchidan II guruh kationlari sulfatlarining hammasini to'liq cho'ktirish uchun SO_4^{2-} ning konsentratsiyasi yetarli bo'lmasa, H_2CO_4 qo'shilgandan so'ng ular to'liq cho'kmaga tushadi. Keyin cho'kishning to'liq bo'lganligi tekshirib ko'riladi. Buning uchun probirkada H_2CO_4 qo'shilgan eritmada ozgina olib, sentrifuga yordamida tiniq eritma ajratib olinadi va unga bir necha tomchn H_2SO_4 tomi-ziladi. Cho'kmaning hosil bo'lmasligi Ba^{2+} va Cr^{2+} sulfatlarining to'liq cho'kkanligini ko'rsatadi.

Eritma sulfatlar cho'kmasi bilan birga qaynab turgan suv hammomida 2–3 daqiqa isitiladi. Erimaydigan BaSO_4 va SrSO_4 cho'kmalar sentrifuga yordamida ajratib olinadi va yuviladi, ko'rsatilganidek tekshiriladi. Eritma quyida ko'rsatilganidek tekshiriladi.

3. Eritmaning pH ini aniqlash. Agar analizning oldingi bosqichida eritmaga kislota qo'shilgan bo'lsa, endi pH III guruh kationlari ammoniy sulfid bilan cho'ktirmasdan oldin, aralash-tirilganda yo'qolib ketmaydigan ozgina loyqa hosil bo'lguncha eritmani neytrallagandan keyin aniqlanadi. Tekshirilayotgan eritmaning pH qiymati 2 dan kichik, ya'ni eritma kuchli kislo-tali bo'lganda ham xuddi shunday qilish kerak. Bu uning tarki-bida erkin kislota bor degan xulosani chiqarishga imkon beradi.

3) NH_4^+ ionni topish. III guruh kationlari guruh reagenti bilan cho'ktirilganida eritmaga NH_4^+ ion kiritiladi va shuning uchun uni cho'ktirishdan oldin eritmaning bir qismidan topish usuli bilan aniqlash kerak. NH_4^+ ion odatdagidek topiladi ya'ni tekshiriladigan eritmaning 1–2 tomchisiga gaz kamerasida mo'l NaOH yoki Nessler reaktivi ta'sir ettiriladi. Nessler reaktivi ishlatilganda 1–2 tomchi eritmaga 3–4 tomchi ishqor ta'sir ettirib, oldin III guruh kationlari gidroksidlari cho'ktiriladi, so'ngra cho'kma sentrifuga yordamida ajratiladi, olingan sen-trifugatdan NH_4^+ non topiladi 3.4-bandga qarang).

4) Fe^{3+} va Fe^{2+} ionlarni III guruh kationlarini cho'ktirish-dan oldin topish kerak, chunki III guruh kationlari cho'ktiril-

ganda va cho'kma HNO_3 da eritilgandan keyin ham temirning hammasi Fe^{3+} ionlar holida bo'ladi.

Agar sulfidlar cho'kmasi va III guruh kationlari gidroksidlari xlorid kislota bilan ishlansa (NiS va CoS ni ajratish uchun) hamma temir vodorod sulfid bilan qaytariladi va Fe^{2+} holida bo'ladi.

Fe^{3+} ni topish uchun probirkada tekshiriladigan eritma, 2 n li HCl eritmasi va $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ eritmasidan 1 tomchidan aralash-tiriladi. Ko'k cho'kma — berlin lazuri $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CH}_6)]$ ning hosil bo'lishi Fe^{3+} ning borligini tasdiqlaydi. Kislotali muhitga keltirilgan eritmaning ikkinchi qismiga bir tomchi NH_4CNS eritmasidan ta'sir ettiriladi; $\text{Fe}(\text{CNS})_3$ ning hosil bo'lishiga ko'ra qizil rang paydo bo'ladi.

Kislotali muhitga keltirilgan eritmaning bir qismiga $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ni ta'sir ettirib, Fe^{2+} ion topiladi. Ko'k cho'kmaning hosil bo'lishi Fe^{2+} ion borligini ko'rsatadi (5.6-bandga qarang).

5) Zn^{2+} ionni eritmaning bir qismidan topish usuli bilan aniqlash maqsadga muvofiqdir, chunki sistematik analizda bu ion boshqa ionlar bilan birga cho'kish sababli, ba'zan uni topish mumkin bo'lmay qoladi. Zn^{2+} ni topish uchun H_2S , yoki ditizon bilan qilinadigan reaksiyadan foydalaniladi (5.11-bandga qarang).

H_2S dan foydalanganda II guruh kationlarining sulfatlari ajratilib olingandan keyin 5 tomchi eritma ustiga chayqatilganda yo'qolib ketmaydigan loyqa hosil bo'lguncha Na_2CO_3 qo'shib neytrallanadi, so'ngra 1—2 tomchi 2 n l HCl eritmasidan eritiladi. Hosil bo'lgan kuchsiz kislotali eritmaga taxminan ikki baravar suv quyiladi va unga CaCO_3 kukunidan shunday miqdorda qo'shiladiki, uni bir daqiqa qattiq chayqatganda bir qismi erimay qoladi. Natijada eritma pH miqdori ortib, taxminan 5 ga yaqinlashadi va reaksiyaga xalal beruvchi Fe^{3+} ion $\text{Fe}(\text{OH})_3$ holida cho'kadi, Zn^{2+} ion esa eritmada qoladi. Cho'kma ajratib tashlanadi, sentrifugatga esa 10 tomchi formatli bufer aralashma qo'shiladi, eritmaning pH ini tekshirib (u 2 ga teng bo'lishi kerak), undan 1—2 daqiqa H_2S gazi o'tkaziladi. HCl qo'shish bilan eriydigan oq cho'kma (loyqa) ZnS ning hosil bo'lishi Zn^{2+} borligini ko'rsatadi. Eritmaga formatli bufer aralashma

o'miga ÷ hajm (tomchilarni aniq hisoblash kerak) 0,05 *n* HCl eritmasidan qo'shish mumkin, so'ngra pH ni tekshirib, vodorod sulfid ta'sir ettiriladi.

30 %li NaOH yoki KOH eritmasini ta'sir ettirib ham Zn^{2+} va Al^{3+} larni III guruhning boshqa kationlaridan ajratish mumkin. Eritmada faqat ZnO_2^{2-} va AlO_2^- qoladi. Shu eritmaga vodorod sulfid ta'sir ettiriladi. Oq cho'kmaning hosil bo'lishi Zn^{2+} ning borligini ko'rsatadi. ZnS ajratilgandan so'ng filtratga CH_3COOH qo'shiladi va vodorod sulfid eritmani qaynatish bilan yo'qotilgandan so'ng Al^{3+} ning bor-yo'qligi tekshirib ko'riladi.

Zn^{2+} ni 5.4-bandda ko'rsatilgan diapazon ta'sirida qilinadigan tomchi reaksiyasi bilan topish mumkin. Xarakterli och qizil rangli rux ditizonat halqasining hosil bo'lishi Zn^{2+} ion borligini ko'rsatadi. Eritmada rux ioni bo'lmasa, natriy ditizonat hosil bo'lishi sababli to'q sariq rangli halqa paydo bo'ladi. Yanglishmaslik uchun reaksiya natijasida hosil bo'lgan dog' yoniga 2 *n* li NaOH eritmasidan tomizish va ditizon ta'sir ettirib, ranglarni solishtirib ko'rish kerak.

6. III guruh kationlarini II va I guruh kationlaridan ajratish. III guruh kationlari Na_2HPO_4 , $(NH_4)_2CO_3$, $(NH_4)_3C_2O_4$ bilan hamda I, II guruh kationlarini analiz qilishda qo'llaniladigan boshqa reaktivlar bilan cho'kma hosil qiladi, shuning uchun III guruh kationlarini birinchi galda eritmada ajratib olish zarur.

Tekshiriladigan eritmada konussimon probirkaga 20–25 tomchi (lekin bundan ko'p emas) olib, unga NH_4Cl eritmasidan 6–8 tomchi qo'shiladi va kislota ammiak bilan neytrallanadi. Ammiakni ortiqcha qo'shish NiS va boshqa sulfidlarning kolloid eritmaları hosil bo'lishiga sababchi bo'ladi, shuning uchun eritmani ammiak bilan juda ehtiyot bo'lib, neytrallash kerak, chunonchi eritmaga 2 *n* li ammiak eritmasidan har gal bir tomchidan qo'shiladi va har gal suyuqlik yaxshilab chayqatiladi. Chayqatilganda yo'qolib ketmaydigan loyqa hosil bo'lguncha yoki eritma kuchsiz ishqoriy ($pH \approx 9$) bo'lguncha (agar NH_4OH qo'shishdan loyqa hosil bo'lmasa) ammiak qo'shish davom ettiriladi. Tekshiriladigan eritmani shu tariqa tayyorlab olib qaynaguncha isitiladi va unga 12–15 tomchi $(NH_4)_2S$ erit-

masini oz-ozdan qo'shib, aralashtirib turgan holda III guruh kationlari cho'ktiriladi. Cho'kma zarrachalarining yaxshi koagullanishi uchun probirkadagi suyuqlik yana qaytadan suv hammomida bir necha daqiqa isitiladi, shundan keyin cho'kma sentrifugalanadi va $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ eritmasidan I tomchi qo'shib, III guruh kationlarining to'la cho'kkanligi tekshirib ko'riladi. Agar ular to'la cho'kmagan bo'lsa, eritmaga yana $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ dan 5-6 tomchi qo'shib isitiladi, cho'kma sentrifugalanadi va cho'kish to'la bo'lgan-bo'lmaganligi tekshirib ko'riladi. III guruh kationlari to'la cho'ktirilgandan keyin, sentrifugat boshqa probirkaga olinadi, cho'kma esa peptizatsiyanmasligi uchun NH_4NO_3 qo'shilgan issiq suv bilan 2 marta yuviladi. Yuvishdan maqsad cho'kmadan adsorbilangan Cl^- ionni yo'qotishdir. Xlor ionni Mn^{2+} ionni oksidlab, MnO_4^- ga aylantirish reaksiyasi yordami bilan topishga xalaqit beradi.

III guruh kationlarini sulfidlari va gidroksidlari cho'kmasini hosil qilgach, cho'kmaning rangiga e'tibor beriladi va shunga asoslanib uning qanday tarkibga ega bo'lishi mumkinligi o'ylab ko'riladi. Cho'kmaning bundan keyingi analizi 5.12-bandda ko'rsatilganidek qilib o'tkaziladi; tarkibida mo'l $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ hamda II va I guruh kationlari bo'lgan sentrifugat ko'rsatmaga muvofiq tekshiriladi (4.9-bandga qarang).

7. Cho'kmaning erishi va Co^{2+} ni topish. Yuvilgan gidroksidlar cho'kmasini qizdirib turib, bir necha tomchi 2 n li H_2CO_4 eritmasida eritiladi. $\text{Co}(\text{OH})_3$ va $\text{MnO}(\text{OH})_2$ sulfat kislotada erimaydi, shuning uchun ularni eritmaga o'tkazish maqsadida H_2CO_4 bilan bir qatorda Co^{III} va Mn^{IV} ni Co^{II} , Mn^{II} ga qaytaradigan biror qulay qaytaruvchi ta'sir ettirish zarur. Qaytaruvchi sifatida eritmaga 3-4 tomchi KNO_2 eritmasidan qo'shiladi. Eritmani 2-3 daqiqa suv hammomida qizdirish natijasida KNO_2 ning ortiqchasi parchalanadi. Eritmaning bir qismidan Co^{2+} ion topiladi. Buning uchun 2 tomchi eritmaga 8-10 tomchi NH_4CNS ning to'yingan eritmasidan (yaxshisi ozroq qattiq tuzdan) qo'shiladi. Agar $\text{Fe}(\text{CNS})_3$ ni hosil qilishi tufayli qizil qon rangini beradigan Fe^{3+} ion borligi aniqlansa, eritmaga qizil rang yo'qolguncha NaF yoki NH_4F qo'shib, Fe^{3+} $[\text{FeF}_6]^{3-}$ kompleksga bog'lanadi. Shundan keyin 5-7 tomchi amil spirt

$C_5H_{11}OH$ (yoki uning efir bilan aralashmasi) qo'shib chayqatiladi. Spirt qatlamidagi ko'k rang $(NH_4)_2[Co(CNS)_4]$ ning hosil bo'lganini ko'rsatadi.

Co^{2+} ionni oldindan NH_4CNS va NH_4F eritmasi shimdirilib quritilgan gazeta qog'ozi yuzasida tomchi reaksiyasi bilan topish yana ham qulayroqdir. Co^{2+} bo'lsa, qog'ozda ko'k dog' paydo bo'ladi. Shuningdek, agar Fe^{3+} ion bo'lganda ham avval $Fe(CNS)_3$ ning qo'ng'ir rangi paydo bo'ladi, lekin u F^- ionning ta'sirida tezda yo'qolib, $[Co(CNS)_4]^{2-}$ ning ko'k rangiga almaslinadi. Co^{2+} ionni mikrokristalloskopik reaksiya bilan yoki Fe^{3+} bo'lmasa, Ilinskiy reaksiyasi bilan topish ham mumkin (5.8-bandga qarang).

8. Mn^{2+} va Fe^{3+} ni topish. 1) Cho'kma 15–20 tomchi suvda loyqalatiladi, shu loyqa suyuqlikdan 1 tomchi olib, ustiga 10 tomchi suv va 5 tomchi 6 n li HNO_3 eritmasi quyiladi hamda ozroq $NaBiO_3$ kukunidan qo'shiladi. Probirkadagi aralashma chayqitilib 1–2 daqiqa kutib turiladi, so'ngra $NaBiO_3$ ning ortiqcha miqdori sentrifugalanadi. Eritmaning qizg'ish binafsha rangi (MnO_4^-) unda marganesning borligini ko'rsatadi.

Buning o'rniga Mn^{2+} ni topish uchun PbO_2 yoki $(NH_4)_2S_2O_3$ bilan qilinadigan reaksiyalardan ham foydalanish mumkin.

MnO_4^- ionni $MnO(OH)_2$ gacha yoki hatto, Mn^{2+} gacha qaytaruvchi Cl^- ionning eritmada bo'lishi ishga xalal berishini esda tutish lozim. Eritmada Cl^- ning miqdori kam bo'lsa, $NaBiO_3$ bilan bo'ladigan reaksiyaning seziluvchanligi boshqalarga qaraganda kamroq bo'ladi (5.7-bandga qarang).

9. Ni^{2+} ni topish. Nikel va kobaltning ammiakli komplekslari borligi taxmin qilingan eritmaning bir qismidan Ni^{2+} ion topiladi. Buning uchun tomchi plastinkasiga eritmasidan 1–2 tomchi solib, unga dimetilglioksimning ammiakli eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi. Qirmizi-qizil cho'kmaning hosil bo'lishi Ni^{2+} ionning borligini ko'rsatadi.

Shu reaksiyani Na_2HPO_4 ustida qilinadigan tomchi usuli bilan bajarish ham mumkin.

Bordi-yu, Ni^{2+} uchun xarakterli rang hosil bo'lmasa, eritmaning ($pH > 10$ bo'lganda) 25 %li sirka kislota qo'shish bilan

pH shunday tartibga solinadiki, uning qiymati 5–9 dan ortib yoki kamayib ketmasligi kerak. Shundan keyin reaksiya qaytadan takrorlanadi (5.8-bandga qarang).

10. CrO_4^{2-} ni topish va uni ajratish. sentrifugatning sariq rangi unda CrO_4^{2-} ion borligini dastlabki eritmada Cr^{3+} ion bo'lganligini ko'rsatadi. Bu CrO_4^{2-} ionining quyidagi reaksiyalari bilan tekshirib ko'riladi:

1) bir bo'lak filtr qog'ozi yuziga tekshirilayotgan sentrifugat olingan kapillyar uchi tegiziladi va u shu holatda bir necha sekund ushlab turiladi. Ho'l dog'ning chetlari benzidin eritmasi solingan kapillyar bilan aylantirib chiqiladi. Ko'k halqaning hosil bo'lishi xrom borligini ko'rsatadi;

2) tekshirilayotgan sentrifugatning 2–3 tomchisiga bir tomchi fenoltalein eritmasidan tomchilatib, 2 *n* li H_2SO_4 eritmasidan qizil rang yo'qolguncha qo'shiladi. Rangsizlangan eritmaga yana 1–2 tomchi kislota qo'shib sovutiladi (agar u issiq bo'lsa) va unga amil spirt ishtirokida H_2O_2 ta'sir ettirib CrO_4^{2-} ion topiladi. Spirt qavatining perxromat kislota H_2CrO_6 ning ko'k rangiga bo'yalishi eritmada CrO_4^{2-} ning borligini tasdiqlaydi.

Agar eritmada CrO_4^{2-} ion borligi aniqlansa, u sirka kislota ishtirokida BaCrO_4 holida cho'ktirib yo'qotiladi. Buning uchun eritmaga (30 %li) sirka kislota qo'shib, pH 4–6 ga yetkaziladi, so'ngra u qizdiriladi va xromat BaCl_2 eritmasi bilan cho'ktiriladi. BaCrO_4 to'la cho'kkandan keyin (BaSO_4 ham bo'lishi mumkin) cho'kma sentrifugalab tashlanadi. Al^{3+} va Zn^{2+} ionlar bilan birga ortiqcha Ba^{2+} ionning bo'lishi mumkin bo'lgan sentrifugat ko'rsatilganidek tekshiriladi (5.10-bandga qarang).

11. Al^{3+} va Zn^{2+} ni topish. Al^{3+} va Zn^{2+} ionlar (yoki agar CrO_4^{2-} ion yo'q bo'lsa, olingan sentrifugatning bir qismidan topiladi. Olingan sentrifugatdan topish uchun eritmaga pH = 5 bo'lguncha 30 %li sirka kislota eritmasidan qo'shiladi. Eritma ikki qismga bo'linadi.

a) Al^{3+} ni topish. Sirka kislotali eritmaning bir qismiga NH_4Cl ning to'yingan eritmasidan bir necha tomchi qo'shiladi (ammoniy tuzlarida eriydigan rux gidroksid cho'kmasi hosil bo'lib qolmasligi uchun) va eritma kuchsiz ishqoriy muhit

(pH $\approx$ 9)ga kelguncha NH_4OH dan qo'shiladi, bir necha daqiqa suv hammomida qizdiriladi. Oq iviq cho'kma $\text{Al}(\text{OH})_3$ ning hosil bo'lishi Al^{3+} ionning borligini ko'rsatadi. Agar u oz miqdorda bo'lsa, $\text{Al}(\text{OH})_3$ iviqlarini diqqat bilan qaralgandagina ko'rish mumkin. Iviqlar ko'pincha yuqoriga qalqib chiqadi.

Cho'kmani olib, Al^{3+} borligi alyuminion, alizarin yoki morin bilan reaksiya qilib ko'rish yo'li bilan tasdiqlanadi. Buning uchun cho'kmani sentrifuga yordamida ajratib yuvish va bir necha tomchi CH_3COOH da qizdirib eritish kerak (5.9-bandga qarang).

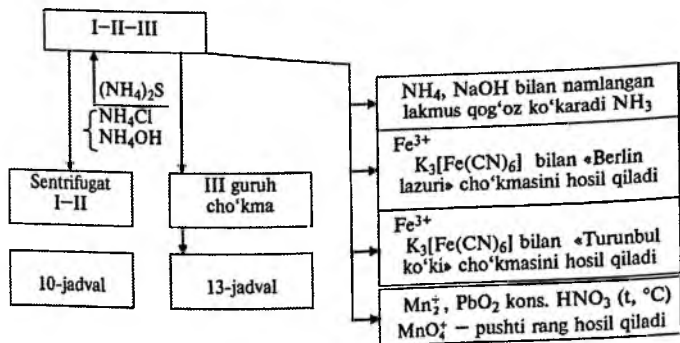
b) Zn^{2+} ni topish. Sirka kislotali eritmaning qolgan qismi qizdiriladi va undan H_2S o'tkaziladi. H_2S da eriydigan oq cho'kma ZnS ning hosil bo'lishi eritmada Zn^{2+} borligini ko'rsatadi.

Tekshirib ko'rish uchun cho'kmani sentrifuga yordamida ajratib, 3–4 tomchi 2 n li HCl eritmasida eritiladi va qizdirilgandan keyin (H_2S ni yo'qotish uchun) olingan eritmada Zn^{2+} ni topish uchun $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$ bilan mikrokristalloskopik reaksiyani yoki $\text{Zn}[\text{Hg}(\text{CNS})_4] + \text{Co}[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$ aralash kristallarning hosil bo'lish reaksiyasi qilib ko'riladi (5.11-bandga qarang).

14-jadval

I–II–III guruh kationlari aralashmasini analizi

NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cr^{+3}



5.14. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. III guruh kationlarining umumiy guruh reagenti nima?
2. III guruh kationlaridan har birining o'ziga xos reaksiyalari tenglamasini yozing.
3. III guruh kationlariga NH_4OH ta'sir ettirilsa, qaysi kationlar, cho'kmaga tushadi? Reaksiyalar tenglamasini yozing.
4. Nima uchun Co^{2+} ionini Fe^{3+} ioni ishtirokida NH_4CNS ta'sirida aniqlab bo'lmaydi?
5. Ni^{2+} ioniga xos reaksiyalarga misollar keltiring.
6. III guruh kationlaridan qaysi biri gidrolizlanadi?
7. Suvning ion ko'paytmasi deganda nimani tushunasiz?
8. 0,0001 n NaOH eritmasidagi $[\text{H}^+]$ ionlar konsentratsiyasi va pH qiymati nimaga teng?
9. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ning gidrolizlanish tenglamasini yozing.
10. III guruh kationlari $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ta'sirida qanday pH da to'la cho'kmaga tushadi?

Tayyorlash uchun savollar dasturi

1. III guruh kationlar eritmasiga $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ta'sir ettirganda to'q ko'k rangli cho'kma (berlin lazuri) tushdi. Qaysi kation analitik effekt berdi?

1) Co^{2+} ; 2) Ni^{2+} ; 3) Fe^{2+} ; 4) Fe^{3+} ; 5) Mn^{2+} .

2. NH_4SCN eritmasi qaysi temir tuzlar eritmasi bilan temir (III) rodonid qizil qon rangi hosil bo'ladi?

- 1) FeCl_3 ; 2) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$;
3) $\text{K}_3[\text{FeF}_6]$; 4) $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$;
5) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

3. III guruh kationlariga NH_4SCN eritmasi ta'sir ettirganda, eritma qizil qon rangga bo'yaladi. Qaysi kationlar analitik effekt beradi?

- 1) Fe^{3+} , Co^{2+} ; 2) Fe^{2+} , Mn^{2+} ;
3) Mn^{2+} , Ni^{2+} ; 4) Cr^{3+} , Fe^{2+} ;
5) Zn^{2+} , Al^{3+} .

4. Qanday sharoitda Fe^{3+} ionli $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ yordamida ochiladi?

- 1) Reaksiya kuchli ishqoriy sharoitda boradi $\text{pH} = 11-14$;
- 2) Reaksiya kuchsiz ishqoriy sharoitda boradi $\text{pH} = 8-10$;
- 3) Reaksiya neytral sharoitda boradi $\text{pH} = 7$;
- 4) Reaksiya kuchsiz kislotali sharoitda boradi $\text{pH} = 4-6$;
- 5) Reaksiya kuchli kislotali sharoitda boradi $\text{pH} = 0-3$.

5. I–III guruh kationlarining aralashmasidan ajratmasdan Fe^{3+} ionini qaysi reagent yordamida ochish mumkin?

- 1) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 2) Na_3HPO_4 ;
- 3) NaOH ;
- 4) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 5) $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$.

6. I–III guruh kationlarining aralashmasidan ajratmasdan Fe^{3+} ionini qaysi reagent yordamida ochish mumkin?

- 1) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 2) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 3) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$;
- 4) NH_4OH ;
- 5) K_2HPO_4 .

7. III guruh kationlari aralashmasiga Ag^+ ishtirokida $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{HNO}_3$ ta'sir ettirilib va qaynatilganda, eritma malina-binafsha rang hosil qildi. Bunda qaysi ion analitik effekt berdi?

- 1) Fe^{2+} , Co^{2+} ;
- 2) Fe^{3+} , Ni^{2+} ;
- 3) Mn^{2+} , Fe^{2+} ;
- 4) Co^{2+} , Ni^{2+} ;
- 5) Fe^{2+} , Fe^{3+} .

8. Cl^- ionli yo'q kationlar aralashmasidan qaysi reaktiv bilan Mn^{2+} kationini to'g'ridan to'g'ri ochish mumkin?

- 1) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$;
- 2) Na_2HPO_4 ;
- 3) NH_4OH ;
- 4) $\text{PbO}_2 + \text{HNO}_3$ (kons.) qizdirib;
- 5) NaOH .

9. Mn^{2+} ionini PbO_2 oksidlovchi yordamida permanganat ionigacha oksidlash reaksiyasi qanday sharoitda olib boriladi?

- 1) HCl ishtirokida qizdirish yo'li bilan;
- 2) HNO_3 ishtirokida xona haroratida;
- 3) Reaksiya kirishuvchi modda konsentratsiyasi yuqori bo'lishi kerak;

- 4) Kam konsentratsiyali Mn^{2+} ionini PbO_2 va HNO_3 ishtirokida qizdirish yo'li bilan;
5) Neytral sharoitda.

10. Mn^{2+} ionini $(NH_4)_2S_2O_8$ eritmasi bilan ochish reaksiyasida Cl^- ionining xalaqit berish ta'sirini qanday yo'qotiladi?

- 1) Eritma reaksiyasida yuqori pH yaratish;
- 2) Eritma reaksiyasida past pH yaratish;
- 3) Aniq sharoit yaratish (harorat va eritmani suyultirish);
- 4) Eruvchan kompleks birikmada Cl^- ionini bog'lash;
- 5) Kam eruvchan birikmada Cl^- ionini bog'lash.

11. Agar $KNO_2 + CH_3COOH$ ta'sirida sariq cho'kma hosil bo'lsa, bu qaysi III guruh kationi bo'ladi?

- 1) Fe^{2+} , Mn^{2+} ;
- 2) Fe^{3+} , Ni^{2+} ;
- 3) Mn^{2+} , Ni^{2+} ;
- 4) Co^{2+} , Mn^{2+} ;
- 5) Fe^{2+} , Fe^{3+} .

12. Co^{2+} ionini KNO_2 reaktivi yordamida ochish uchun qanday sharoit kerak?

- 1) Reaksiya oksidlovchi va qaytaruvchilar ishtirokida kuchli kislotali sharoitda $pH = 0-3$ boradi.
- 2) Reaksiya oksidlovchi va qaytaruvchilar ishtirokida kuchli ishqoriy sharoitda $pH = 11-14$ boradi.
- 3) Reaksiya neytral sharoitda $pH = 7$ boradi.
- 4) Reaksiya oksidlovchi va qaytaruvchilar ishtirokida kuchsiz ishqoriy $pH = 8-10$ boradi.
- 5) Reaksiya oksidlovchi va qaytaruvchilar ishtirokida kuchsiz kislota $pH = 4-6$ boradi.

13. Qaysi III analitik guruh kationi NH_4SCN ishtirokida amil spirtida havorang halqa hosil qiladi?

- 1) Fe^{2+} ;
- 2) Fe^{3+} ;
- 3) Co^{2+} ;
- 4) Ni^{2+} ;
- 5) Mn^{2+} .

14. III-V guruh kationlar aralashmasidan Ni^{2+} ionini quyidagi qaysi reagent bilan ochish mumkin?

- 1) $K_3[Fe(CN)_6]$;
- 2) NH_4OH ;
- 3) NH_4OH mo'l miqdorda;
- 4) Na_2HPO_4 ;
- 5) $[CH_3COOH]_2 + NH_4OH$.

15. Co^{2+} ionini NH_4SCN eritmasi bilan ochishdan avval, eritmadagi Fe^{3+} ni qaysi reaktiv ta'sirida bog'lash kerak?

- 1) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; 2) NaF ; 3) NH_4OH ;
- 4) NaOH ; 5) Na_2CO_3 .

16. III guruh kationlari aralashmasiga ko'p miqdorda ammiakning suvli eritmasi ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) qo'shilganda, eritma qo'ng'ir-sariq rang hosil qildi. Qaysi kation analitik effekt berdi?

- 1) Co^{2+} , Zn^{2+} ;
- 2) Ni^{2+} , Fe^{2+} ;
- 3) Mn^{2+} , Fe^{3+} ;
- 4) Ni^{2+} , Fe^{3+} ;
- 5) Fe^{2+} , Fe^{3+} .

17. Co^{2+} ionini NH_4SCN bilan ochishda Fe^{3+} ionini qanday yo'qotiladi?

- 1) Fe^{3+} ionini kam eruvchan birikmalarda bog'lash;
- 2) Fe^{3+} ionini eruvchan kompleks birikmalarda bog'lash;
- 3) Reaksiyada yuqori pH hosil qilish;
- 4) Reaksiyada past pH hosil qilish;
- 5) Aniq sharoit hosil qilish (harorat va eritmani suyultirish).

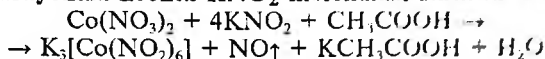
18. III analitik guruh kationlar aralashmasidan kobalt ionini ochish uchun qaysi reaktivdan foydalanish mumkin?

- 1) $\text{KNO}_2 + \text{CH}_3\text{COOH}$;
- 2) NH_4SCN ;
- 3) NaOH ;
- 4) NH_4OH ;
- 5) NaHPO_4 .

19. Quyidagi kompleks tuzlar barqarorligini aniqlang (Kb. hisobga olib)?

- 1) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} - 33,66$;
- 2) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} - 19,09$;
- 3) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} - 4,39$;
- 4) $[\text{Co}(\text{OH})_3] - 10,50$;
- 5) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2-} - 2,2$.

20. Elektron – ion ko‘rinishida oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga yarim reaksiya tenglamasini tuzing va oksidlanish-qaytarilish jarayonida nechta KNO_2 molekulasini ishtirok etadi.



- 1) 2 ta molekula;
- 2) 1 ta molekula;
- 3) 4 ta molekula;
- 4) 5 ta molekula;
- 5) 7 ta molekula.

21. III guruh kationlar eritmasiga Chugayev reaktivi (dimetilglioksim) $[\text{NH}_4\text{OH} + \text{CH}_3\text{CNOH}]_2$ ta'sir ettirgan qizil lola rang cho'kma tushdi. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ bilan reaksiya bermadi. Bu qaysi kationning analitik effekti?

- 1) Ni^{2+} , Mn^{2+} ;
- 2) Co^{2+} , Fe^{3+} ;
- 3) Fe^{2+} , Fe^{3+} ;
- 4) Mn^{2+} , Fe^{2+} ;
- 5) Co^{2+} , Fe^{2+} .

22. Ni^{2+} ionini $[\text{CH}_3\text{CNOH}]_2 + \text{NH}_4\text{OH}$ bilan ochishda Fe^{2+} ionini qanday qilib yo'qotish mumkin?

- 1) Fe^{2+} ionini kompleks birikmalarida bog'lash;
- 2) Fe^{2+} ionini kam eruvchan birikmalarda bog'lash;
- 3) Eritmada yuqori pH hosil qilish;
- 4) Eritmada past pH hosil qilish;
- 5) Reaksiyada aniq sharoit yaratish (harorat va eritma konsentratsiyasini).

23. III guruh kationlar aralashmasiga ortiqcha ammoniakli suvli eritmasini ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) qo'shganda yo'qolmaydigan ko'k rang hosil bo'ladi. Qaysi kation analitik effekt berdi?

- 1) Ni^{2+} , Zn^{2+} ;
- 2) Co^{2+} , Fe^{2+} ;
- 3) Mn^{2+} , Fe^{2+} ;
- 4) Fe^{3+} , Mn^{2+} ;
- 5) Fe^{2+} , Fe^{3+} .

24. Ni^{2+} kationini dimetilglioksim bilan ochishdan oldin Fe^{2+} ionini qaysi reagent bilan bog'lash kerak?

- 1) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 2) NH_4OH ;
- 3) Na_2HPO_4 ;
- 4) Na_2CO_3 ;
- 5) NaOH .

25. III guruh kationlari aralashmasiga ko'p miqdorda ammiak suvli eritmasini ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) qo'shganda cho'kma tushmadi. Bu qaysi kationlar bo'lishi mumkin?

1) Co^{2+} , Ni^{2+} ;	2) Fe^{2+} , Mn^{2+} ;
3) Fe^{3+} , Mn^{2+} ;	4) Fe^{2+} , Ni^{2+} ;
5) Fe^{2+} , Fe^{3+} .	

26. I–III guruh kationlar aralashmasidan qaysi kationlarni to'g'ridan to'g'ri ochish mumkin?

1) Mg^{2+} , Ni^{2+} , Ba^{2+} ;	2) Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} ;
3) Fe^{3+} , Ni^{2+} ;	4) Fe^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+ ;
5) Fe^{2+} , Fe^{3+} .	

27. III guruh kationlar aralashmasiga $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ta'sir ettirilganda, reaksiya natija berdi. Aralashma tarkibida qanday ionlar bor?

- 1) Co^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} ;
- 2) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} ;
- 3) Fe^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ;
- 4) Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} ;
- 5) Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} .

28. III guruh kationlarni aralashmasiga $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ va $[\text{CH}_3\text{CNOH}]_2 + \text{NH}_4\text{OH}$ reaktivlari ta'sirida ijobiy natija olindi. Aralashma tajriba qanday?

1) Fe^{2+} , Mn^{2+} ;	2) Mn^{2+} , Ni^{2+} ;
3) Fe^{3+} , Ni^{2+} ;	4) Mn^{2+} , Co^{2+} ;
5) Fe^{3+} , Mn^{2+} .	

29. III analitik guruh kationlari eritmasiga ko'p miqdorda NaOH ta'sir ettirildi. Eritma tarkibi qanday bo'ladi?

- 1) $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$;
- 2) $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$;
- 3) $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$;
- 4) $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Co}(\text{OH})_2$;
- 5) $\text{Al}(\text{OH})_6^{3-}$, $\text{Cr}(\text{OH})_6^{3-}$, $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$.

30. Quyidagi qaysi gidroksid ko'p miqdorda NaOH da eriydi?

1) $\text{Co}(\text{OH})_2$;	2) $\text{Mn}(\text{OH})_2$;
3) $\text{Ni}(\text{OH})_2$;	4) $\text{Al}(\text{OH})_3$;
5) $\text{Fe}(\text{OH})_3$.	

31. III analitik guruh kationlariga NaOH ta'sir ettirilganda qaysi ion oq cho'kma beradi?

1) Fe^{2+} , Mn^{2+} ;	2) Fe^{3+} , Ni^{2+} ;
3) Co^{2+} , Ni^{2+} ;	4) Mn^{2+} , Ni^{2+} ;
5) Co^{2+} , Fe^{3+} .	

32. Agar III guruh kationlar aralashmasiga NH_4Cl + NH_4OH mo'l miqdorda qo'shilsa qaysi kationlar cho'kmaga tushadi?

1) Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ;	2) Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} ;
3) Fe^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} ;	4) Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} ;
5) Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} .	

33. III analitik guruh kationlarini qaysi reaktiv to'liq cho'kmaga tushiradi?

1) Na_2S	$\text{pH} = 13,9$;
2) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{pH} = 9,3$;
3) $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{pH} = 9,0$;
4) NH_4HS	$\text{pH} = 8,9$;

34. III analitik guruh kationlar aralashmasiga $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ + NH_4OH + NH_4Cl ta'sir ettirildi. Cho'kma ajratilib, suyultirilgan HCl da eritilganda cho'kma erimadi. Eritma qaysi ionlardan tashkil topgan?

1) Fe^{2+} , Mn^{2+} ;	2) Fe^{3+} , Mn^{2+} ;	3) Co^{2+} , Ni^{2+} ;
4) Zn^{2+} , Al^{3+} ;	5) Cr^{3+} , Fe^{2+} .	

35. III guruh kationlar aralashmasiga $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ + NH_4OH + NH_4Cl ta'sir ettirganda qanday tarkibli cho'kma tushadi?

- | |
|---|
| 1) $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, FeS , CoS , NiS ; |
| 2) NiS , MnS , Fe_2S_2 , $\text{Co}(\text{OH})_2$; |

- 3) $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, CoS , Fe_2S_3 ;
- 4) $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, CoS , FeS ;
- 5) NiS , CoS , FeS , Fe_2S_3 , MnS .

36. Qanday sharoitda III guruh kationlari sulfidlari cho'k-maga tushadi?

- 1) Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$;
- 2) Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
- 3) Neytral sharoitda $\text{pH} = 7$;
- 4) Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
- 5) Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$.

37. Ammiakning suvli eritmasi ($\text{NH}_3\text{H}_2\text{O}$) ta'sir ettiril-ganda (NH_4)₂S eritmasi gidroliziga qanday ta'sir qiladi?

- 1) Yo'q qiladi;
- 2) Kuchaytiriladi;
- 3) Ta'sirlanmaydi;
- 4) Kamaytiradi.

38. Quyidagi qaysi amfoter gidroksid nisbatan ko'proq ish-qoriy xossa namoyon qiladi? (K – ishqoriylik konstantasi)

1) $\text{Pb}(\text{OH})_2$	$K_{\text{Pb}(\text{OH})_2} = 9,6 \cdot 10^{-4}$;
2) $\text{Ca}(\text{OH})_3$	$K_{\text{Ca}(\text{OH})_3} = 1,6 \cdot 10^{-4}$;
3) $\text{Al}(\text{OH})_3$	$K_{\text{Al}(\text{OH})_3} = 8 \cdot 10^{-25}$;
4) $\text{Zn}(\text{OH})_2$	$K_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 1,5 \cdot 10^{-9}$;
5) $\text{Al}(\text{OH})_3$	$K_{\text{Al}(\text{OH})_3} = 1,1 \cdot 10^{-14}$.

39. Quyidagi qaysi amfoter gidroksid kam kislotali xossa namoyon qiladi? (K – kislotalik konstantasi)

1) $\text{Pb}(\text{OH})_2$	$K_{\text{Pb}(\text{OH})_2} = 2 \cdot 10^{-16}$;
2) $\text{Al}(\text{OH})_3$	$K_{\text{Al}(\text{OH})_3} = 4 \cdot 10^{-13}$;
2) $\text{Ca}(\text{OH})_3$	$K_{\text{Ca}(\text{OH})_3} = 1,6 \cdot 10^{-11}$;
4) $\text{Zn}(\text{OH})_2$	$K_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 1,5 \cdot 10^{-9}$;
5) $\text{Al}(\text{OH})_3$	$K_{\text{Al}(\text{OH})_3} = 5,1 \cdot 10^{-10}$.

40. Quyidagi qaysi tuz ichki kompleks birikma hisoblanadi?

1) $K_3[Fe(CN)_6]$;	2) $Na_3[Fe(PO_4)_2]$;
3) $(Na_4)_3[FeF_6]$;	4) $Ni[C_4H_7N_2O_2]_2$;
5) $Na_3[Co(NO_2)_6]$.	

41. Quyidagi qaysi tuz kompleks birikma hisoblanadi?

1) $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$;	2) $NH_4Al(SO_4)_2$;
3) $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$;	4) $KFe(SO_4)_2$;
5) $NH_4Fe(SO_4)_2$.	

VI bob. KATIONLARNING TO'RTINCHI ANALITIK GURUHI

6.1. To'rtinchi guruh kationlarining umumiy tavsifi

Kationlarning to'rtinchi guruhida kislotali muhitda $\text{pH} \sim 0,5$ bo'lganda, vodorod sulfid ta'sirida cho'kadi. Bu sulfidlar ikki guruhga bo'linadi:

1. Mis guruhchasi Cu^{2+} , Cd^{2+} , Bi^{3+} va boshqalar. Bu guruh kationlarining sulfidlari tarkibidagi elementlarning asosli xossalari ancha yuqori bo'lgani uchun ishqorlarda erimaydi.

2. Mishyak guruhchasi As^{III} , As^{V} , Sb^{III} , Sb^{V} , Sn^{IV} va boshqalar. Bu guruh ionlarining sulfidlari ishqorlarda eriydi. Sn^{2+} kation Sn^{IV} ga nisbatan asosli xususiyati ancha yuqori bo'lgani uchun boshqa kationlardan ajralib turadi. Uning sulfidi ishqorlarda, Na_2S va $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ da eriydi. SnS sulfidi faqat ammoniy polisulfidda eriydi, chunki bunda Sn^{2+} ion Sn^{IV} gacha oksidlanadi. Shuningdek, Sn^{2+} ni biror tegishli oksidlovchi ta'sirida oldindan Sn^{IV} gacha oksidlab olish mumkin, ham IV guruh kationlari ammiak sianidlar ta'sirida ammiakli komplekslar hosil qiladilar.

Vodorod sulfidning juda zaharli ekanligini eslatib o'tish dar-kordir, shuning uchun vodorod sulfid bilan qilinadigan hamma ishlar mo'rili shkaftida olib borilishi kerak.

To'rtinchi guruh kationlarining ayrim birikmalari muhim biologik ahamiyatlidir. Mis birikmalari o'simliklarning me'yorida rivojlanishi uchun zarur. Mikroelement tariqasida fermentlar tarkibiga kirib, oqsillar va uglevodlar almashinuvida ta'sir ko'rsatadi, o'simliklarning zamburug' kasalliklariga chidamliligini oshiradi. Tuproq tarkibida mis birikmalarining bo'lmasligi donli ekinlarning hosildorligini keskin kamayishiga olib keladi. Chorva oziqlari tarkibidagi mis miqdorining kamayib ketishi hayvonlarda turli kasalliklarga olib keladi. Mis kationi bir qator zaharli, qishloq xo'jalik zararkunandalariga qarshi ishlatiladigan preparatlar tarkibiga kiradi: mis kuporosi, parij ko'ki $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ va boshqalar.

Simobning ko'pchilik birikmalari juda zaharlidir. Sulema HgCl_2 , etilmerkurlorid $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$ sabzavot urug'larini zamburug' va bakteriyadan saqlash uchun dorilashda ishlatiladi. Kalomel Hg_2Cl_2 tibbiyotda ishlatiladi.

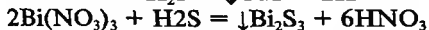
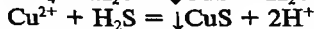
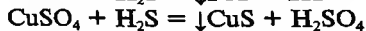
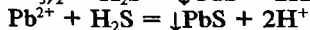
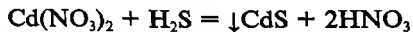
Mishyak birikmalari agrobiologik jarayonlarda muhim vazifani bajaradi. Kam miqdordagi mishyak birikmalari ba'zi bir o'simliklar (arpa, karam)ni o'sishi va rivojlanishini jadallash-tiradi. Mishyak ionlari o'simliklar tomonidan tuproqdagi fosfor birikmalarini o'zlashtirishga imkoniyat beradi. Mishyak birik-malari qishloq xo'jaligida o'simliklar zararkundalariga qarshi ishlatiladigan parij ko'ki $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$, natriy arsenit $\text{Na}_3\text{AsO}_3 + \text{Na}_2\text{HAsO}_3 + \text{NaH}_2\text{AsO}_3$, kalsiy arsenit $\text{Ca}(\text{AsO}_2)_2 + \text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ va boshqalar tarkibiga kiradi.

Surma va qalay ionlarining biologik jarayonlaridagi ish-tiroki yaxshi o'rganilmagan.

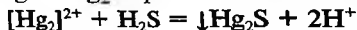
6.2. IV guruh reagentining kationlarga ta'siri

Bu guruhning guruh reagenti kislotali muhitda vodorod sul-fiddir. Vodorod sulfid $\text{pH} = 0,5$ ga teng bo'lganda IV analitik guruhining hamma kationlarini cho'ktiradi. Shuning uchun V analitik guruh kationlarini oldindan eriyadigan xloridlar holi-da ajratib olinadi. Lekin har ikkala guruh kationlarining sulfid-lari xossalari bilan bir vaqtda tanishish maqsadga muvofiq. Tegishli tuz eritmalarining biridan 1–2 tomchi olib, probirkada 5–6 tomchi suv qo'shib suyultiriladi va 2 n HCl eritmasidan bir tomchi qo'shib, olingan eritmadan H_2S o'tkaziladi.

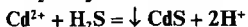
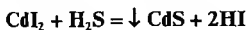
Masalan:



$[\text{Hg}_2]^{2+}$ ion vodorod sulfid ta'siridan, darxol HgS va Hg ga parchalanib ketadigan Hg_2S qora cho'kmani hosil qiladi.



Kadmiy tuzlari eritmasidan xarakterli och sariq tusli cho'kma CdS cho'kadi. uning hosil bo'lishi Cd^{2+} ion uchun xarakterli reaksiyadir.

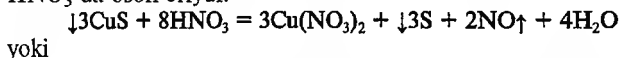


IV va V guruh kationlarining sulfidlari III guruh kationlari sulfidlaridan farq qilib, suyultirilgan kislotalarda (HCl , H_2SO_4) da erimaydi, chunki bu sulfidlarning eruvchanlik ko'paytmasi juda kichik son.

Cho'kma hosil bo'lishini tajribada ko'rish uchun tegishli tuz eritmalarining har biridan probirkaga 1–2 tomchidan olinadi, ustiga 5–6 tomchi suv qo'shib, suyultiriladi va 2 *n* HCl eritmasidan bir tomchi qo'shib, eritmadan H_2S o'tkaziladi. Bunda, tegishli metallarning sulfidlari cho'kmaga tushadi.

Vodorod sulfid juda zaharli moddadir. Shuning uchun ham u bilan qilinadigan hamma ishlar, albatta, mo'rili shkafda olib borilishi kerak.

IV guruh kationlarining sulfidlari III guruh kationlari sulfidlaridan farq qilib, suyultirilgan kislotalarda (HCl , H_2SO_4 da) erimaydi, chunki, bu sulfidlarning eruvchanlik ko'paytmasi shu qadar ozki, ularning eritmaga bergan S^- ionlari, H^+ ionlari bilan amalda bog'lanmaydi. Ammo ular (chunki bu kislota) S^{2-} ionlarini erkin oltingugurtgacha (S) oksidlaydi: suyultirilgan HNO_3 da oson eriydi.



Reaksiya isitish yo'li bilan olib boriladi. Erish jarayonini tezlashtirish uchun aralashmaga ozgina KNO_2 yoki NaNO_2 qo'shish kerak. Bunda reaksiyani katalitik tezlashtiruvchi azot oksidlari hosil bo'ladi.

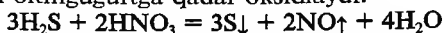
IV guruh kationlarining sulfidlari ichida, eng eruvchani CdS ($EK = 3,6 \cdot 10^{-20} \text{ mol/l}$) bo'lib, u faqatgina HNO_3 dagina emas, balki yetarli darajada konsentrlangan HCl eritmalarida ham eriydi. Masalan, reaksiya isitish yo'li bilan olib borilsa, 1 *n* HCl eritmasi CdS ning anchagina miqdorini eritadi. CdS ning HCl da erishiga sabab, S^{2-} — ionlarining kislota tarkibidagi H^+ ionlari bilan bog'lanishigina emas, balki Cd^{2+} ionlarining konsen-

tratsiyasini kuchli darajada kamaytiradigan $[CdCl_4]^{2-}$ – kompleksining hosil bo'lishidir.

IV guruh kationlari sulfidlari eruvchanlik ko'paytmasining qiymati III guruh kationlari sulfidlarining eruvchanlik ko'paytmasi qiymatidan ancha kichik. Ionlarining juda kichik konsentratsiyalarida $E_{K_{H_2S}} = [H^+]^2 \cdot [S^{2-}] = 6,8 \cdot 10^{-24} \text{ mol/l}$ ham cho'kma hosil bo'ladi.

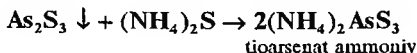
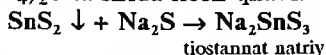
H_2S kislotali muhitda ($pH = 0,5$ bo'lganda) IV guruhning umumiy reagenti hisoblanadi.

Analiz qilinayotgan eritmani kislotali muhitga keltirish uchun faqat HCl ishlatish kerak, chunki nitrat kislota vodorod sulfidni erkin oltingugurtga qadar oksidlaydi:

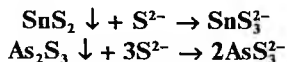


Sulfat kislota esa, Ba^{2+} kationi bilan suvda erimaydigan cho'kma hosil qiladi, sirka kislota ishlatilganda eritmadagi H^+ ionlarining konsentratsiyasi kichik bo'ladi va ZnS ni cho'kmaga tushishi uchun sharoit vujudga keladi.

Mishyak guruhchasi sulfidlari juda kichik eruvchanlik ko'paytmasiga ega, ular suyultirilgan kislotalarda erimaydi va kislotali muhitda ($pH \sim 0,5$ da) vodorod sulfid ta'sirida cho'kadi. Bu sulfidlar mis guruhchasidagi sulfidlardan farq qilib, tiotuzlar Na_2S , K_2S va $(NH_4)_2S$ ta'sirida hosil qiladi:



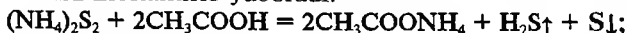
yoki ion shaklida:



$(NH_4)_2S_2$ dan foydalanishning quyidagi kamchiliklari bor:

a) u qisman CuS ni eritadi;

b) eritmaga kislota qo'shilganda, $(NH_4)_2S_2$ ning ortiqcha qismi parchalanishi natijasida, oltingugurt hosil bo'lib, sulfidlar cho'kmasini ifloslantirib yuboradi:



d) $(NH_4)_2S_2$ dan foydalanilganda, ko'pincha sentrifugada qiyin ajraladigan cho'kma hosil bo'ladi.

Tiotuzlar tegashli tiokislotalarning, masalan, tiostannat kis-

lotaning H_2SnS_3 ning tuzlari hisoblanadi. Bu kislotalar tarkibi jihatdan shu elementlarning kislorodli kislotalariga o'xshaydi, ammo ularda kislorod atomi o'rnini oltingugurt atomi egallagan bo'ladi:

stibiati kislota H_3SbO_3 , tiostibit kislota — H_3SbS_3 ,

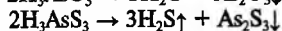
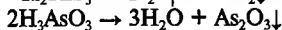
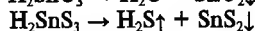
stibiati kislota H_3SbO_4 , tiostibiati kislota — H_3SbS_4 ,

stannat kislota H_2SnO_3 , tiostannat kislota — H_2SbS .

Shuning uchun yuqorida formulalari yozilgan tiotuzlarning olinish reaksiyalari kislotali va asosli oksidlarning o'zaro ta'siridan kislorodli kislotalar tuzlarining hosil bo'lish reaksiyalariga o'xshaydi.

Tiokislotalar qadrsiz kislotali muhitda parchalanib, vodorod sulfid va tegishli sulfid hosil qiladi. Ularning tuzlari esa tiokislotalardan farq qilib, qarorlidir.

Ularni tiokislotalarni tioangridlari, deb atash mumkin, chunki ularga mos keladigan kislorodli kislotalardan suv ajralib chiqqanda angidrid hosil bo'lgani kabi, tiokislotalar ham H_2S ni ajratib qoladi:



Qalay va surma elementlari ikki xil oksid hosil qiladi:

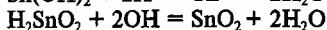
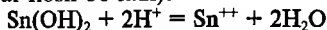
Sb_2O_3 ,
stibit
angidrid

Sb_2O_5 ,
stibiati
angidrid

SnO ,
qalay (II)
oksid

SnO_2 ,
qalay (IV)
oksid

Bu oksidlarni hosil qilgan elementlarning davriy sistemadagi o'rniga ko'ra, ularning gidratlari ba'zan $Sn(OH)_2$ asoslarga, ba'zan esa $Sb(OH)_3$ yoki H_2SbO_2 kislotalarga yaqinlashadi, ammo ularda ikkala xossa ham ma'lum darajada namoyon bo'ladi, ya'ni ular bir qadar yaxshi ifodalangan amfoter xossaga egadir. Masalan, ikki valentli qalay gidroksidi $Sn(OH)_2$ yoki (H_2SnO_2) kislotalarda ham, ishqorlarda ham eriydi (ishqorlarda eriganda stannitlar hosil bo'ladi):



IV guruh kationlarining xossalari

anion/ kation reaktiv	Cu^{2+}	Cd^{2+}	Bi^{3+}	Sn^{II}	Sn^{IV}	Sb^{III}	Sb^{V}	As^{3+}	As^{5+}
NH_4OH	CuOHSO_4 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ko'k cho'kma	$\text{Cd}(\text{OH})_2$ $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})$ oq cho'kma	$\text{Bi}(\text{OH})_3$ oq rangli cho'kma	$\text{Sn}(\text{OH})_2$ oq rangli cho'kma	$\text{Sb}(\text{OH})_3$ oq rangli cho'kma	$\text{Sb}(\text{OH})_3$ oq rangli cho'kma	$\text{Sb}(\text{OH})_3$ oq rangli cho'kma	—	—
NaOH	$\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CuO}$ qora rangli cho'kma	—	$\text{Bi}(\text{OH})_3$ oq rangli cho'kma	$\text{Sn}(\text{OH})_2$ oq rangli cho'kma	$\text{H}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ oq rangli cho'kma	$\text{Sb}(\text{OH})_3$ oq rangli cho'kma	$\text{SbO}(\text{OH})_3$ oq rangli cho'kma	—	—
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	CuS qora rangli cho'kma	qizil rangli cho'kma	qora rangli cho'kma	$\text{Sn}(\text{OH})_2$ oq rangli cho'kma	—	qizil rangli eritma	qizil rangli eritma	—	—
KI	yodid cho'kmaga tushadi	—	jigar rang cho'kma	—	—	—	—	qizil cho'kma AsI_2	qizil qo'ng'ir cho'kma
H_2S yoki $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, HCl ish- tirokida	qora cho'kma CuS	sariq cho'kma CdS	qora cho'kma Bi_2S_3	qo'ng'ir cho'kma SnS	sariq cho'kma SnS_2	zarg'aldoq cho'kma Sb_2S_3	zarg'aldoq cho'kma Sb_2S_5	sariq cho'kma As_2S_3	sariq cho'kma As_2S_5
Na_2HPO_4	ko'k cho'kma $\text{Cu}(\text{PO}_4)_3$	oq cho'kma CdHPO_4	oq cho'kma BiPO_4	oq cho'kma SnHPO_4	—	—	—	—	—

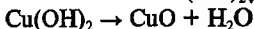
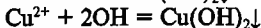
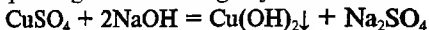
Shunday qilib, ikki valentli qalay kislotali erimlarda, asosan, Sn^{2+} kationi holida, ishqorlarda esa, stannitlarning dissiyalanishiga muvofiq, asosan, SnO_2^- — anionlari holida bo'ladi. Shunga o'xshash, to'rt valentli qalay ham eritmalarida Sn^{4+} kationi holida, aniqrog'i $[\text{SnCl}_6]^{--}$ kompleks ionlari (SnCl_4 ning kislotali eritmasida) yoki SnO_3^- — anionlari holida (stannatlarda, ya'ni metastannat kislota H_2SnO_3 tuzlarida) bo'ladi (15-jadvalga qarang).



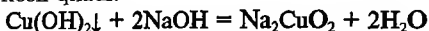
Mishyak va surmaning tegishli birikmalari ham xuddi shunday xususiyatga ega bo'ladi.

6.3. Cu^{2+} kationlarining reaksiyalari

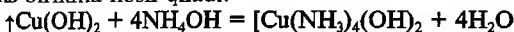
1. O'yuvchi ishqorlar bilan o'tkaziladigan reaksiya. Mis tuzlarining eritmaları NaOH va KOH ta'sirida havo rang cho'kma hosil qiladi, qizdirilganda u CuO ga aylanishi sababli qorayadi:



Probirkadagi 4—5 tomchi Cu^{2+} tuzi eritmasiga 3—4 tomchi NaOH yoki KOH eritmasidan qo'shiladi. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ning suzmasimon havo rang cho'kmasi hosil bo'lishi kuzatiladi. Bu cho'kma mo'l ishqor eritmasida erib, to'q zangori tusli kuprit birikmasini hosil qiladi:



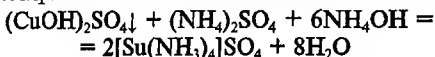
$\text{Cu}(\text{OH})_2$ ammoniy gidroksidda erib, to'q zangori tusli kompleks birikma hosil qiladi:



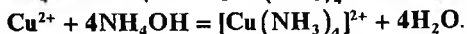
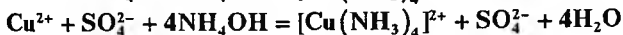
2. Ammoniy gidroksid bilan o'tkaziladigan reaksiya. NH_4OH bilan mis ionlari gidroksituzning yashil cho'kmasini hosil qiladi:



Cho'kma ortiqcha miqdordagi NH_4OH da erib, to'q zangori rangli kompleks tuz — mis tetraammiakat hosil qiladi:

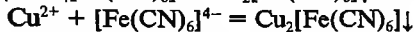
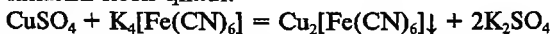


Tenglama (1) va (2)ni birlashtirsak quyidagi ko'rinishda chiqadi:

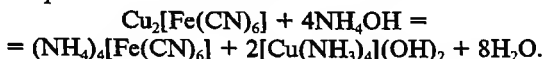


Mis tuzlarining ammoniy gidroksid bilan o'zaro reaksiyasi ancha sezgirdir. shuning uchun ham u mis ionlarini topishda xarakterli reaksiya hisoblanadi. Reaksiyani bajarish uchun 2—3 tomchi mis tuzining eritmasiga 1—2 tomchi NH_4OH qo'shiladi, natijada gidroksituz cho'kmasi hosil bo'ladi. Cho'kma batamom erigunga qadar mo'l miqdorda ammoniy gidroksid qo'shiladi.

3. Kaliy ferrosianid (II) bilan o'tkaziladigan reaksiya, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ mis ionlari bilan misferrosianidning qizg'ish-qo'ng'ir cho'kmasini hosil qiladi:

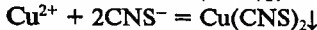
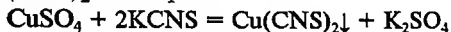


Cho'kma suyultirilgan kislotalarda erimaydi, lekin ishqorlarda eriydi; jumladan, ammoniy gidroksidda erib, mis ammiakatni hosil qiladi:



Mis tuzi eritmasidan 4—5 tomchi olib, 5—6 tomchi $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ eritmasidan qo'shamiz. Qizil-qo'ng'ir cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Bu reaksiya ancha sezgir bo'lib, kationlar aralashmasi analiz qilinganda, Cu^{2+} kationini topishda qo'llaniladi.

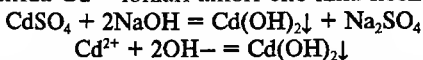
4. Kaliy rodanid KCN , Cu^{2+} tuzlari bilan ta'sirlashib, qora cho'kma $\text{Cu}(\text{CNS})_2$ hosil qiladi.



Probirkaga mis tuzi 1—2 tomchi olib, ustiga KCNS eritmasidan 3—4 tomchi qo'shiladi, qora cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

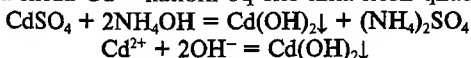
6.4. Cd^{2+} kationlarini reaksiyalari

1. O'yuvchi miqdorlar bilan o'tkaziladigan reaksiya NaOH va KOH ta'sirida Cd^{2+} ionlari amorf cho'kma hosil qiladi:

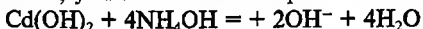


Kadmiy gidroksid cho'kmasi ammiakning eritmasida, kislotalarda oson eriydi.

2. Ammoniy gidroksid bilan o'tkaziladigan reaksiya. NH_4OH ta'sirida Cd^{2+} kationi oq cho'kma hosil qiladi.



Hosil bo'lgan cho'kma ortiqcha miqdordagi ammiakda erib, kadmiy ammiakat, ya'ni ammiakli kompleks tuzni hosil qiladi:



Kadmiy tuzi eritmasidan probirkaga 2–3 tomchi olib, oq suzmasimon cho'kma $\text{Cd}(\text{OH})_2\downarrow$ hosil bo'lguncha tomchilab, ammoniy gidroksid eritmasi qo'shiladi. Hosil bo'lgan cho'kмага mo'l miqdorda ammiak eritmasi qo'shilsa, cho'kma erib ketadi va rangsiz kompleks ion $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ga aylanadi. Bu kompleks ionining hosil bo'lishidan sistemali analiz davomida Cd^{2+} kationini Bi^{3+} kationidan ajratishda foydalaniladi, chunki Bi^{3+} ion NH_4OH ta'siridan mo'l ammiakli erimaydigan asosli tuz cho'kmasini hosil qiladi.

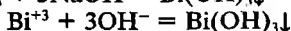
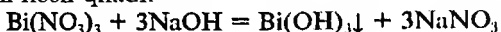
3. Difenilkarbazid ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$) bilan Cd^{2+} ion Cd^{2+} bilan o'tkaziladigan reaksiya. Ammiak ishtirokida difenilkarbazid Cd^{2+} kationi bilan ko'kish-binafsha tusli birikma hosil qiladi.

Filtr qog'oziga difenilkarbazidning spirtidagi eritmasidan 2–3 tomchi tomiziladi, filtr qog'ozni NH_4OH solingan idish og'zida ushlab turiladi. Ko'kish-binafsha rangni dog'ning hosil bo'lishi tekshirilayotgan eritmada Cd^{2+} borligini ko'rsatadi.

6.5. Bi^{3+} kationlarining reaksiyalari

Tajribalarni bajarishda BiCl_3 va $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ larning rangsiz eritmalarida foydalaniladi.

1. Ishqorlar NaOH yoki KOH bilan kislotalarda eriydigan, lekin mo'l ishqorlarda ham erimaydigan $\text{Bi}(\text{OH})_3$ ning oq cho'kmasini hosil qiladi.



Probirkaga vismut tuzi eritmasidan 2–3 tomchi olib, ustiga 3–4 tomchi ishqor eritmasidan qo'shiladi, oq cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

2. Vismut tuzlarning gidrolizi – vismut kationi uchun xos bo'lgan reaksiyalardan biri hisoblanadi.

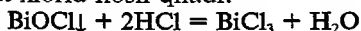
Neytral va kuchsiz kislotali muhitda Bi^{+3} kationi tuzlari suv ta'sirida gidrolizlanib, asosli tuzlarining oq cho'kmasini hosil qiladi:



Bu cho'kma beqaror bo'lib, suv molekulasini ajratib, parchalanadi:



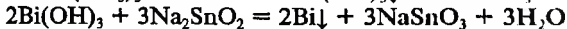
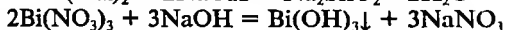
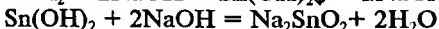
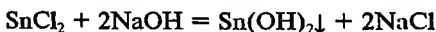
Cho'kma hosil bo'lish reaksiyasi BiCl_3 qaytar bo'lib, HCl ta'sirida – vismut xlorid hosil qiladi.



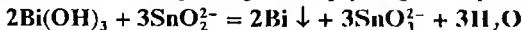
Reaksiyani tajribada ko'rish uchun vismut xloridning 2–3 tomchi eritmasiga 8–10 tomchi suv qo'shiladi va vismutil xloridning BiOCl oq cho'kmasi hosil bo'lishi kuzatiladi (agar cho'kma uzoq vaqt hosil bo'lmasa, aralashmaga NaCl yoki KCl eritmasidan 1–2 tomchi qo'shiladi).

Hosil bo'lgan cho'kмага tomchilatib, xlorid kislota qo'shilganda, u kislotada erib ketadi.

3. Kaliy (II) xlorid bilan o'tkaziladigan reaksiya. SnCl_2 ishqoriy muhitda Bi^{3+} ionlarini erkin vismut metallgacha qaytaradi. Ushbu jarayonni quyidagi tenglamalar bilan ifodalash mumkin:



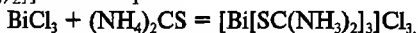
Ionli ko'rinishda oxirgi tenglama quyidagacha yoziladi:



Reaksiya natijasida hosil bo'lgan Na_2SnO_3 natriy stannit, deb ataladi. U SnO_3^{2-} oksidi bo'lgan metastannit kislota H_2SnO_3 ning tuzidir.

Bu reaksiyada 2–3 tomchi qalay (II) xlorid eritmasiga, chayqatib turgan holda, avval, cho'kmaga tushgan qalay (II)-gidroksid to'la eriguncha, ya'ni natriy stannit hosil bo'lguncha, tomchilatib ishqor eritmasidan qo'shiladi. Hosil bo'lgan stannitning kuchli ishqoriy eritmasiga vismut tuzi eritmasidan 1 tomchi tomiziladi. Qora cho'kma vismut metallning hosil bo'lganligini ko'rsatadi.

4. Tiomochevina $(\text{NH}_4)_2\text{CS}$ nitrat kislotali eritmalarida Bi^{+3} tuzlari bilan sariq rangli kompleks kation $[\text{Bi}[\text{SC}(\text{NH}_3)_2]]^{+3}$ hosil qiladi.

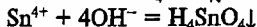
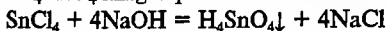


Probirkaga 2–3 tomchi vismut xlorid eritmasiga 3–4 tomchi nitrat kislotani va tiomochevina eritmasidan 3 tomchi qo'shiladi. Eritma sariq tusga kirishi kuzatiladi.

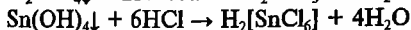
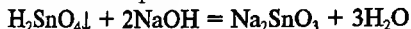
6.6. Qalay (IV) Sn^{4+} kationlarining reaksiyalari

Tajribalar uchun SnCl_4 eritmasidan foydalaniladi.

1. Yoyuvchi ishqorlar NaOH va KOH , ammoniy gidroksid NH_4OH Sn^{4+} kationi tuzlari eritmasi bilan ta'sirlashib, ortostannat kislota H_4SnO_4 ning oq amorf cho'kmasini hosil qiladi:



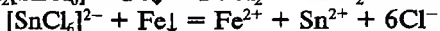
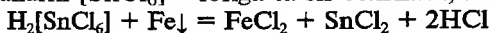
Hosil bo'lgan cho'kma mo'l ishqor va kislotalar eritmasida eriydigan stannitlar hosil qiladi:



Probirkaga SnCl_4 eritmasidan 4–5 tomchi solib, ustiga cho'kma hosil bo'lguncha tomchilatib ishqor eritmasidan qo'shiladi. Oq amorf cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

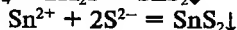
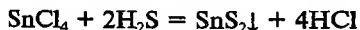
2. Sn^{IV} ni Sn^{II} gacha qaytarilish. Qalayni SnS_2 sulfidning erishi natijasida tarkibida Sn^{IV} ni tutgan $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ hosil bo'ladi. Ammo qalayni, odatda, Sn^{2+} ionlarining qaytarish xossasiga ega

bo'lganligidan foydalanib topiladi. Demak, $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ ionni Sn^{2+} gacha qaytarish zarur, buning uchun esa Mg, Al, Fe va boshqa metallarni $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ ionga ta'sir ettiriladi, masalan:



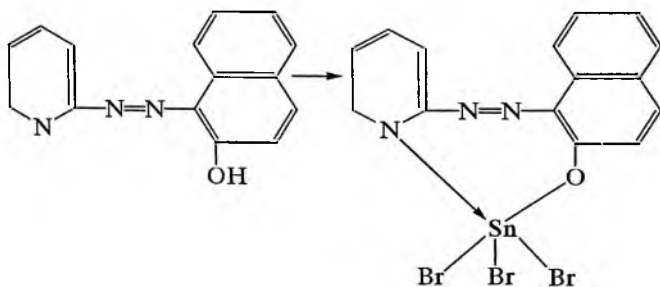
Probirkaga SnCl_4 eritmasidan 3–4 tomchi solinadi, unga HCl ning 2N eritmasidan 2–3 tomchi va temir metalidan bir necha bo'lakchasi solinadi. Hosil bo'lgan aralashma suv ham-momida biroz isitiladi. So'ngra eritmaga ishqoriy muhit bo'l-guncha o'yuvchi ishqor eritmasidan qo'shilib, hosil bo'lgan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ cho'kmasi ajratiladi.

3. Vodorod sulfid H_2S xlorid kislotali muhitda Sn^{4+} ionlari bilan ta'sirlashib, sariq rangli qalay (IV) sulfid cho'kmasi hosil qiladi:



Qalay (IV) xlorid eritmasining 4–5 tomchisiga HCl eritma-sidan 3–4 tomchi qo'shiladi, hosil bo'lgan aralashma suv ham-momida isitiladi va undan vodorod sulfid o'tkaziladi. Sariq cho'kma tushishi kuzatiladi.

4. 1-(2-piridilazo) 2 naftol (PAN)ning benzoldagi eritmasi qalay (IV) bilan o'ziga xos qizil rangli kompleks birikma hosil qiladi:



Reaksiyani tajribada ko'rish uchun probirkadagi surma tuzi eritmasiga 8–10 tomchi aralashma (3 n H_2SO_4 , 0,5 n NaBr va

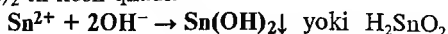
4 %li tiomochevina) 0,025 %li PAN ning benzoldagi eritmasidan 10–15 tomchi qo'shib, 0,5–1 daqiqadan keyin chiroyli qizil rangli kompleks hosil bo'lishi kuzatiladi.

Surma va qalay uchun aralashmalaridan aniqlash uchun xos reaksiyadir.

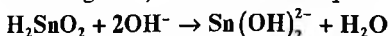
Qalay Sn^{2+} kationining reaksiyalari

Tajribalarni bajarishda SnCl_2 ning suvdagi rangsiz eritmasidan foydalanish mumkin.

1. O'yuvchi ishqorlar va ammiak Sn^{2+} ion bilan oq cho'kma $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ni hosil qiladi.



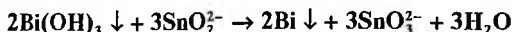
Cho'kma amfoter, ya'ni kislotalarda ham, ishqorlarda ham eriydi. Ishqorlarda eriganda, stannitlar hosil qiladi:



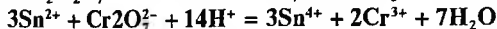
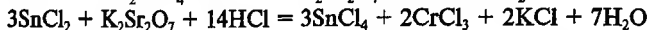
$\text{Sn}(\text{OH})_2 \downarrow$ cho'kma mo'l ammiakda ham erimaydi.

2. Sn^{2+} ion bilan qaytarish reaksiyalari. $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ juftining standart potentsiali +0,15 V ga teng. Shuning uchun Sn^{2+} kuchli qaytaruvchi bo'lib, ko'pchilik oksidlovchilarni qaytarishga ega.

3. Bi^{3+} ni qaytarish. Bu reaksiya Bi^{3+} ionini topishda ham qo'llaniladi:

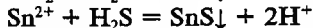
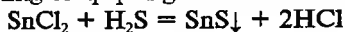


4. Kaliy xromat K_2CrO_4 kislotali muhitda qalay (II) ionlarini Sn^{4+} gacha oksidlaydi, bunda CrO_4^{2-} ioni Cr^{3+} kationiga qaytarilishi hisobiga sariq rang o'rniga ko'kish-binafsha rangli eritma hosil bo'ladi:



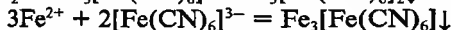
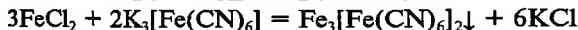
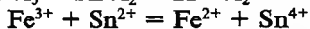
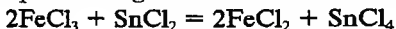
Probirkadagi kaliy xromatning 3–4 tomchi eritmasiga xlorid kislotalaning 2N eritmasidan 1–2 tomchi va SnCl_2 eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi. CrO_4^{2-} ioniga xos bo'lgan sariq rang yo'qolib, Cr^{3+} ion uchun xos ko'kish-binafsha rang vujudga keladi.

5. Vodород sulfid H_2S qalay (II) ionlari bilan kislotali muhitda qalay sulfidning to'q qo'ng'ir cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkaga qalay (II) xlorid eritmasidan 4–5 tomchi solib, ustiga HCl ning 2N eritmasidan 4–5 tomchi qo'shiladi va vodород sulfid o'tkaziladi. Natijada to'q qo'ng'ir cho'kma tushishi kuzatiladi.

6. Temir xlorid $FeCl_3$ tuzidan 1 tomchi 2n HCl li va $K_3[Fe(CN)_6]$ eritmasidan 1 tomchidan qo'shiladi. Olingan aralashmaga qalay (II) tuzi eritmasidan 1 tomchi tomiziladi. Turnbul ko'kining to'q ko'k rangli cho'kma hosil bo'ladi.

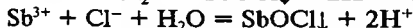
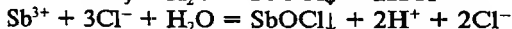
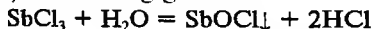


Temir (III) xloridning eritmasidan 4–5 tomchi olib, unga 2 tomchi $K_3[Fe(CN)_6]$ eritmasidan va qalay (II) xlorid eritmasidan 3 tomchi qo'shiladi. Probirka chayqatilganda ko'k cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

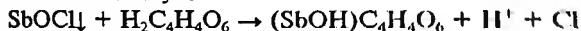
6.7 Surma Sb^{3+} kationining reaksiyalari

Surma tuzlarining suvdagi eritmalari rangsiz bo'lib, tajribalarni bajarish uchun $SbCl_3$ ning kislotali muhitdagi suvli eritmalaridan foydalaniladi.

1. Surma (III) tuzlarining gidrolizi.

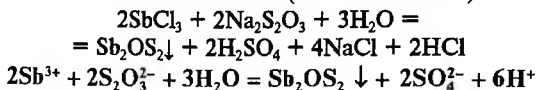


Probirkadagi surma (III) tuzi eritmasini suv bilan suyultirilsa, stibil xlorid yoki antimonil xloridning oq cho'kmasi hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan cho'kma HCl da isitilganda eriydi. Tartrat kislotada ham eriydi.



$BiOCl$ dan farqlanadi bu xossasi bilan.

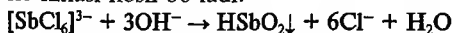
2. Natriy tiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ tuzi kuchsiz kislotali muhitda Sb^{III} tuzlariga qo'shib, qizdirilganda surma sulfoksid Sb_2OS_2 ning qizil cho'kmasi hosil bo'ladi (surma shinovari).



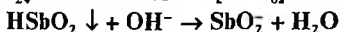
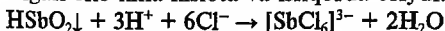
Probirkaga 3—4 tomchi surma (III) xlorid eritmasidan solib, H_2SO_4 dan 1 tomchi va 5—6 tomchi suv qo'shiladi. So'ngra $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ kristallaridan eritmaga tashlanadi va probirka ichidagisi bilan suv hammomida isitiladi.

Eritmada kislota ortiqcha miqdorda bo'lmasligi kerak, aks holda u reaktivni oltingugurt va SO_2 ga parchalab, reaksiya o'tmaydi.

3. O'yuvchi ishqorlar va ammiak ta'sirida metastabit kislolaning oq cho'kmasi hosil bo'ladi:



Hosil bo'lgan cho'kma kislota va ishqorda eriydi.



4. Sb^{III} ning metall holatdagi surmagacha qaytarilishi.

Qalay ta'sirida qaytarish. Qalay folgasi (stanol) parchasi ushga surma (III) tuzining HCl dagi eritmasidan bir tomchi tomi-ziladi va bir oz vaqtdan so'ng metall holatdagi surmaning qora dog'i hosil bo'ladi.



Surma dog'ining mishyak dog'idan farqi shundaki, uni yangi tayyorlangan NaBrO eritmasi bilan ketkazib bo'lmaydi. Bu tajribani o'tkazishdan oldin qalay ustida qolgan kislotali eritmani yuvib tashlash zarur, aks holda kislota ta'sirida surma dog'i yo'qolishi mumkin. Eritmada qalay ionlarining bo'lishi bu reaksiya yordamida surmani aniqlashga xalaqit bermaydi.

5. Sb^{III} ning qaytarilishi rux ta'sirida ham o'tkazish mumkin. Metall binafsha bo'yog'i Sb^{III} ning bor-yo'qligini bilish uchun tekshirilayotgan eritmaning bir tomchisiga 3 tomchi konsentrlangan (12 n) HCl eritmasidan 1 tomchi qo'shiladi. Bunda Sb^{III} oksidlanib, besh valentli surma annonit $[\text{SbCl}_6]^-$ hosil

qiladi. 1 daqiqadan keyin nitritning ortiqcha miqdorini parchalash uchun mochevina $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ning to'yingan eritmasidan bir tomchi qo'shiladi. Keyin eritmani hajmi 3 ml gacha suyultiriladi suv bilan va unga metil binafsha bo'yog'ining 0,06 %li eritmasidan 3—4 tomchi qo'shib chayqatiladi. Eritmada Sb^{V} bo'lsa, kristallarni binafsha rangga kirishi kuzatiladi.

Surma Sb^{5+} kationining reaksiyalari

Surma (V) ning suvda eriydigan tuzlari eritmaları — SbCl_5 eritmasidan tajribalarda foydalanish mumkin.

1. Surma (V) tuzlarining gidrolizi. Surma (V) xlorid eritmasi suv bilan suyultirilganda gidrolizlanishi kuchayib, oq cho'kma hosil bo'ladi:



Probirkaga surma (V) xlorid eritmasidan 2—3 tomchi solib, 5—6 tomchi distillangan suv qo'shiladi va aralashma suv ham-momida isitiladi. Natijada oq cho'kma-surma (V) ning xlorok-sidi hosil bo'ladi.

2. Metil binafsha bo'yog'i Sb^{V} ioni bilan kislotali muhitda ($12n$ HCl) ishtirokida binafsha rangli kompleks tuz hosil qiladi.

Probirkaga 2—3 tomchi surma (V) xlorid eritmasidan solinadi, ustiga 2—3 tomchi konsentrlangan NCl va 1—2 tomchi natriy nitrit NaNO_2 eritmasidan qo'shiladi. So'ngra mochevina-ni to'yingan eritmasidan 3 tomchi qo'shib, ozgina isitiladi. Tayyorlangan aralashma eritmasidan probirkaga 2 tomchi solib, ustiga 1 ml reagentning suvli eritmasi (0,01 %)dan quyiladi. Eritmada Sb^{5+} kationlarini bo'lishi hisobiga ko'kish-binafsha rang hosil bo'ladi.

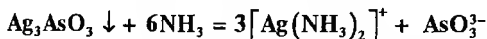
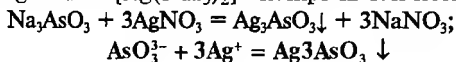
6.8. Mishyak As^{3+} kationlarining reaksiyalari

Mishyak birikmali bilan ishlash o'ta ehtiyotkorlik talab qiladi, chunki ular juda zaharlidir.

Uch valentli mishyak metaarsenit kislota tuzlari eritmasidan, asosan, AsO_2^- anion holida uchraydi. Ammo tarkibida aluv anionlar bo'lgan eritmalariga kislota qo'shilsa, ba'zi reaktyvlar

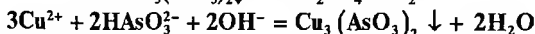
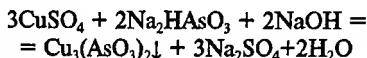
ning borishi uchun yetarli konsentratsiyada As^{3+} kationlar hosil bo'ladi.

1. Kumush nitrat AgNO_3 , AsO_2^- ion bilan ta'sirlashib, HNO_3 va NH_4OH da eriydigan sariq cho'kma As_3AsO_3 ni hosil qiladi. Reaksiyaning oxirida $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ kompleks ion hosil bo'ladi:



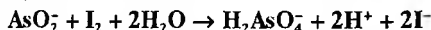
Probirkadagi 4–5 tomchi natriy arsenit eritmasiga AgNO_3 eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi. Sariq cho'kma tushishi kuzaatiladi.

2. Mis (II) tuzlari ishqoriy muhitda mishyak (III) tuzlari bilan ta'sirlashib, sarg'ish-yashil rangli $\text{Cu}_3(\text{AsO}_3)_2$ cho'kmasini hosil qiladi:



Mis (II) sulfatning suyultirilgan eritmasidan 3–4 tomchi olib, ustiga NaOH ning 2N eritmasidan 1–2 tomchi Na_2HAsO_3 eritmasidan 2 tomchi qo'shamiz. Sarg'ish-yashil cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

3. Yod I_2 eritmasi AsO_2^- ionini neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda AsO_4^- gacha oksidlaydi.

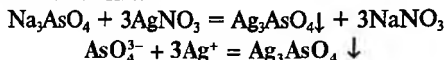


Buni yod eritmasining qo'ng'ir rangini yo'qolishidan oson bilish mumkin.

Mishyak As^{5+} kationlarining reaksiyalari

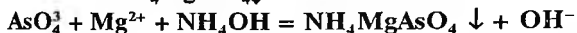
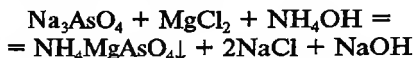
Mishyak (V) eritmalarda rangsiz arsenat AsO_4^{3-} ionini hosil qiladi.

1. Kumush nitrat AgNO_3 AsO_4 ionini bilan ta'sirlashib, HNO_3 va NH_4OH da eriydigan to'q qo'ng'ir rangli kompleks tuz hosil qiladi — kumush-arsenat.



Probirkadagi 4–5 tomchi natriy arsenat yoki natriy gidroarsenat eritmasiga AgNO_3 ning eritmasidan 2–3 tomchi qo‘shiladi. Bunda shokolad rangidagi cho‘kmaning hosil bo‘lishi kuzaatiladi.

2. Magnezial aralashma $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ arsenat AsO_4^{3-} ion bilan kislotalarda eriydigan, ammo 25 % ammiak eritmasida erimaydigan oq kristall cho‘kma $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ni hosil qiladi.

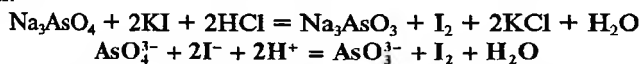


Bu reaksiya Mg^{2+} ionining ilgari ko‘rib o‘tgan reaksiyasiga o‘xshaydi, faqat bu yerda PO_4^{3-} ionining o‘rniga kimyoviy xossasi juda o‘xshash bo‘lgan AsO_4^{3-} ion qatnashadi.

Magniy xloridning eritmasidan 2–3 tomchisiga shuncha NH_4OH qo‘shiladi va hosil bo‘lgan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ cho‘kmasi NH_4Cl eritmasidan tomchilatib, qo‘shib eritiladi. Hosil bo‘lgan magnezial aralashma suv hammomida isitiladi va unga natriy arsenat eritmasidan oq cho‘kma hosil bo‘lguncha qo‘shiladi.

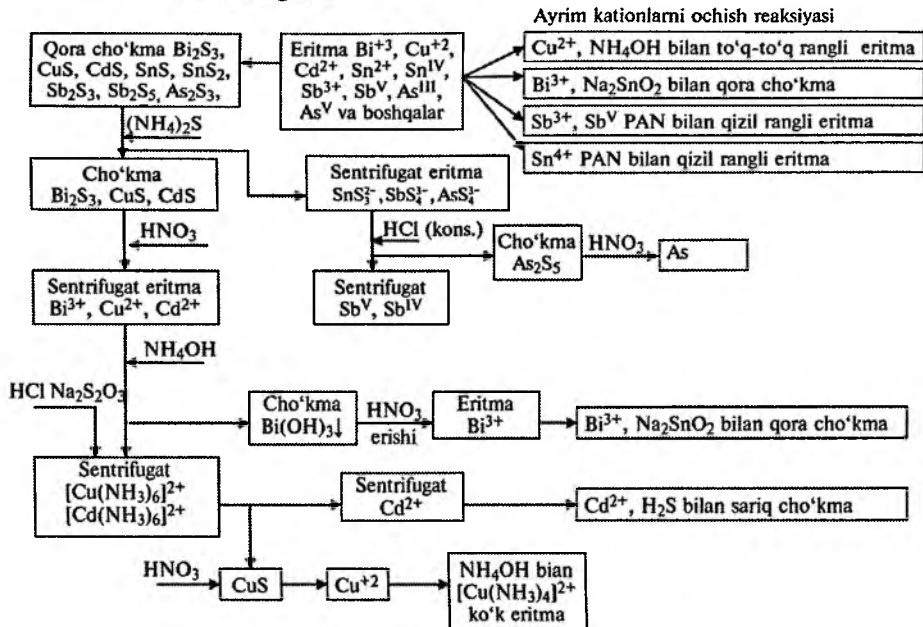
Bu reaksiyadan As^{5+} kationlarini As^{3+} kationidan ajratishda foydalaniladi, chunki arsenit ionlar magnezial aralashma bilan cho‘kma hosil qilmaydi.

3. Kaliy yodid. KI kislotali muhitda AsO_4^{3-} ionlari ta’sirida elementar yodgacha oksidlanadi, natijada eritma qo‘ng‘ir rangga kiradi.

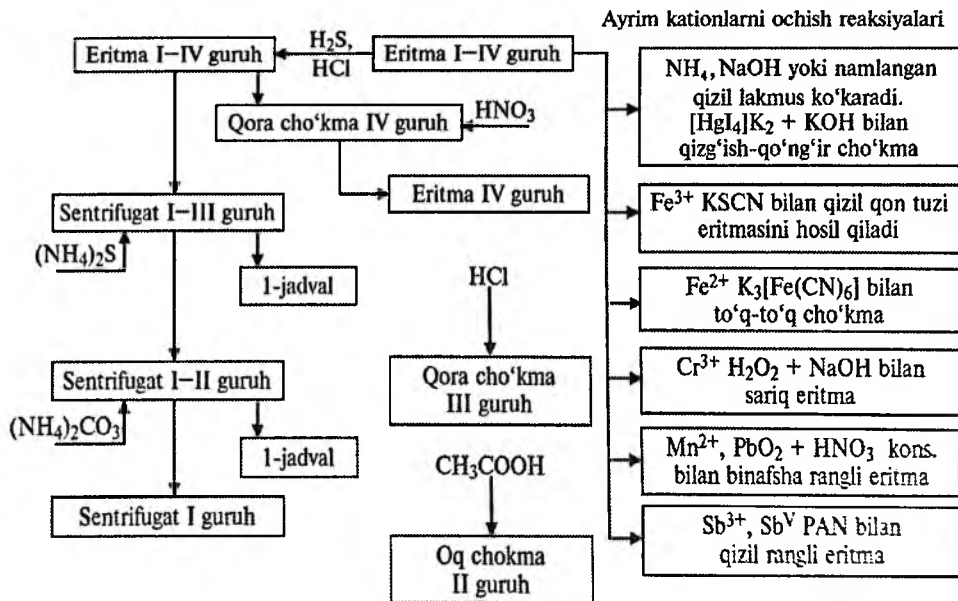


Probirkaga 3–4 tomchi natriy arsenat eritmasidan solinadi, ustiga 1–2 tomchi konsentrlangan HCl , 3–4 tomchi kraxmal kleystri va KI eritmasidan 4 tomchi qo‘shiladi, yaxshilab aralashtiriladi. Probirkada hosil bo‘lgan aralashma eritmasi to‘q ko‘k tusga kiradi. Bu reaksiya yuqorida ko‘rib o‘tilgan I_2 va AsO_2^- ion o‘rtasidagi reaksiyaning aksidir; bu reaksiyaning borishi uchun konsentrlangan HCl ishtirokida, albatta, eritmada H^+ ionning konsentratsiyasi mumkin qadar katta bo‘lishi kerak.

IV analitik guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibi



I–IV analitik guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibi



6.9. IV guruh kationlarini aralashmasini analiz qilish tartibi

IV guruh kationlarini, mis guruhchasini kationlarini muhim reaktivlari bilan o'tkaziladigan reaksiyalar jadvalda berilgan. IV guruh kationlari ikki guruhga bo'linadi: mis guruhchasiga — Cu^{+2} , Cd^{+2} va Bi^{+3} kationlari va mishyak guruhchasiga — As^{3+} , As^{5+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} kationlari kiradi. Analizda ham guruhchalar alohida analiz qilinadi.

1. Eritmani pH ini aniqlash.

2. IV guruh kationlarni vodorod sulfid ta'sirida cho'ktirish.

Aniqlanayotgan eritmadagi kationlarni vodorod sulfid ta'sirida cho'ktirish uchun H^{+} ionlarining bo'lishi qulay bo'lib, HCl , 2 n eritmasidan qo'shib, $\text{pH} \sim 0,5$ bo'lguncha qo'shiladi. Keyin eritma solingan probirka suv hammomida $90-100^{\circ}\text{C}$ da taxminan 3 daqiqa qizdiriladi va shu paytda H_2S gaz o'tkaziladi. So'ngra probirkadagi suyuqlikni baravar hajmdagi distillangan sovuq suv bilan suyultiriladi va eritma yana sovuqda 2 daqiqa davomida vodorod sulfid bilan to'yintiriladi. To'liq cho'kishga erishgach, cho'kma tarkibida NH_4Cl bo'lgan suv bilan yuviladi. Hosil bo'lgan cho'kmada IV guruh kationlari bo'ladi, mis va mishyak guruhchasi aralashmada.

3. Mis guruhchasini mishyak guruhchasidan ajratish.

Yuvilgan sulfidlar cho'kmasi (2 bandda) 10 tomchi Na_2S ning ishqoriy eritmasi bilan 2—3 daqiqa davomida isitib aralashtiriladi. Bunda mishyak guruhchasi ionlarining sulfidlari tegishli tiotuzlar hosil qilib, eritmaga o'tadi. Mis guruhchasi ionlarning sulfidlari esa cho'kmada qoladi. Probirkadagi aralashmani 10 tomchi suv bilan suyultirib, cho'kma sentrifuga yordamida eritmadan ajratiladi va yana bir marta natriy sulfid bilan ishlanadi. sentrifugatda (3 bandda) mishyak guruhchasini tiotuzlari a cho'kmada — mis guruhchasi sulfid holida, tarkibida CuS , CdS va Bi_2S_3 .

4. Cho'kma ozgina NH_4Cl qo'shilgan suv bilan yuviladi va analiz qilinadi.

a) Cu^{+2} kationini topish. Tarkibida Cu^{+2} , Cd^{+2} va Bi^{+3} ionlari bo'lgan eritmadan sentrifugatga (4 bandda) ortiqcha miqdorda NH_4OH qo'shilganda eritmaning ko'k rangda bo'lishi mis kationini borligini ko'rsatadi. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ kompleks tuz

hosil bo'ladi, $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ kompleks esa rangsiz bo'ladi. Yanada, eritmadan 2 tomchi olib, unga CH_3COOH ixtirokida $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, qizg'ish-qo'ng'ir cho'kma hosil bo'ladi. $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ bo'lishi eritmada Cu^{2+} ionini bildiradi ko'rsatadi.

Sentrifugatni ikkinchi qismidan Cd_2^+ aniqlanadi.

b) Cd_2^+ kationini topish. Agar Cu^{2+} ion bo'lsa, avval unajratib olish kerak. Buning uchun ko'k tusli ammiakli eritmahavo rangga kirguncha 2 n li HCl eritmasidan tomchilab qo'shiladi, qizdiriladi va unga H_2S yuboriladi. Hosil bo'lgan $\downarrow \text{CuS}$ cho'kma ajratib olinadi, sentrifugat suv bilan suyultiriladi, 3—4 hissa unga yana H_2S ta'sir ettiriladi. $\downarrow \text{CdS}$ sariq cho'kma hosil bo'lishi Ca^{2+} ion borligini tasdiqlaydi.

d) Bi^{3+} kationini topish. Sentrifugat (4 banddagi) alohida probirkaga tayyorlangan (2 tomchi SnCl_2 eritmasiga qo'shib, yaxshilab aralashtiriladi, olingan natriy stannit eritmasiga tekshiriladigan ishqorli eritmadan tomchilab qo'shiladi.

Qora cho'kma holdagi vismut metalining hosil bo'lishi eritmada Bi^{3+} ionini borligini ko'rsatadi.

5. Mishyak, surma va qalay — tiotuzlari bo'lgan sentrifugatni (3 bandda) analiz qilish tartibi. Dastlabki, tiotuzlar eritmasiga konsentrlangan CH_3COOH dan aralashtirib, tomchilab qo'shiladi $\text{pH} \leq 5$ bo'lguncha. Bunda tiotuzlar parchalanadi va ularga muvofiq keladigan As_2S_3 , Sb_2S_3 , SnS_2 sulfidlar hosil bo'ladi. To'liq cho'kishga erishilgandan keyin sentrifugatni cho'kmadan ajratib tashlanadi va cho'kma tarkibida NH_4Cl boshlgan suv bilan yuviladi va IV guruh kationlarni mishyak guruhchasi tekshiriladi.

a) Mishyakni surma va qalaydan ajratish. Sulfidlar cho'kmasiga 5—6 tomchi konsentrlangan HCl va barobar hajmda suv qo'shib, 3—5 daqiqa isitiladi. Bunda qalay va surma sulfidlari erib, $[\text{SbCl}_6]^{3-}$ va $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ ionlarni hosil qiladi. As_2S_3 esa HCl da erimagani uchun oltingugurt bilan birga cho'kmada qoladi. Cho'kma tarkibida KNO_3 bo'lgan suv bilan yuviladi va mishyak bor-yo'qligi aniqlanadi.

b) As_2S_3 cho'kmasini eritish va mishyakni topish. Yuvilgan cho'kmaga (a bandda) 5—6 tomchi suv va ortiqcha miqdorda

qattiq $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ qo'shiladi va aralashtiriladi, taxminan 1–2 daqiqa davomida ozgina qizdiriladi. Bunda As_2S_3 erib, $(\text{NH}_4)_3\text{AsS}_3$ va $(\text{NH}_4)_3\text{AsO}_3$ ni hosil qiladi. S — oltingugurt esa cho'kmada qoladi, sentrifugalab, cho'kmasi tashlanadi, eritmasidan mishyak ionlari aniqlanadi.

d) Tarkibida $(\text{NH}_4)_3\text{AsS}_3$ va $(\text{NH}_4)_3\text{AsO}_3$ va ortiqcha miqdor $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ bo'lgan sentrifugatni bir qismiga 2 n li HCl eritmasidan kislota muhit bo'lguncha qo'shiladi.

Sariq cho'kma As_2S_3 hosil bo'lishi eritmada As^{+3} ni borligini ko'rsatadi.

e) sentrifugatni ikkinchi qismiga 1–2 tomchi H_2O_2 — vodorod peroksid qo'shiladi, 1–2 daqiqa eritma qizdiriladi. Bunda AsS_3^{3-} va AsO_3^{3-} ionlar oksidlanib, AsO_4^{3-} ga aylanadi.

Mishyakni topish uchun eritmaga HNO_3 va ozgina qattiq NH_4NO_3 qo'shiladi, so'ngra ortiqcha miqdorda (10–15 tomchi) molibden suyuqligidan qo'shiladi va 3–5 daqiqa eritma qizdiriladi.

$(\text{NH}_4)_3[\text{AsMo}_{12}\text{O}_{40}] \cdot \text{H}_2\text{O}$ sariq kristall cho'kmaning hosil bo'lishi As ni borligini ko'rsatadi. Buning o'rniga H_2O_2 ta'siridan so'ng olingan ishqorli eritmadan magnezial aralashma bilan qilinadigan reaksiya yordamida ham AsO_4^{3-} ionlarni topish mumkin.

f) qalay va surmani topish (a band)da olingan tarkibida $[\text{SbCl}_6]^{3-}$ va $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ ionlar bilan birga ortiqcha HCl bo'lgan sentrifugatdan surma va qalay topiladi.

g) qalayni topish. Sentrifugatdan 2–3 tomchisiga ishqoriy muhit hosil bo'lguncha NaOH eritmasi tomchilab qo'shiladi, (stannit hosil bo'ladi Na_2SnO_2) hosil bo'lgan eritmaga 1–2 tomchi $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ eritmasi qo'shiladi, natijada vismut metallning qora cho'kmasi hosil bo'lishi aniqlanadigan kationlar aralashmada Sn^{2+} kationi borligini bildiradi.

e) surmani topish. Sentrifugatdan (a bandda) 1–2 tomchi eritmasidan olib, qalay folgasi ustiga tomizilib, bir oz vaqt qoldiriladi. Agar qora (cho'kma) dog' hosil bo'lsa, u suv bilan yaxshilab yuviladi va bir tomchi yangi tayyorlangan Na_3BiO_3 eritmasi bilan ishlanadi. Agar, bunda dog' yo'qolmasa, eritmada surma borligini bildiradi.

Bu reaksiyaning o'rniga oksixinolin va KI bilan yoki metil-binafsha bo'yog'i bilan boradigan reaksiyani qilib, natijada sariq cho'kma hosil bo'ladi. Oksixinolinning kompleks kislota HSbI_4 bilan hosil qilgan birikma $\text{C}_9\text{H}_7\text{ON} \cdot \text{HSbI}_4$ surmaga xos reaksiyadir.

IV guruh kationlarining aralashmasini analizi yakunlandi.

6.10. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

1. To'rtinchi guruh kationlarining umumiy tavsifini keltiring.

2. Mis kationini topishda qo'llaniladigan reaksiyalar orasida o'ziga xosi va eng sezgiri qaysi reagent bilan bajariladi?

3. Nessler reaktivini qaysi kationni ochishda hosil qilish mumkin. Shu jarayondagi reaksiya tenglamalarini yozing.

4. Simob (II) kationi bilan qalay (II) xlorid o'rtasida boradigan reaksiyada oq hamda qora cho'kma hosil bo'lishi qanday reaksiyalar hisobiga bo'ladi?

5. To'rtinchi guruh kationi Cd^{2+} ni qaysi organik reagent yordamida ochish mumkin va bu reaksiyada qanday tashqi effekt kuzatiladi?

6. BiCl_3 eritmasi suv bilan suyultirilganda qanday hodisa bo'ladi va hosil bo'ladigan moddaning xuddi shunday gidrokso tuzdan farqi nima?

7. Vismut kationini topishda qalay (II) xlorid reagenti qanday tashqi effekt beradi? Reaksiya tenglamalarini yozing.

8. Mishyak (III) va mishyak (V) kationlarini ochishda qaysi reagent qo'llanilganda ikki xil effekt kuzatiladi? Reaksiya tenglamalari asosida sharhlang.

9. Mishyak (V) kationini As^{3+} kationidan qaysi reagent yordamida farqlash va ajratish mumkin?

10. Surma (III) tuzlarining gidrolizi mahsulotini vismut tuzlari gidrolizi mahsulotidan qanday farqlash mumkin?

11. «Surma kinovari» qaysi reagent ta'sirida hosil bo'ladi va qanday reaksiya ketadi?

12. Surma (V) kationlari qaysi reagent bilan ko'kish-binafsha rang hosil qiladi, bu yerda NaNO_2 eritmasi nima maqsadda ishlatiladi?

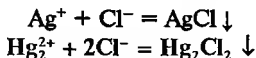
13. Qalay (II) kationini temirning qanday tuzi yordamida ochish mumkin?

14. Qalay (IV) kationini qaysi metallar bo'laklari yordamida va qanday qilib topiladi?

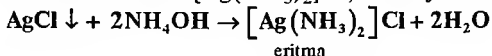
7.1. Beshinchi guruh kationlarining umumiy tavsifi

Beshinchi guruh kationlariga Ag^+ , Hg_2^{+2} , Pb^{2+} kiradi. Xloridlari suvda va suyultirilgan kislotalarda erimaydigan ba'zi bir kationlar kiradi. Xloridlarning bunday xossasidan barcha kationlarining umumiy aralashmasini analiz qilishda V guruh kationlarini ajratishda foydalaniladi. AgCl , Hg_2Cl_2 , PbCl_2 xloridlarining suvga ortiqcha miqdordagi HCl ga ammiakka va boshqa reagentlarga bo'lgan munosabati V guruh kationlarini to'liq ajratib olishda va ularni bir-birlaridan ajratishda katta ahamiyatga ega. Shuning uchun bu kationlarning xloridlari xossalarida mukammalroq to'xtaymiz.

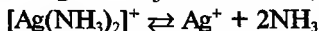
Suyultirilgan xlorid kislota (hamda xloridlarning eritmalari) Ag^+ , Hg_2^{+2} , Pb^{2+} ionlarni AgCl , Hg_2Cl_2 va PbCl_2 oq cho'kma holida cho'ktiradi:



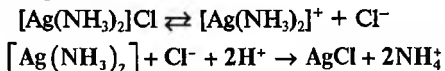
1. AgCl kuchli kislota tuzi bo'lgani uchun HNO_3 va H_2SO_4 kislotalarda erimaydi. Ammo, u NH_4OH da oson eriydi, kompleks tuz hosil bo'ladi $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, reaksiya asosida:



Agar kompleks tuzga HNO_3 ta'sir ettirsak,

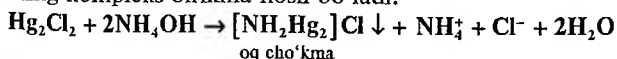


kompleks parchalanib, eritmada Ag^+ ionlari to'planib qoladi. Ammo eritmada $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ ning birinchi dissotsiylanishi bosqichida hosil bo'lgan Cl^- ionlari borligidan AgCl ning eruvchanlik ko'paytmasi ortib ketadi va bu tuz cho'kmaga tushadi. Bu reaksiyani tenglamasi:

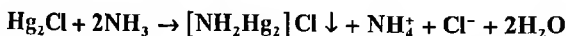


NH_4OH ning ta'siridan analiz davomida AgCl va Hg_2Cl_2 dan ajratish uchun olingan $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ eritmasiga HNO_3 ning ta'siridan esa Ag^+ ionlarni topish uchun foydalaniladi. Ag^+ ni topish uchun Ag^+ kationining I^- ioni bilan juda kam eriydigan $\text{AgI}\downarrow$ cho'kmasini hosil qiladi.

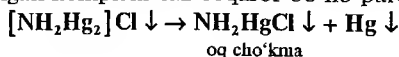
2. Hg_2Cl_2 oq tusli cho'kmadir, ortiqcha HCl da kompleks hosil qiladi, ozroq eriydi. U AgCl dan farq qilib, NH_4OH ta'sirida erimaydi, balki eritma qorayadi. Bunda avval bir valentli simobning kompleks birikma hosil bo'ladi:



yoki



Hosil bo'lgan kompleks tuz beqaror bo'lib parchalanadi.



yoki



Hosil bo'lgan simob amidobirikma oq rangli. Metall holatdagi simobning hosil bo'lishi natijasida cho'kma qorayib ketadi. Bu reaksiya Hg_2^{2+} ionining eng muhim reaksiya bo'lib, simobni topishda foydalaniladi.

3. PbCl_2 oq tusli bo'lib, ortiqcha miqdordagi HCl va ishqoriy metall xloridlarida eriydi. Uning shu xususiyatidan foydalanib, PbCl_2 ni AgCl va Hg_2Cl_2 dan ajratiladi.

PbCl_2 issiq suvda birmuncha eriydi. Shu sababli Pb^{+2} ionni HCl yordamida to'liq ajratib bo'lmaydi, uning eritmada qolgan qismini keyin IV guruh kationlari bilan PbS holida cho'ktiriladi.

V guruh kationlarining reaksiyalari 18-jadvalda berilgan.

18-jadval

V guruh kationlarining reaksiyalari

Reagentlar	Kationlar		
	Ag^+	Pb^{2+}	$[\text{Hg}_2]^{2+}$
0,3 n li HCl muhitida H_2S yoki sulfidlar	Qora cho'kma Ag_2S	Qora cho'kma PbS	Kora cho'kma $\text{HgS} + \text{Hg}$

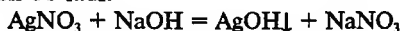
HCl yoki xloridlar (biroz mo'loroq olinadi)	Oq cho'kma AgCl	Oq cho'kma PbCl ₃	Oq cho'kma Hg ₂ Cl ₂
KOH yoki NaOH (me'yorida)	Ko'ng'ir cho'kma Ag ₂ O	Oq cho'kma Pb(OH) ₂	Qora cho'kma Hg ₂ O
NH ₄ OH (mo'1 miqdorda)	[Ag(NH ₃) ₂] ⁺ nonlarning hosil bo'lishi	Oq cho'kma Pb(OH) ₂	Qora cho'kma [NH ₂ Hg ₂ O]NO ₃ + Hg
2 n li H ₂ SO ₄	Cho'kma hosil bo'lmaydi	Oq cho'kma PbSO ₄	Oq cho'kma Hg ₂ SO ₄
SnCl ₂ + HCl	Qora cho'kma Ag	Oq cho'kma PbCl ₂	Asta-sekin qorayuvchi oq cho'kma Hg ₂ Cl ₂ → Hg
Na ₂ SnO ₃ + NaOH	Ko'ng'ir cho'kma Ag ₂ O	Asta-sekin qopayuvchi oq cho'kma Pb(OH) ₂ → Pb	Qora cho'kma Hg ₂ O

7.2. Kumush Ag⁺ kationining reaksiyalari

Tajribalarni bajarishda kumush nitrat AgNO₃ ning suvdagi rangsiz eritmasidan foydalaniladi.

1. O'yuvchi ishqorlar NaOH va KOH.

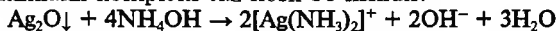
Ag⁺ ionlari bilan Ag₂O qo'ng'ir cho'kmani hosil qiladi, bu dastlab hosil bo'ladigan beqaror kumush gidroksidning parchalanishidan hosil bo'ladi.



AgOH beqaror bo'lib, Ag₂O ga aylanadi.

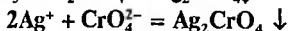
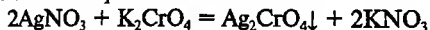


Ag₂O↓ cho'kmasining NH₄OH da erishiga sabab kumushning ammiakli kompleks tuz hosil bo'lishidir:



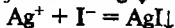
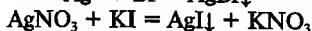
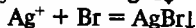
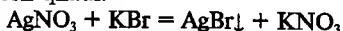
Ag₂O ni NH₄OH da erishi shart, chunki aks holda, ozgina vaqt o'tishi bilan portlaydigan kumush oksidi Ag₃O hosil bo'lishi mumkin.

2. Kaliy xromat. K_2CrO_4 reaktivi Ag^+ ioni bilan qizil g'isht rangli cho'kma hosil qiladi:



Probirkaga 2–3 tomchi kumush nitrat eritmasidan solinadi, 3–4 tomchi distillangan suv va kaliy xromat eritmasidan 1–2 tomchi qo'shiladi. Qizil g'isht rangli cho'kma hosil bo'ladi.

3. Kaliy bromid KBr va kaliy yodid KI . Kumush kationlari bilan och sariq kumush bromid va sariq kumush yodid AgI cho'kmalarini hosil qiladi.



$$EK_{AgBr} = 5,3 \cdot 10^{-13}, EK_{AgI} = 8,3 \cdot 10^{-17}.$$

Kumush yodid kumush xloriddan $EK = 1,78 \cdot 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ farq qilib, NH_4OH da eriydi, kumush bromid esa erimaydi. Agar cho'kmaga KCN , yoki $Na_2S_2O_3$ eritmaları ta'sir ettirilsa, $AgBr$ va AgI ham erib ketadi. Ag^+ ionlari bilan bu reaktivlar reaksiyaga kirishib, dissotsiylanadigan kompleks tuz hosil qiladi $[Ag(CN)_2]^+$, $[Ag(S_2O_3)_2]^-$.

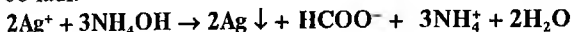
Probirkaning biriga kumush tuzi eritmasidan 2–3 tomchi solib, ustiga shuncha tomchi KBr eritmasidan qo'shiladi. Och sariq rangli $AgBr$ cho'kmasi hosil bo'ladi.

Ikkinchi probirkadagi kumush nitrat eritmasidan 3–4 tomchisiga 2–3 tomchi kaliy yodidning yangi tayyorlangan eritmasidan qo'shiladi. Sariq rangli cho'kma tushishi kuzatiladi.

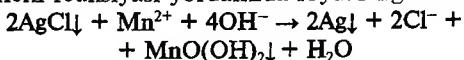
Ag^+ ionning metall holatdagi kumushgacha qaytarilishi.

1. Ag^+ ionni formaldegid ta'sirida qaytarilish.

Xrom aralashmasi va undan keyin suv bilan yuvib yog'dan tozalangan probirkaga bir necha tomchi kumush tuzi eritmasi solinadi va 10 tomchi suv qo'shib suyultiriladi. Ustiga 2 n NH_4OH eritmasidan 8–10 tomchi va suyultirilgan formalin eritmasidan bir necha tomchi solinadi. Probirka issiq suvga botirilsa, uning devorlarida kumush metallning yaltiroq ko'zgusi hosil bo'ladi.



Mn^{2+} ionlar ta'sirida qaytarilish. Bu reaksiyadan biz Mn^{2+} ionning tomchi reaksiyasi yordamida foydalangan edik.

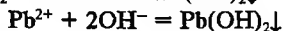
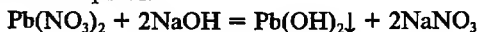


Bu reaksiyadan Ag^+ ionlarini tomchi usuli yordamida topish uchun foydalanilsa ham bo'ladi. Bu holda kumush tuzi eritmasi o'rniga tekshiriladigan eritmaning 1 tomchisi olinadi. Mn^{2+} ion esa eritmaga $Mn(NO_3)_2$ eritma tomchisi qo'shiladi. Ishqor eritmasi ta'sirida dog'ning darhol qorayishi eritmada Ag^+ ionning borligini bildiradi.

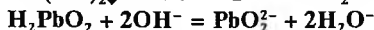
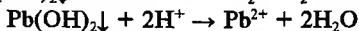
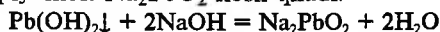
7.3. Qo'rg'oshin (II) Pb^{2+} kationlarining reaksiyalari

Qo'rg'oshin (II) kationining xususiy reaksiyalariga oid tajribalarni $Pb(NO_3)_2$ va $Pb(CH_3COO)_2$ larning suvdagi rangsiz eritmalaridan foydalanib bajariladi.

1. O'yuvchi ishqorlar NaOH, KOH va ammiak eritmasi NH_4OH Pb^{2+} kationlari bilan ta'sirlashib, oq cho'kma $Pb(OH)_2$ ni hosil qiladi:



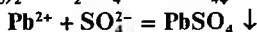
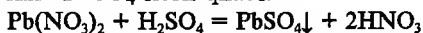
Cho'kmaga mo'l ishqor eritmasi ta'sir ettirilsa $Pb(OH)_2$ erib, natriy plyumbit Na_2PbO_2 hosil qiladi:



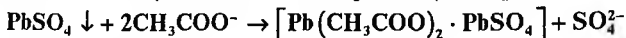
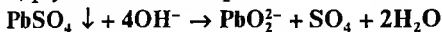
Qo'rg'oshin (II) gidroksid cho'kmasi mo'l ammiak eritmasi ta'sirida erimaydi.

Qo'rg'oshin nitratning 5–6 tomchi eritmasiga NaOH yoki KOH ning eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi. Oq cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

2. Sulfat kislotasi va eruvchan sulfatlar (SO_4^{2-} ion) Pb^{2+} ionlari bilan oq cho'kma $PbSO_4$ hosil qiladi.

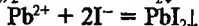
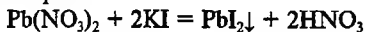


Cho'kma o'yuvchi ishqorlarning eritmalari bilan qo'shib qizdirilganda, plyumbitlar hosil qiladi:



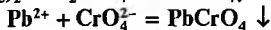
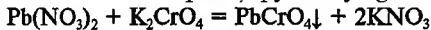
Qo'rg'oshin tuzining eritmasidan 2–3 tomchi olib, ustiga sulfat kislota eritmasidan yoki biror sulfatlar eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi. Oq cho'kma tushishi kuzatiladi.

3. Kaliy yodid KI, Pb^{2+} ionlarga ta'sir qilib, PbI_2 sariq cho'kmasini hosil qiladi:



Cho'kma hosil bo'lgandan so'ng probirkaga bir necha tomchi suv va CH_3COOH ning 2 *n* li eritmasidan qo'shib qizdiriladi. Bunda cho'kma erib ketadi, ammo probirka suv bilan sovutilganda, PbI_2 yaltiroq sariq tilla rang cho'kma — kristallar hosil bo'ladi.

4. Kaliy xromat K_2CrO_4 yoki kaliy dixromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Pb^{2+} kationlari bilan kam eruvchan qo'rg'oshin (II) xromat PbCrO_4 ning sariq cho'kmasini hosil qiladi, qiyin eriydigan:



$$EK_{\text{PbCrO}_4} = 1,8 \cdot 10^{-14} \text{ g} \cdot \text{ion/l.}$$

Qo'rg'oshin (II) tuzi eritmasidan 4–5 tomchi olib, ustiga kaliy xromat yoki dixromat eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi. Sariq cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

Bu cho'kma PbCrO_4 o'yuvchi ishqorlar eritmasida yaxshi eriydi, lekin ammiak va sirka kislota eritmalarida amalda erimaydi, ammoniy tuzlarida ham erimaydi, suyultirilgan nitrat kislota qiyin eriydi. Bu Pb^{2+} kationing muhim reaksiyalaridan biri bo'lib, aralashmalar analizi tartibida Pb^{2+} kationini topishda qo'llanilishi mumkin.

5. Ditizon $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{N}_4\text{H}_2\text{CS}$ Pb^{2+} kationi tuzlari bilan ta'sirlashib, qizil g'isht rangli ichki kompleks birikma hosil qiladi.

Qo'rg'oshin (II) nitrat eritmasining 1 tomchisi ustiga diti-zonning uglerod (IV) xloriddagi eritmasidan 1–2 tomchi tomi-ziladi. Eritmaning yashil rangining qizil g'isht rangiga o'tishi

tekshirilayotgan eritmada qo'rg'oshin (II) Pb^{2+} kationlari borligidan dalolat beradi.

Natriy gidrofosfat Na_2HPO_4 , Pb^{2+} ioni bilan suyultirilgan nitrat va sirka kislotalarda yomon eriydigan $Pb_3(PO_4)_2$ oq cho'kmasini hosil qiladi.

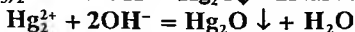
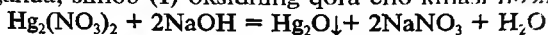


Hosil bo'lgan cho'kma ishqorlarda eriydi.

7.4. Simob (I) Hg_2^{2+} kationlarining reaksiyalari

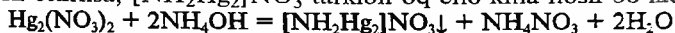
Tajribalarni $Hg_2(NO_3)_2$ ning suvdagi rangsiz eritmalaridan foydalanib bajariladi.

1. Ishqorlar NaOH yoki KOH simob (I) tuzlari eritmalariga ta'sir etganda, simob (I) oksidning qora cho'kmasi hosil bo'ladi:



Probirkaga simob (I) nitrat eritmasidan 4–5 tomchi solib, ustiga 3–4 tomchi ishqor eritmasi qo'shiladi. Qora cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

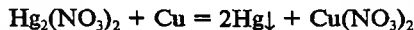
1. Ammoniy gidroksid NH_4OH simob (I) nitrat eritmasiga ta'sir ettirilsa, $[NH_2Hg_2]NO_3$ tarkibli oq cho'kma hosil bo'ladi:



Simob (I) nitrat tuzi eritmasidan 4–5 tomchisiga 3–4 tomchi NH_4OH qo'shiladi. Oq cho'kma hosil bo'ladi. Bu cho'kma erkin holdagi simobning qora cho'kmasini hosil qilib parchalanadi.

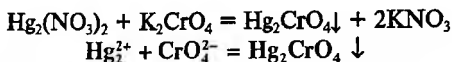


2. Mis metali simob (I) tuzlaridan kul rang simobni siqib chiqaradi:



Jilvir qog'oz bilan tozalangan mis plastinkasi (mis tanga ishlatlsa ham bo'ladi)ga bir tomchi $Hg_2(NO_3)_2$ eritmasidan tomi ziladi. Metallik simobning kul rang dog'i hosil bo'lishi kuzatiladi. Shu dog'ni filtr qog'ozi bilan ishqalansa, kumushsimon yaltiroq bo'lib qoladi.

4. Kaliy xromat K_2CrO_4 simob (I) tuzlari bilan o'zaro ta'sirlashib, Hg_2CrO_4 ning qizil cho'kmasini hosil qiladi:

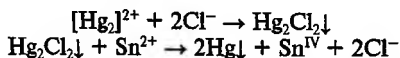


Probirkadagi simob (I) nitrat tuzi eritmasining 4–5 tomchisiga shuncha tomchi kaliy xromat eritmasidan qo‘shilsa, qizil cho‘kma hosil bo‘lishi kuzatiladi.

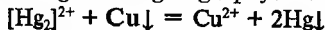
5. Difenilkarbazon $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{N}_4\text{H}_2\text{CO}$ simob (I) kationlari bilan zangori yoki ko‘k rangli birikma hosil qiladi.

Shisha plastinkaga bir tomchi simob (I) nitrat eritmasidan tomizib, ustiga nitrat kislotaning 2 %li eritmasidan 1 tomchi qo‘shiladi. So‘ng difenilkarbazondan 1 tomchi tomiziladi. Agar tekshirilayotgan eritmada Hg_2^{2+} kationlari bo‘lsa, tomchilar ko‘k yoki zangori tusga kiradi.

6. $[\text{Hg}_2]^{4+}$ ni metall holatdagi simobgacha qaytarish. 1) Bir tomchi simob (I) tuzi eritmasi ustiga 2–3 tomchi SnCl_2 eritmasidan qo‘shilsa, $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ning metall holdagi simobgacha qaytarilishi tufayli qorayib boruvchi Hg_2Cl_2 oq cho‘kma hosil bo‘ladi:



2) Agar $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ eritmaning bir tomchisi yaltiroq mis plastinka ustiga (yoki chaqaga) tomizilib, biroz kutilsa, plastinkada simob metallining kul rang dog‘i paydo bo‘ladi:



Agar chaqaning eritma tekkan joyini suv bilan yuvib, dog‘latta yoki filtr qog‘ozi bilan artilsa, u yaltiroq bo‘lib qoladi.

7.5. Beshinchi guruh kationlari aralashmasining analiz qilish tartibi

Muhim reaktivlarning V analitik guruh kationlarining bora-digan reaksiyalar 18-jadvalda berilgan. Bu reaksiyalarga asosanib, shu guruh kationlarini analiz qilinadi.

Konussimon probirkaga HCl ning konsentrlangan eritmasidan 2 tomchi solinadi va uning ustiga tekshirilayotgan eritmasidan 25 tomchi solinadi. Cho‘kmani sentrifuga yordamida ajratib olinadi, tarkibida bir necha tomchi HCl ning 2 n li eritmasida bo‘lgan sovuq suv bilan yuviladi.

Cho'kmani ajratib, yuvib, issiq suv bilan ishlanadi, keyin sentrifugalab, sentrifugat (1)dan, eritmadan Pb^{2+} ni aniqlanadi, kumush xlorid $AgCl$ va simob (I) xlorid Hg_2Cl_2 cho'kmada qoladi (2).

Sentrifugat (1)dan Pb^{2+} ionni aniqlansa, cho'kmadan (2) esa Ag^+ va Pb^{+2} ionlari aniqlanadi.

1. Pb^{+2} kationini topish. Sentrifugat (1)dan 2–3 tomchi olib, ustiga $K_2Cr_2O_7$ dixromat kaliy eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi yoki KI bilan reaksiya qilib ko'riladi. O'yuvchi ishqorlarda eriydigan $PbCrO_4$ sariq cho'kmaning yoki oltin rangli PbI_2 cho'kmaning hosil bo'lishi eritmada Pb^{2+} ionlari-ning borligini ko'rsatadi (PbI_2 isitilganda eriydi, sovutilganda esa, qaytadan tillasimon sariq kristallar hosil bo'ladi).

2. Ag^+ ni ajratish va Hg_2^{2+} ni topish. 3–4 tomchi cho'kma-dan olib, NH_4OH ning 25 %li eritmasidan cho'kma eriguncha qo'shiladi (eritmani chayqatib turib), bunda $AgCl$ erib, $[Ag(NH_3)_2]^+$ kompleks tuz qoladi. Hg_2Cl_2 esa qora rangli $[NH_2Hg]Cl + Hg$ aralashmaga aylanadi. Demak, cho'kmaning ammiak ta'sirida tez qorayishi Hg_2^{2+} ionini borligini ko'rsatadi. NH_4OH ta'sirida hosil bo'lgan sentrifugatdan kumush, Ag^+ ionni aniqlanadi.

3. Ag^+ ni topish. sentrifugatning bir qismiga bir tomchi fenoltalein qo'shiladi va ustiga qizil rang yo'qolguncha 5 n li HNO_3 eritmasidan tomiziladi (so'ngra yana HNO_3 dan 1–2 tomchi ortiqcha qo'shiladi), $AgCl$ oq cho'kma (loyqa)ning hosil bo'lishi tekshirilayotgan eritmada Ag^+ ionni borligini ko'rsatadi.

Ammiakli eritmaning ikkinchi qismiga KI ning suyultirilgan eritmasidan 1 tomchi ta'sir ettiriladi. Och sariq AgI cho'kma-ni hosil bo'lishi Ag^+ ionini borligini ko'rsatadi.

Shu bilan V guruh kationlarining aralashmasini analiz qilish tartibi yakunlandi.

7.6. I–V guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibi

Beshta guruh kationlari aralashmasini analiz qilishda har bir guruh kationlari aralashmalarini analizdan avval, dastlabki sinovlar o'tkaziladi, so'ngra olingan natijalar asosida sistematik

analiz tartib reja asosida guruh reagentlarni qo'llab analiz bajariladi.

1. Dastlabki tekshirishlar.

a) eritmani pH ini aniqlash;

b) aniqlanadigan eritmada alohida olingan ulushidan ishqor ta'sirida qizdirib turib, NH_4^+ ammoniy kationini bor-yo'qligini aniqlanadi;

d) tekshirilayotgan eritmada, alohida ulushidan Fe^{2+} kationini aniqlash $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ reagent ta'sir ettirib, temir (III) kationini bor-yo'qligi aniqlanadi;

e) tekshirilayotgan aralashma eritmasidan 2–3 tomchi olib, unga $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ yoki NH_4CNS (xlorid kislota) ishtirokida ta'sir ettirib, temir (III) kationi topiladi.

Tekshiriladigan eritmaning ayrim ulushlari bo'yicha dastlabki sinovlar bajarilgach, sistematik analiz qilishga kirishiladi. Sistematik analiz shundan iboratki, tekshirilayotgan eritmaning ayrim guruh kationlarini qiyin eruvchan birikmalar (xloridlar, sulfidlar, gidroksidlar, karbonatlar) holida cho'ktiruvchi guruh reagentlari ta'sirida ishlovdan o'tkazishdir. Bunda olingan cho'kmalar yuviladi, ionlarni guruhchalarga va ayrim ionlarga ajratishga imkon beruvchi kerakli mutanosib reagentlar bilan ishlov beriladi. Ayrim kationlarni o'ziga xos xususiy reaksiyalar yordamida topiladi.

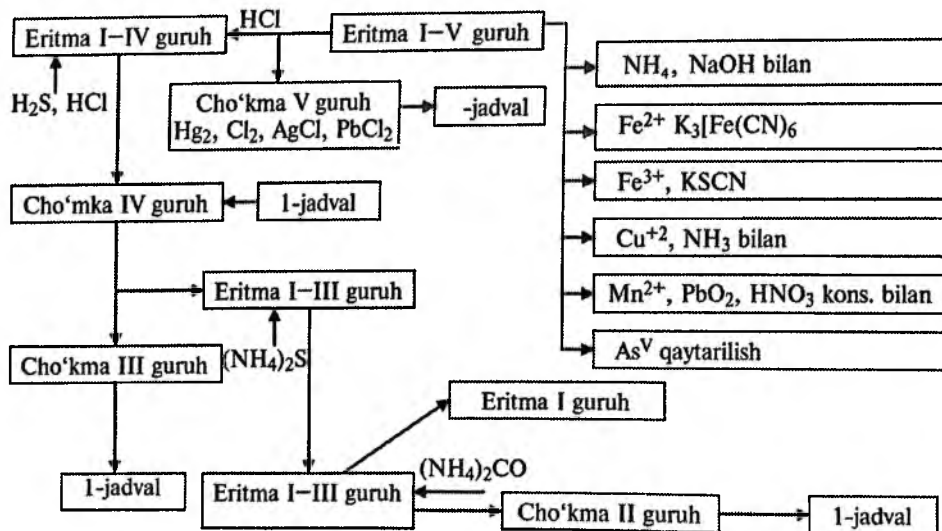
Quyida guruh reagentlari HCl , H_2S , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ va $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ta'sirida ketma-ket izchillik bilan cho'ktirish orqali hamma kationlarni 5 ta analitik guruhlariga ajratishga asoslangan sistematik analiz qilish tartibidan birini keltiriladi.

1. V guruh kationlarini ajratish. Tekshirilayotgan eritmani ammiak eritmasi bilan neytrallanadi, so'ng tomchilatib, analiz qilinuvchi eritma hajmiga teng miqtsorda HCl ning 2N eritmasidan qo'shiladi. Hosil bo'lgan cho'kma V guruh kationlari AgCl , PbCl_2 , Hg_2Cl_2 cho'kmalar eritmada sentrifugatda IV, III, II, I guruh kationlari.

Cho'kmalar tarkibidagi kationlar V analitik guruh kationlari (Ag^+ , Pb^{+2} , Hg_2^{+2}) aralashmasi analizi tartibi 19-jadval bo'yicha bajariladi.

Sentrifugat esa, IV, III, II va I analitik guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibida olib boriladi.

I–V guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibi



**IV–V kationlarini identifikatsiyasi,
individual birikmasi**

1. IV–V guruh kationlari aralashmasi tashkil bo'lgan eritmaga temir kukuni, H_2SO_4 , $Fe_2(SO_4)_3$ eritmasi $H_2SO_4 + NaBr$ tiomochevina hamda PAN ning benzolli eritmasini qo'shib, qizdiriladi va chayqatiladi. Benzol qatlami qizil rangga bo'yaladi. Bunda qaysi ion analitik effekt berdi?

1. Cu^{2+} , Ag^+ ;
2. Bi^{3+} , Pb^{2+} ;
3. Sn^{2+} , Sn^{IV} ;
4. $[Hg_2]^{2+}$, Cu^{2+} ;
5. Bi^{3+} , Cu^{2+} .

2. V analitik guruh kationlari ishtirokida kumush ionni bog'lash uchun qaysi reaktivdan foydalanish mumkinligini ko'rsating?

1. HCl ;
2. $NH_4OH + HNO_3$ ortiqcha miqdorda HNO_3 ;
3. Na_2S ;
4. K_2CrO_4 ;
5. $NaOH$.

3. Analiz qilinayotgan eritmaga ortiqcha miqdorda konsentrlangan ammiakning suvli eritmasi qo'shildi. Eritma och ko'k rangga bo'yaldi. Analiz qilinayotgan eritmani quyidagi ionlarning qaysi biri bo'lishi mumkin?

1. Ag^+ ;
2. Cd^{2+} ;
3. Cu^{2+} ;
4. Cu^{2+} , Ag^+ ;
5. Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ag^+ .

4. Tarkibida SO_3^{2-} , $S_2O_3^{2-}$ anionlari tarkib topgan komponentlar aralashmasini qanday qilib bir-biridan ajratish mumkin?

1. Oksidlovchilar (permanganat, yod eritmalarini bilan);
2. Qaytaruvchilar (Zn , Mg , qalay (II) xlorid va b.);
3. Bariy tuzlarining eritmasi;

4. Stronsiy xlorid eritmasi ta'sirida;
5. Sulfat kislota eritmasi ta'sirida.

5. $MnSO_4$ ochish. Analizning to'g'ri bajarish tartibini ko'rsating.

1. a) kristall rangsiz modda; b) kislotalarda eriydi;
d) $H_2SO_4 + KI$ ta'sirida; e) $H_2SO_4 + KMnO_4$ ta'sirida;
f) SO_3^{2-} ionlari identifikatsiyasida; g) Mn^{2+} ionlari identifikatsiyasida.
2. a); b); f); g); d); e);
3. a) och pushti kristall modda; b) suvda eriydi;
d); e); g); f);
4. a); b); g); f); e); d);
5. a); g); f); b); d); e).

7.7. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

IV–V guruh kationlarini aniqlash mavzusi bo'yicha tayyorlanish uchun dasturiy savollar

1. IV analitik guruh kationlariga ko'p miqdor ammiakning suvli eritmasini qo'shilganda eritma ko'k rang namoyon qildi. Bunda qaysi ion analitik effekt berdi.

1. Bi^{3+} , Sb^{3+} ;
2. Sb^V , Sn^{2+} ;
3. Sn^{IV} , Sn^{2+} ;
4. Cu^{2+} , Bi^{2+} ;
5. Bi^{3+} , Sb^{3+} .

2. $K[(CN)_6]$ bilan qaysi IV guruh kationi qizil-qo'ng'ir cho'kma beradi.

1. Bi^{3+} , Sn^{IV} ;
2. Sn^{2+} , Sn^{IV} ;
3. Sb^{3+} , Sb^V ;
4. Cu^{2+} , Bi^{3+} ;
5. Sb^{3+} , Sb^V .

3. Analizda. Cu^{2+} ionini ochish uchun xarakterli reagentni ko'rsating.

1. NaOH ;
2. NH_4OH ;
3. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
4. Metallarni qaytarish (Al , Fe , Zn);
5. NH_4OH .

4. Quyidagi qaysi reaktiv mis (II)-geksasiokaferrat $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ cho'kmasini eritishda qo'llaniladi.

1. Suyultirilgan HNO_3 ;
2. Ishqor;
3. CH_3COOH ;
4. Ammiakning suvli eritmasi;
5. Suyultirilgan HCl .

5. Vismut ionini analizda qaysi reagentda ochish mumkin?

1. H_2O ;
2. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
3. NaOH ;
4. NH_4OH ;
5. $[(\text{NH}_2)_2\text{CS}]$.

6. Sn^{2+} ionini ochish uchun qaysi reagentdan foydalanish mumkin.

1. NaOH ;
2. FeCl_3 ;
3. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
4. $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{HCl}$;
5. $\text{NaOH} + \text{Bi}(\text{NO}_3)_3$.

7. III va IV analitik guruh kationlari ishtirokida Sn^{IV} ionini ochish uchun qaysi reaktivdan foylanish mumkinligini ko'rsating.

1. Fe° kukuni
2. NaOH
3. NH_4OH

4. K_2CrO_4

5. $Fe^{\circ} + NaOH + BiCl_3$

8. IV guruh kationlar aralashmasi eritmasiga tiomochevina $H_2SO_4 + NaBr$ va PAN benzolli eritmasi qo'shildi. Benzolli qatlam, qizil apelsin rangga bo'yaldi. Qaysi kation ochildi.

1. Cu^{2+} , Sn^{2+} ;

2. Bi^{3+} , Cu^{2+} ;

3. Sn^{2+} , Bi^{3+} ;

4. Sb^{3+} , Sb^V ;

5. Cu^{2+} , Sn^{IV} .

9. Boshqa ionlar ishtirokida Sb^{3+} ionini ochishda qaysi, xususiy reagentdan foydalaniladi.

1. KOH;

2. PAN ning benzolli eritmasi;

3. NaOH;

4. NH_4OH ;

5. Fe° kukuni.

10. V guruh kationlar ishtirokida Ag^+ ionini ajratish uchun qaysi reaktivni qo'llash mumkinligini ko'rsating.

1. HCl;

2. NH_4OH mo'l miqdorda;

3. NaOH;

4. K_2CrO_4 ;

5. Na_2S .

11. IV va V guruh kationlari aralashmasiga HCl ta'sir ettirilganda, oq cho'kma tushdi, uni sentrifugalaymiz, keyin cho'kma, ammiak eritmasi bilan ishlov berilganda nima eriydi. Eritmaga HNO_3 qo'shganda oq tvorogsimon cho'kma tushadi. Qaysi kation ochildi?

1. Cu^{2+} , Pb^{2+} ;

2. Sb^{3+} , $[Hg_2]^{2+}$;

3. Pb^{2+} , Bi^{3+} ;

4. Ag^+ , Sn^{IV} ;

5. $[Hg_2]^{2+}$, Cu^{2+} .

12. Quyidagi qaysi reagent AgCl ni eritadi.

1. HCl ;
2. HNO_3 ;
3. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$;
4. NaOH ;
5. NH_4OH mo'l miqdorda.

13. V guruh kationlari ishtirokida qo'rg'oshin ionini ochishda, qaysi reaktivni qo'llash mumkin?

1. HCl ;
2. NH_4OH ;
3. KI ;
4. Na_2S .

14. IV–V guruh kationlarining xloridlari ammiak eritmasi ta'sirida, qora cho'kma xosil bo'ldi. Qaysi kation ochildi.

1. AgCl , CuCl_2 ;
2. PbCl_2 , CuCl_2 ;
3. Hg_2Cl_2 , CuCl_2 ;
4. AgCl , BiCl_3 ;
5. PbCl_2 , BiCl_3 .

15. III–IV va V guruh kationlar aralashmasidan qaysi kationlarni to'g'ridan to'g'ri analiz qilish mumkin.

1. Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Sb^{V} ;
2. Fe^{3+} , Co^{2+} , $[\text{Hg}_2]^{2+}$, Pb^{2+} ;
3. Fe^{2+} , Ni^{2+} , Sb^{3+} , Sn^{IV} ;
4. Bi^{3+} , Sn^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} ;
5. Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{3+} .

16. IV va V guruh kationlariga HCl ta'sir ettirilganda oq cho'kma tushadi. Aralashmaning tarkibi qanday?

1. CuCl_2 , BiCl_3 ;
2. SnCl_2 , SnCl_3 ;
3. PbCl_2 , Hg_2Cl_2 , AgCl ;
4. SnCl_4 , SnCl_5 ;
5. BiCl_3 , SbCl_3 .

17. V guruh kationlariga HCl ta'sirida tushadigan cho'kma mo'l miqdor ammiak eritmasi ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) bilan ta'sirlashadi. Eritmaga qanday birikmalar kiradi.

1. Hg_2Cl_2 ;
2. PbCl_2 ;
3. AgCl ;
4. Hg_2Cl_2 , PbCl_2 ;
5. Hg_2Cl_2 , AgCl .

18. V guruh kationlar aralashmasiga HCl ta'sirida tushgan cho'kma issiq suvda butunlay erib ketdi. Qaysi kation ochildi?

1. $[\text{Hg}_1]^{2+}$;
2. Ag^+ ;
3. Pb^{2+} ;
4. $[\text{Hg}_2]^{2+}$, Pb^{2+} ;
5. Ag^+ , Pb^{2+} .

19. V guruh kationlarini III va IV guruh kationlaridan ajratish uchun qanday reaktiv kerak?

1. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$;
2. Na_2S ;
3. HCl ;
4. H_2S ;
5. $\text{H}_2\text{S} + \text{HCl}$.

20. III, IV va V guruh kationlar aralashmasiga HCl ta'sir ettirilganda, quyidagi kationlardan qaysilar birgalikda cho'kadi?

1. Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} ;
2. Cu^{2+} , Bi^{3+} , Sn^{IV} ;
3. $[\text{Hg}_2]^{2+}$, Pb^{2+} , Ag^+ ;
4. Sn^{2+} , Sb^{3+} , Sb^{V} ;
5. Co^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} .

21. IV analitik guruh qaysi kationlarining tuzlari gidrolizga tez uchraydi?

1. SbCl_3 , BiCl_3 ;
2. SnCl_2 , CuCl_2 ;

3. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Sn}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Sn}(\text{NO}_3)_4$;
4. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$;
5. $\text{Sb}(\text{NO}_3)_5$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

22. Vismut xlorid tuzining gidrolizini qanday kuchaytirish mumkin?

1. Eritmaga kislota qo'shish bilan;
2. Eritmaga ishqor qo'shish bilan;
3. Eritmani suvda suyultirish yo'li bilan;
4. Eritmani suvda qizdirish yo'li bilan;
5. Eritmani suvda suyultirib va haroratni ko'tarib, OH^- ionlarini qo'shish bilan.

23. IV guruh kationlar eritmasiga ko'p miqdorda NaOH ta'sir ettirilganda eritmada qanday birikmalar hosil bo'ladi?

1. $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Bi}(\text{OH})_3$;
2. $\text{Bi}(\text{OH})_3$, HSbO_3 ;
3. HSbO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$;
4. H_4SnO_4 , $\text{Cd}(\text{OH})_2$;
5. $[\text{Sb}(\text{OH})_4]^-$, $[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-}$.

24. Quyidagi qaysi gidroksid amfoterlik xossasini namoyon qiladi?

1. $\text{Bi}(\text{OH})_3$;
2. $\text{Cu}(\text{OH})_2$;
3. $\text{Cd}(\text{OH})_2$;
4. $\text{Pd}(\text{OH})_2$;
5. $\text{Ni}(\text{OH})_2$.

25. Quyidagi qaysi gidroksid ko'p miqdor NaOH da eriydi.

1. $\text{Sn}(\text{OH})_2$;
2. $\text{Co}(\text{OH})_2$;
3. $\text{Cu}(\text{OH})_2$;
4. $\text{Fe}(\text{OH})_2$;
5. $\text{Ni}(\text{OH})_2$.

26. Quyidagi barqaror kompleks ionini ko'rsating ($\lg \beta$ barqarorlik konstantasi ko'rsatkichi).

1. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ - \lg \beta = 7,21$;

2. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} - \lg \beta_4 = 12,03$;
3. $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^+ - \lg [\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^+ \beta_4 = 19,26$;
4. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+} - \lg \beta_4 = 8,01$;
5. $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} - \lg \beta_4 = 9,40$.

27. Qaysi usulda tetraamin-mis (II) sulfatni erkin mis ionigacha (buzish) parchalash mumkin?

1. Sulfat kislota ta'sirida;
2. Kaliy sulfid ta'sirida;
3. Natriy sianid ta'sirida;
4. Ishqorlar ta'sirida;
5. Ammiak eritmasi ta'sirida.

28. Quyidagi qaysi kompleks birikmalardan bir vaqtda kam eruvchan birikmalar bog'lab, nitrat kislota ta'sirida barqaror kompleks ionini olish mumkin.

1. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{SO}_4)_2$;
2. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_2$;
3. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$;
4. $[\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})]]$;
5. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_2$.

8.1. Anionlar umumiy tavsifi, sinflanishi

Birinchi guruh anionlarini ochish muhim amaliy ahamiyatga ega, ularning birikmalari qishloq xo'jaligida keng miqyosda qo'llaniladi. K_2SO_4 , $(NH_4)_2SO_4$ mineral o'g'itlar tarkibiga kiradi, mis kuporosi $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ va temir kuporosi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ qishloq xo'jaligida o'simliklar zararkunandalariga qarshi kurashda ishlatiladi.

Tuproqda $CaCO_3$, $MgCO_3$ lar boshqa karbonatlarga nisbatan ko'proq bo'ladi, ishqoriy metallarning karbonatlari juda oz miqdorda bo'ladi. Kalsiy karbonat, dolomit ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) kislotali tuproqlarni neytrallash uchun ishlatiladi.

Tuproqda, shuningdek, fosfatlar bo'lib, bir qismi o'simliklar o'zlashtira oladigan holatda bo'ladi. Fosfor o'simliklar oziqlanishi uchun zarur elementlardan hisoblanib, uning tuproqdagi yetishmasligi fosforli o'g'itlarni tuproqqa solish bilan to'ldiriladi. Bu o'g'itlarning ko'pchiligi fosfat kislotaning tuzlari hisoblanadi. Chunonchi, fosforit va apatit tarkibiga kalsiy fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ kiradi, mineral o'g'itlardan pretsipitat — $CaHPO_4$ dan, superfosfat — $Ca(H_2PO_4)_2$ dan iborat. Hayvonlarda fosfatlarning ko'proq miqdori suyaklar tarkibida bo'ladi.

Kremniy birikmalari ba'zi bir o'simliklarda, masalan, donli o'simliklar tanasida to'planadi. Tuproqda silikatlarning yetishmasligidan makkajo'xori, arpa, lavlagi kabi o'simliklarni o'sishi sekinlashadi.

Anionlar sinflanishi aksari, tegishli kislotalar hosil qiladigan bariy va kumush tuzlarining eruvchanliklari bir-biridan farq qilishga asoslangan.

Kationlarga qarama-qarshi o'laroq anionlar ko'pincha bir-birini topilishiga xalal bermaydi. Shuning uchun ularni bir-biridan ajratishga yordam beradigan reaksiyalardan foydalaniladi. Ko'pincha, anionlar eritmani bo'lib-bo'lib tekshirish usuli bilan, ya'ni tekshirilayotgan eritmaning ayrim ulushlaridan topiladi.

Shunga ko'ra, anionlarni analiz qilishda guruh reagentlari, odatda, guruhlarni bir-biridan ajratish uchun emas, balki guruhlarning bor-yo'qligini aniqlab olish uchun qo'llaniladi. Ravshanki, agar biror guruh anionlarining yo'qligi aniqlansa, shu guruhga kiradigan ayrim anionlarni topish uchun reaksiya o'tkazish shart emas. Shunday qilib, anionlar guruhchasini topish reaksiyalari umumiy analizni ancha osonlashtiradi.

Yuqorida kationlarni o'rganishda anionlarning ko'pchilik reaksiyalari bilan tanishilgan edik. Masalan, Ba^{2+} va Pb^{2+} kationlarni SO_4^{2-} va CrO_4^{2-} anionlari yordamida aniqlangan edi. Aksincha, bu anionlarni bariy va qo'rg'oshin tuzlari yordamida topish mumkin. Shunga o'xshash Ag^+ ionining reagenti Cl^- ionini bo'lgan holda Cl^- ionini Ag^+ kationi yordamida topish mumkin.

Anionlarni birinchi guruh

Anionlarning birinchi guruhiga: sulfat ion SO_4^{2-} , sulfit ion SO_3^{2-} , tiosulfat ion $S_2O_3^{2-}$, karbonat ion CO_3^{2-} , fosfat ion PO_4^{3-} , silikat ion SiO_3^{2-} va boshqalar kiradi.

Sanab o'tilgan ionlar Ba^{2+} ionlari bilan suvda qiyin eriydigan, ammo kislotalarda eriydigan tuzlar ($BaSO_4$ dan tashqari) hosil qiladi. Shuning uchun I analitik guruhni anionlari kislotali eritmalaridan bariy tuzlari holida cho'kmaga tushmaydi.

Demak, neytral yoki kuchsiz asosli eritmada $pH = 7 \div 9$ bo'lganda, $BaCl_2$ birinchi guruh anionlarni guruh reagentidir.

I analitik guruh anionlarining Ag^+ ionini bilan hosil qilgan tuzlari II analitik guruh anionlarni hosil qilgan tuzlardan suyultirilgan kislotalarda va hatto suvda Ag_2SO_4 yaxshi eriydi.

Anionlarga tegishli bo'lgan reaksiyalar 20-jadvalda berilgan.

Birinchi anionlar guruhining umumiy guruh reagenti — bariy xlorid $BaCl_2$ I guruh anionlari faqat neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda cho'ktiradi. Ba^{2+} kationi bilan birinchi guruh anionlari suvda kam eriydigan, lekin suyultirilgan mineral kislotalarda ham oson eriydigan (bariy sulfat $BaSO_4$ dan tashqari) tuzlar hosil qiladi.

I analitik guruh anionlarining ochish reaksiyalari 20-jadvalda keltirilgan.

Anionlarni aniqlashda qo'llaniladigan reaktivlar

Anionlar Reaktivlar	Sulfat SO_4^{2-} ion	Sulfit SO_3^{2-} ion	Tiosulfat $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ion	Karbonat CO_3^{2-} ion	Fosfat PO_4^{3-} ion	Silikat SiO_3^{2-} ion	Oksalat $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ion
BaCl_2 neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda	BaSO_4 oq cho'kma	BaSO_4 oq cho'kma	BaS_2O_3 oq cho'kma	BaCO_3 oq cho'kma	BaHPO_4 oq cho'kma	BaSiO_3 oq cho'kma	BaC_2O_4 oq cho'kma
Bariyli tuzning HCl ga munosabati	erimaydi	eriydi SO_2 gazi ajraladi	eriydi SO_2 gazi va S ajraladi	eriydi CO_2 gazi ajraladi	eriydi	erimaydi	eriydi
Magnezial aralashma ($\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$)	—	—	—	—	MgNH_4PO_4 oq cho'kma	—	—
Molibden suyuqligi ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$)	—	—	—	—	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sariq cho'kma	—	—
Oksidlovchilar KMnO_4 yoki I_2	—	Eritma rangsizlanadi	Eritma rangsizlanadi	—	—	—	Eritma rangsizlanadi
Ammoniyli tuzlar NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	—	—	—	—	—	Cho'kma hosil bo'ladi	—
Fuksin	—	Eritmadagi pushti rang yo'qoladi	—	—	—	—	—
Kislotalar	—	SO_2 gaz ajraladi	$\text{SO}_2 + \text{S} \downarrow$ ajraladi	CO_2 gaz ajraladi	—	—	—

8.2. Sulfat anionlarining SO_4^{2-} reaksiyalari

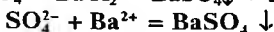
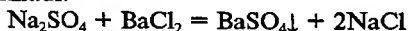
Sulfat — ion, sulfat kislota H_2SO_4 ning anionidir. Sulfat kislota kuchli kislota bo'lib, uning bariy, stronsiyli, kalsiy va qo'rg'oshin tuzlari suvda qiyin eriydi.

Tajribalarni bajarishda sulfat kislota ning suvda yaxshi eriydigan tuzlarini rangsiz eritmalaridan foydalanish mumkin.

1. Bariy xlorid BaCl_2 SO_4^{2-} anionlari bilan ta'sirlashib, BaSO_4 ning oq kristallik cho'kmasini hosil qiladi.

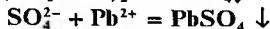
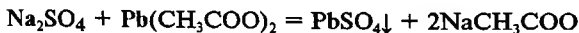
Probirkaga natriy sulfat eritmasidan 4—5 tomchi solib, ustiga HCl ning 6 N eritmasidan 2—3 tomchi va BaCl eritmasidan 1—2 tomchi qo'shiladi. Bir daqiqada BaSO_4 ning oq kristallik cho'kmasi hosil bo'ladi, bu cho'kma xlorid kislota da erimaydi.

Bariy sulfat kuchli kislota ning tuzi bo'lib, suvda kislotalari erimaydi. Bu bilan BaSO_4 boshqa hamma anionlarining bariy tuzlaridan farqlanadi; uning ana shu xossasidan SO_4^{2-} ionini topishda foydalaniladi.



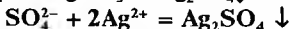
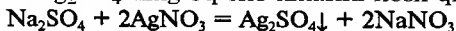
BaSO_4 oq cho'kma.

2. Qo'rg'oshin asetat $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ va boshqa Pb^{2+} tuzlari SO_4^{2-} anionlari bilan PbSO_4 ning oq kristallik cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkadagi natriy sulfatning 4—5 tomchi eritmasiga 1—2 tomchi HCl eritmasidan qo'shiladi. So'ng 3—4 tomchi qo'rg'oshin (II) asetat eritmasidan qo'shilsa, suyultirilgan kislotalarda erimaydigan, lekin o'yuvchi ishqorlarda eruvchi oq kristallik cho'kma hosil bo'ladi.

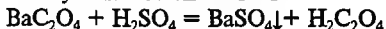
3. Kumush nitrat AgNO_3 konsentrlangan eritmadagi SO_4^{2-} anionlari bilan Ag_2SO_4 ning oq cho'kmasini hosil qiladi:



Hosil bo'lgan cho'kma nitrat kislota da eriydi.

Probirkaga natriy sulfatning eritmasidan 3—4 tomchi solinadi, ustiga 3—4 tomchi kumush nitrat eritmasidan qo'shiladi. Oq cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

4. Bariy rodizonat SO_4^{2-} anioni bilan reaksiyaga kirishganda, bir daqiqada o'zining qizil rangini yo'qotib, rangsizlanadi: bunda erimaydigan bariy sulfat hosil bo'ladi:



Filtr qog'ozi bo'lagiga 1 tomchi BaCl_2 eritmasi tomiziladi, ustiga natriy rodizonat yoki rodizonat kislota eritmasidan bir tomchi qo'shiladi. Natijada bariy rodizonatning qizil rangli dog'i hosil bo'ladi. Bu dog'ni 1—2 tomchi tekshirilayotgan SO_4^{2-} anioni saqlovchi eritma bilan qo'llansa, shu zahotiy oq bariy rodizonatning qizil rangi yo'qolib, rangsizlanadi. Bu reaksiya o'ziga xos bo'lib, SO_4^{2-} anionlari uchun selektiv, ya'ni faqat sulfatlarni topish uchun qo'llaniladi.

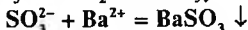
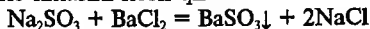
8.3. Sulfid anionlari SO_3^{2-} ning reaksiyalari

Sulfid ion SO_3^{2-} sulfid kislota H_2SO_3 ning anionidir. Suvsiz H_2SO_3 ma'lum emas. U sulfid kislota tuzlaridan siqib chiqarilganda, angidrid va suvga parchalanadi. SO_2 ning suvdagi eritmasi kislotali reaksiyaga ega va uning tarkibida ozgina miqdorda H_2SO_3 bo'ladi. Sulfid kislota o'rtacha kuchga ega bo'lgan kislota.

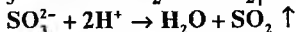
Sulfid kislota tuzlari ishqoriy metallarning tuzlarigina suvda eriydi. SO_3^{2-} — anion rangsizdir.

Reaksiyalarni o'tkazishda SO_3^{2-} ning tuzlarining suvli eritmalaridan foydalaniladi.

1. Bariy xlorid BaCl_2 eritmadagi SO_3^{2-} anionlari bilan bariy sulfidning oq cho'kmasini hosil qiladi:



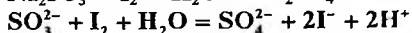
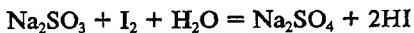
Hosil bo'lgan cho'kma xlorid va nitrat kislotalarida erishi natijasida oltingugurt (IV) oksidi ajralib chiqadi.



Probirkaga natriy sulfitning eritmasidan 4–5 tomchi solib, shuncha miqdorda reagent eritmasidan qo'shilsa, oq cho'kma hosil bo'ladi.

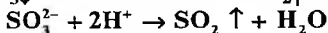
Cho'kma kislotalarda eritilganda, yonayotgan oltingugurt hidiga ega bo'lgan oltingugurt (IV) oksidi ajralib chiqadi.

2. Yodli yoki bromli suvni sulfid tuzlari eritmalarini rangsizlantiradi.

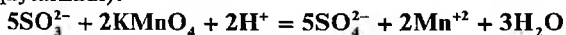


Probirkaga 1–2 tomchi yodli suvdan solinadi, ustiga sulfat tuzi eritmasidan 3–4 tomchi va 5 tomchi H_2SO_4 eritmasidan qo'shiladi. Bunda qo'ng'ir rangli yod eritmasi rangsizlanadi.

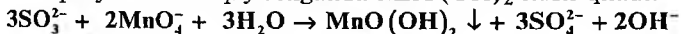
3. Mineral kislotalar hamma sulfidlarni (suvda eriydiganlarni va erimaydiganlarni) parchalab, SO_2 ajralib chiqaradi. Uni oltingugurt yonganda chiqadigan hididan aniqlash mumkin:



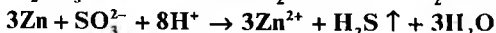
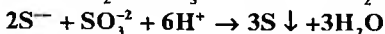
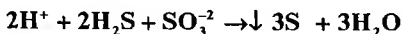
4. Permanganat ham sulfidlar bilan qaytariladi, reaksiya kislotali muhitda ham ishqoriy muhitda ham olib borish mumkin. Masalan, sulfat kislotaga qo'shilgan Na_2SO_3 eritmasiga KMnO_4 eritmasi tomchilab qo'shilsa, permanganat rangsizlanadi (Mn^{2+} gacha qaytariladi).



Ishqoriy muhitda qaytarilganda $\text{MnO}(\text{OH})_2$ hosil qiladi.



5. SO_3^{2-} ionini qaytarish. SO_3^{2-} ionida oltingugurtning +4 valentlikka ega, shuning uchun u o'zgarish mumkin (+2 dan +6 gacha), ya'ni SO_3^{2-} ham oksidlanish, ham qaytarilish xossasiga ega. Qaytarilish xossasidan yoki oltingugurt, yoki H_2S hosil bo'lishi mumkin.



Sulfid eritmasiga HCl ning 2 n eritmasidan mo'ltroq qo'shib, metall ruh tashlab, qizdirsangiz, bunda H_2S ajralib chiqadi.

6. Fuksin eritmasi SO_3^{2-} anioni neytral eritmalarda fuksin bilan reaksiyaga kirishganda, fuksinning qizil rangi yo'qolib, rangsizlanadi.

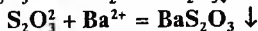
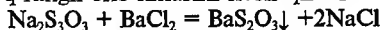
Fuksin eritmasidan bir tomchisi shisha plastinkaga tomi-ziladi, ustiga bir tomchi sulfit tuzining neytral eritmasidan qo'-shiladi. (Kislotali eritmalar NaHCO_3 bilan, ishqoriy eritmalar SO_2 gazini fenolftalein rangsizlanguncha o'tkazish bilan ney-trallandi). SO_3^{2-} anioni ishtirokida fuksin eritmasi rangsizlanadi.

8.4. Tiosulfat anionlari $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ning reaksiyalari

Tiosulfat ioni $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ tiosulfat kislota $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ning anionidir. Bu kislota H_2SO_4 dan ham beqaror bo'lib, erkin holatda ajratib olinganda SO_2 ga va S ga parchalanib ketadi. Tiosulfatlardan ishqoriy metallarning hamda stronsiy, rux va kadmiy-nikel, ko-balt, marganes va temir (II) tuzlari suvda yaxshi eriydi. Qolgan tuzlari qiyin eriydi. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ — ioni rangsiz.

Reaksiyalarni bajarishda $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ning suvdagi eritmasidan foydalaniladi.

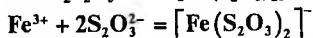
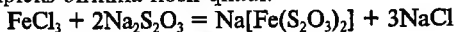
1. Bariy xlorid BaCl_2 eritmadagi $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ionlari bilan bariy tiosulfatning oq rangli cho'kmasini hosil qiladi:



Natriy tiosulfat eritmasining 5–6 tomchisiga BaCl_2 eritma-sidan 8–10 tomchi qo'shiladi. Oq cho'kma tushishi kuzatiladi.

Sulfidlar kislotalar ta'sir ettirilganda, SO_2 ajratib chiqarsa ham oltingugurt hosil qilmaydi. Shuning uchun bu reaksiya SO_3^{2-} ishtirokida $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ni topishga imkon beradi va tiosulfat an-ionining eng muhim reaksiyalaridan biri hisoblanadi.

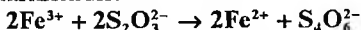
2. Temir (III) xlorid tiosulfat eritmalari bilan to'q binafsha rangli kompleks birikma hosil qiladi:



Probirkaga 2–3 tomchi natriy tiosulfat eritmasi solinadi va unga temir (III) xlorid eritmasidan 1 tomchi qo'shiladi. Shu zahotiyuq to'q binafsha rang hosil bo'lishi kuzatiladi. Bu rang

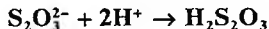
1–2 daqiqadan keyin yo‘qolib ketadi va eritma rangsiz bo‘lib qoladi.

Hosil bo‘lgan rangning yo‘qolishiga sabab, temir (III)ning temir (II)ga qaytarilishidir:



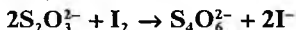
tiosulfat anioni, tetrationsat hosil qiladi.

3. Kislotalar. Tiosulfat eritmaları bilan reaksiyaga kirishib, erkin holatdagi $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ni hosil qiladi, u esa H_2O va oltingugurtga parchalanadi:



Hosil bo‘lgan oltingugurt reaksiyani loyqalantiradi.

4. Yod eritmasi tiosulfat $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ eritmaları bilan tetrationsatlar hosil qilib, rangsizlantiriladi.



Bu reaksiya miqdoriy analizda ham katta ahamiyatga ega.

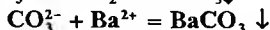
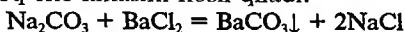
Kaliypermanganat KMnO_4 kislotali muhitda tiosulfatlar ta’sirida Mn^{2+} ionlarigacha ishqoriy muhitda esa qo‘ng‘ir cho‘kma hosil bo‘ladi, $\text{MnO}(\text{OH})_2$ gacha qaytariladi.

8.5. Karbonat anionlari CO_3^{2-} ning reaksiyalari

Karbonat ion CO_3^{2-} erkin holatda ma’lum bo‘lmagan karbonat kislota N_2SO_3 ning anionidir. Bu kislota o‘z tuzlaridan olinganda, CO_2 — anhidrid va H_2O — suvga parchalanadi. H_2CO_3 juda kuchsiz kislota bo‘lganidan ishqoriy metallarning karbonatlari ishqoriy muhitga ega. H_2CO_3 ning o‘rta tuzlaridan faqat kaliy, natriy va ammoniy tuzlari suvda eruvchan.

Tajribalarni Na_2CO_3 , K_2CO_3 va $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ larning suvdagi rangsiz eritmalaridan foydalanib bajariladi.

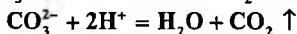
1. Bariy xlorid BaCl_2 eritmadagi CO_3^{2-} anionlari bilan bariy karbonatning oq cho‘kmasini hosil qiladi:



Hosil bo‘lgan cho‘kma xlorid, nitrat kislotalarda va hattoki sirka kislotada ham eriydi.

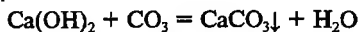
Probirkadagi natriy karbonatning 4–5 tomchisiga BaCl_2 eritmasidan 4–5 tomchi tomiziladi. Oq cho‘kma tushishi kuza-tiladi.

2. Kislotalar ta’sirida karbonatlar $\text{CO}_2\uparrow$ gazni chiqarib, qay-nab parchalanadi.



CO_2 ajralib chiqayotganligini ohakli yoki baritli suvning loyqalanishidan, ya’ni $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yoki $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ning to‘yingan eritmasiga CO_2 ta’sir etganda, CaCO_3 va BaCO_3 cho‘kmasi ho-sil bo‘lishi, eritmani loyqalanishidan bilinadi.

Gaz o‘tkazuvchi nayli probirkaga 2–3 ml karbonat tuzi erit-masidan solib, ustiga shuncha hajmda HCl ning 2 n eritmasidan qo‘shiladi. Chiqayotgan gaz ikkinchi probirkadagi ohakli suv-ning tiniq eritmasi orqali o‘tkaziladi. Ohakli suvning loyqala-nishi kuzatiladi.



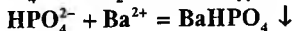
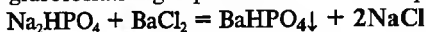
8.6. Fosfat anionlari PO_4^{3-} ning reaksiyalari

Fosfat — ion o‘rtacha kuchga bo‘lgan ftofosfat kislota H_3PO_4 ning anionidir. U uch negizli kislota bo‘lib, uch qator tuz beradi: fosfatlar — PO_4^{3-} anioni Na_3PO_4 , $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ va bosh-qalar; gidrofosfatlar — HPO_4^{2-} , Na_2HPO_4 , CaHPO_4 va boshqalar; digidrofosfatlar H_2PO_4^- , NaH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ va boshqalar.

Fosfat kislolaning tuzlaridan faqat ishqoriy metallar va ammoniy tuzlari hamda ishqoriy metallarning digidrofosfatlari, masalan, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ suvda eriydi. Boshqa tuzlari suvda eri-maydi.

Tajribalarni bajarishda natriy gidrofosfat eritmasidan foyda-lansa bo‘ladi.

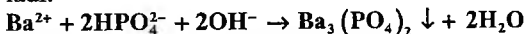
1. Bariy xlorid BaCl_2 natriy gidrofosfat eritmasi bilan ta’sir-lashib, bariy gidrofosfatning oq cho‘kmasini hosil qiladi:



Natriy gidrofosfat eritmasidan 4–5 tomchi olib, ustiga BaCl_2 eritmasidan 2–3 tomchi qo‘shiladi. Oq cho‘kma hosil bo‘lishi kuzatiladi.

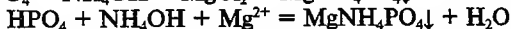
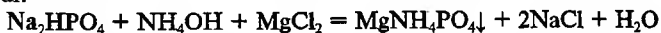
BaHPO_4 cho‘kmasi kuchli kislotalarda (H_2SO_4 dan tashqari), shuningdek, sirka kislotada ham eriydi.

Agar reaksiya ishqorlar yoki NH_4OH ishtirokida olib bo‘rilsa, HPO_4^{2-} , ioni PO_4^{3-} ioniga aylanadi va $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ cho‘kmasi hosil bo‘ladi:



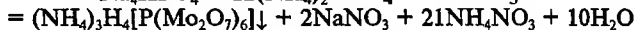
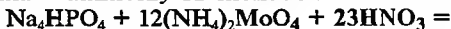
$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ kuchli kislotalar ta‘sirida eriydi.

2. Magnezial aralashma ($\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) PO_4^{3-} anionlari bilan oq kristallik cho‘kma MgNH_4PO_4 ni hosil qiladi:

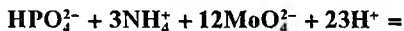


5–6 tomchi magniy xlorid eritmasiga shuncha tomchi ammiak eritmasi qo‘shiladi; hosil bo‘lgan magniy gidroksid cho‘kmasini NH_4Cl eritmasi qo‘shib eritiladi. So‘ngra olingan magnezial aralashma suv hammomida isitilib, unga natriy gidrofosfat eritmasidan oq cho‘kma — MgNH_4PO_4 magniy-ammoniy fosfat hosil bo‘lguncha qo‘shiladi.

3. Molibden suyuqligi (ammoniy molibdat $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ning nitrat kislotadagi eritmasi) PO_4^{3-} anionlari bilan sariq kristallik cho‘kma — ammoniy 12-molibdo fosfatni hosil qiladi:



Ammoniy fosformolibdat cho‘kmasi fosfat mo‘lroq olinganda eriydi. Shuning uchun reagentni ancha mo‘lroq qo‘shish kerak.



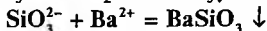
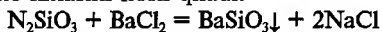
Probirkaga 8 tomchi ammoniy molibdat eritmasi va 8 tomchi konsentrlangan nitrat kislota solinadi. Bu aralashmaga 2–3 tomchi natriy gidrofosfat qo‘shiladi, shisha tayoqcha bilan aralashtirib, suv hammomida probirka ichidagi suyuqligi bilan birgalikda 40–50 °C gacha isitiladi. Sariq cho‘kma hosil bo‘lishi kuzatiladi.

8.7. Silikat anionlari SiO_3^{2-} ning reaksiyalari

SiO_3^{2-} – silikat anioni. Silikat kislotalarni toza holda ajratib bo'lmaydi. Suvda erimaydigan va kislotalar ta'sirida parchalanmaydigan Na_2CO_3 va K_2CO_3 aralashmalari bilan suyuqlantirish orqali eritmaga o'tkazish mumkin. Bunda ishqoriy metallarning eriydigan silikatlari hosil bo'ladi, silikatlar eritmalari rangsiz.

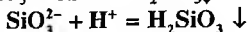
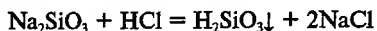
Reaksiyalarni o'tkazishda suvdagi eritmalari rangsiz bo'lgan Na_2SiO_3 va K_2SiO_3 lardan foydalaniladi.

1. Bariy xlorid BaCl_2 eritmadagi SiO_3^{2-} ionlari bilan bariy silikatning oq cho'kmasini hosil qiladi:



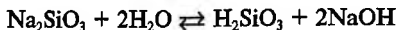
Natriy silikat eritmasining 5–6 tomchisiga BaCl_2 eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi. Oq amorf cho'kma tushishi kuzatiladi.

2. Kislotalarning suyultirilgan eritmalari silikatlariga ta'sir qilib, silikat kislotaning suzmasimon oq cho'kmasini (gelini) hosil qiladi:

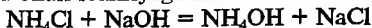


Natriy silikatning 5–6 tomchi eritmasiga HCl eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi. Oq suzmasimon cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

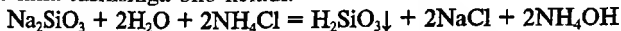
3. Ammoniy tuzlari (NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) silikatlar eritmalariga ta'sir ettirilganda silikat kislotaning iviqsimon cho'kmasi hosil bo'ladi. Suvli eritmalarda silikatlar oson gidrolizlanadi:



Qo'shiladigan ammoniy tuzi gidroliz mahsulotlaridan biri-natriy gidroksid bilan reaksiyaga kirishadi.



Shu sababli gidroliz muvozanati silikat kislotani hosil bo'lishi tomoniga siljiydi, ko'p miqdorda H_2SiO_3 ni hosil bo'lishi cho'kma tushishiga olib keladi.



Probirkaga 4–5 tomchi natriy silikat Na_2SiO_3 eritmasidan solib, 4–5 tomchi distillangan suv qo‘shiladi va ammoniy xlorid NH_4Cl kristallaridan 2–3 dona solinadi, so‘ng suv hammomida isitiladi. Natijada silikat kislotaning iviq cho‘kmasi hosil bo‘ladi.

8.8. Birinchi guruh anionlari aralashmasini analiz qilish tartibi

I guruh anionlari uchun muhim bo‘lgan analitik reaksiyalarning natijalari 18-jadvalda keltirilgan. Bariy xlorid BaCl_2 bu guruh anionlarining umumiy guruh reagenti bo‘lib, bu anionlar guruh reagenti ta‘sirida oq kristallik cho‘kmalar hosil qiladi.

Anionlarni aralash-tirmadan topish uchun ularning xos analitik reaksiyalaridan foydalaniladi. Eritmada birinchi guruh reagenti ta‘sirida BaCl_2 tekshirilib ko‘riladi. Agar aniqlanayotgan eritmaga 4–5 tomchi olib, ustiga 5–6 tomchi BaCl_2 ning eritmasidan qo‘shiladi, oq cho‘kma hosil bo‘lishi, I guruh anionlardan bo‘lishini bildiradi, keyin bor anion tekshiriladi.

1. Sulfat ion SO_4^{2-} ni aniqlash. Tekshirilayotgan eritmaga 2–3 tomchi olib, ustiga 2 *n* HNO_3 ning eritmasidan 4–5 tomchi va BaCl_2 ning 2 *n* eritmasidan 3–4 tomchi qo‘shiladi. Agar oq kristall cho‘kma hosil bo‘lsa va bu cho‘kma kuchli kislotalarda erimasa, unda eritmada SO_4^{2-} ionlari bor bo‘ladi.

2. Sulfit ion SO_3^{2-} aniqlash. Tekshirilayotgan eritmada probirkaga 3–4 tomchi olib, 2–3 tomchi 2 *n* HCl eritmasidan qo‘shiladi. So‘ng shu probirkaga kraxmal bilan ko‘k tusga kiradigan yod eritmasidan bir necha tomchi qo‘shiladi. Eritmani rangsizlanishi aniqlanadigan eritmada SO_3^{2-} ni borligini ko‘rsatadi.

3. Tiosulfat ion $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ni aniqlash. Tekshirilayotgan eritmada 2–3 tomchi olib, ustiga temir (III) ning xlorid eritmasidan 1–2 tomchi qo‘shiladi. To‘q binafsha rang hosil bo‘lishi $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ borligini bildiradi.

4. Karbonat ion CO_3^{2-} ni aniqlash. Tekshirilayotgan eritmada $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} ionlarini borligi ma‘lum bo‘lsa, unda shu anionlarni sulfat iongacha oksidlash kerak, buning uchun tekshirilayotgan eritmaning yana 4–5 tomchi eritmasiga vodorod perok-

sid (8–10 % eritmasi) qo‘shiladi, suv hammomida isitiladi. Shundan so‘ng isitilgan eritma xlorid kislotaning 2 *n* eritmasidan 6–8 tomchi qo‘shiladi va chiqayotgan gaz CO₂ ohakli suvdan o‘tkaziladi. Ohakli suvni loyqalanishi karbonat anionini borligini ko‘rsatadi.

5. Silikat ion SiO₃²⁻ ni aniqlash. Tekshirilayotgan eritmadan toza probirkaga 6–8 tomchi solamiz. Unga NH₄Cl kristallari-dan qo‘shamiz va sekin isitamiz. Oq iviqsimon cho‘kmaning hosil bo‘lishi SiO₃²⁻ ionini borligini bildiradi.

6. Fosfat ion PO₄³⁻ ni aniqlash. Tekshirilayotgan eritmadan 2–3 tomchi olib, ustiga ammoniy molibdat (NH₄)₂MoO₄ eritmasidan 7–8 tomchi solinadi va ustiga 6 *n* HNO₃ ning eritmasidan 6–7 tomchi qo‘shiladi, eritma ozgina isitiladi. PO₄³⁻ anionlari bo‘lsa, ammoniy molibdatfosfatning sariq cho‘kmasi hosil bo‘ladi.

O‘z-o‘zini tekshirish uchun savollar

1. Anionlarni guruhlarga bo‘lishda qanday omillarga asoslaniladi?

2. Anionlar nechta guruhlarga ajratiladi, guruh reagentlari qanday moddalar hisoblanadi?

3. I guruh anionlaridan har biriga xos (selektiv) reaksiyalari to‘g‘risida ma’lumot bering.

4. Faqat sulfatlarni ochish uchun qo‘llaniladigan reagent va reaksiyada kuzatiladigan analitik effekt nima?

5. Qaysi anionlar suyultirilgan HCl yoki H₂SO₄ ta’sirida gazlar ajratib chiqaradi?

6. Qaysi anionlar yodli suv yoki bromli suvni rangsizlantirishi mumkin?

7. SO₄²⁻, SO₃²⁻ va S₂O₃²⁻ anionlarini topish va ajratish uchun qanday reaksiyalardan foydalanish mumkin?

8. Birinchi guruh anionlari aralashmasini analiz qilish dastavval nimadan boshlanadi?

9. I guruh anionlari aralashmasini analiz qilishda eritmani qanday metod bo‘yicha tekshiriladi?

10. Karbonat anionini topishdan oldin eritmadagi qaysi anionni nima uchun oksidlash zarur?

8.9. Anionlarning ikkinchi analitik guruhi. Ikkinchi guruh anionlarining umumiy tavsifi

Anionlarning ikkinchi analitik guruhiga xlorid ion Cl^- , bromid ion Br^- , yodid ion I^- , sulfid ion S^{2-} va ba'zi bir boshqa anionlar kiradi.

Bu anionlar nitrat kislota eritmalarida Ag^+ ionlari ta'sirida cho'ktiriladi, chunki ularning hosil qilgan kumush tuzlari suyultirilgan HNO_3 da erimaydi. I guruhning anionlarining kumush tuzlari esa suyultirilgan HNO_3 eriydi, shu bilan II guruh anionlaridan farq qiladi.

Demak, II guruh anionlarining umumiy guruh reagenti suyultirilgan HNO_3 ishtirokida AgNO_3 dir.

II guruh anionlarining bariy tuzlari suvda eriydi. Shu sababli II guruh anionlari I guruh anionlaridan farq qilib, BaCl_2 ta'sirida cho'ktirilmaydi. Suvli eritmalarida II guruh anionlari rangsiz bo'ladi.

Ikkinchi guruh anionlaridan ba'zilari biologiya va qishloq xo'jaligida ma'lum darajada ahamiyatga egadirlar.

Xlorid ion doimo tabiiy suvlar tarkibida bo'ladi. Tuproq tarkibidagi suvda ham xlor ionlari birikmalari bo'ladi. Yuqori qatlamlarda 2 % tuzlar saqlovchi tuproqlar sho'rlangan hisoblanib, bunda ko'pincha xloridli sho'rlanish kuzatiladi. Asosan NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 tuzlari hisobiga sho'rlanish bo'ladi.

Sut emizuvchi hayvonlar oshqozon suyugligi tarkibida xlorid kislota bo'lib, ovqat hazm qilish jarayonida muhim vazifani bajaradi.

Bromidlar markaziy asab sistemani tinchlantirish xossasiga ega.

Yod birikmalari o'simliklar va hayvonlar organizmlari tarkibiy qismiga kiradi. To'qimalarda yod ionlari yod organik birikmalar holida bo'lib, ayniqsa, qalqonsimon bezda yod ko'proq bo'ladi. Tabiiy suvlarda va o'simliklar oziqlarida yod yetishmasligi insonda bo'qoq kasalligi kelib chiqishiga sabab bo'ladi.

Sulfidlar va vodorod sulfid tabiatda oqsil moddalarning chirishi (parchalanishi) hisobiga hosil bo'ladi.

II guruh anionlarini aniqlashda qo'llaniladigan reaktivlar

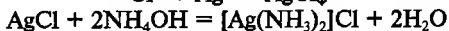
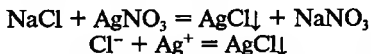
Anionlar Reaktivlar	Cl^-	Br^-	I^-	S^{2-}
AgNO_3 , HNO_3 ishtirokida	AgCl oq cho'kma	AgBr och sariq cho'kma	AgI sariq cho'kma	Ag_2S qora cho'kma
Kumush tuzlariga NH_4OH ning ta'siri	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ hosil qilib eriydi	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$ hosil qilib eriydi	Oz eriydi	Erimaydi
Kuchli oksidlovchilar (MnO_2 , KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	Cl_2 ajraladi	Br_2 ajraladi	I_2 ajraladi	S ajraladi
Xlorli suv (benzol ishtirokida)	—	Br_2 ta'sirida benzol qavatini qo'ng'ir rangga bo'yaladi	I_2 benzol qavatini binafsha rangga kiritadi	—
NaNO_2 yoki KNO_2 (H_2SO_4 ishtirokida)	—	—	I_2 ajraladi	—
$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	—	—	PbI_2 , sariq cho'kma	—

8.10. Xlorid Cl^- anionlarining reaksiyalari

Xlorid ion xlorid kislota HCl ning anionidir. HCl gaz holatdagi vodorod xloridning suvdagi eritmasi bo'lib, eng kuchli mineral kislotalar qatoriga kiradi. Shuning uchun HCl ning kuchli asoslar bilan hosil qilgan tuzlari, masalan: NaCl , CaCl va boshqalar. Xloridning suvdagi eritmasi neytral reaksiya beradi. HCl ning kuchsiz asoslar bilan hosil qilgan tuzlarining eritmasi esa kislotali muhitga ega. Xloridlardan AgCl , Hg_2Cl_2 , PbCl_2 hamda vismut, qalay, surma asosli tuzlari suvda qiyin eriydi. Qolgan xloridlar suvda yaxshi eriydi.

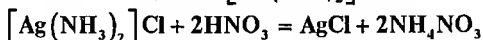
Tajribalarni xloridlarning suvdagi rangsiz eritmalaridan foydalanib bajariladi.

1. Kumush nitrat AgNO_3 xlorid ion Cl bilan suvda va kislotalarda erimaydigan oq suzmasimon kumush xlorid cho'kmasini hosil qiladi:

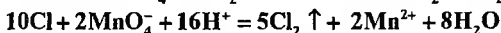
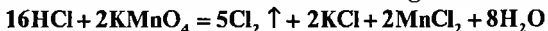


Cho'kma ammiakda eriydi, bunda kumushning kompleks tuzi $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ hosil bo'ladi. Eritmaga kislota qo'shilsa, AgCl qaytadan cho'kmaga tushadi.

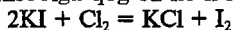
Konussimon probirkaga 2–3 tomchi natriy xlorid eritmasidan olib, ustiga AgNO_3 eritmasidan 1–2 tomchi qo'shiladi. Hosil bo'lgan cho'kmani sentrifugada ajratib, cho'kma erib ketguncha ammiak eritmasidan qo'shiladi. Hosil bo'lgan kompleks birikmaga nitrat kislota qo'shilsa, kompleks buziladi va qaytadan kumush xlorid cho'kadi:



2. Kuchli oksidlovchilar (KMnO_4 , KClO_3 va boshqalar) kislotali sharoitda xlorid ion Cl ni erkin xlorgacha oksidlaydi.



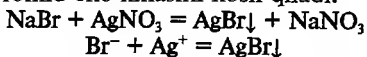
Probirkaga Cl ioni saqllovchi eritmadan 5 tomchi solib, ustiga KMnO_4 ning konsentrlangan eritmasidan 5 tomchi, yana konsentrlangan H_2SO_4 dan 3–4 tomchi qo'shiladi va aralashma mo'rili shakfda isitiladi. Bunda, KMnO_4 eritmasining pushti rangi qisman yoki to'liq rangsizlanishi va gaz holdagi xlor ajralishi kuzatiladi. Xlor gazining chiqayotganligi hididan yoki yod kraxmalli qog'oz (KI eritmasi va kraxmal kleystri shimdirilgan filtr qog'ozi)ning ko'karishidan bilsa bo'ladi. Probirka og'ziga nam yod kraxmalli qog'oz tutilganda, xlor gazi ishtirokida elementar yod ajralishi hisobiga qog'oz ko'k rangga kiradi:



8.11. Bromid Br^- anionlarining reaksiyalari

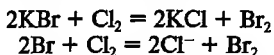
Reaksiyalarni o'tkazishda suvda eriydigan bromid tuzlarining rangsiz eritmalaridan (NaBr , KBr eritmalaridan) foydalaniladi.

1. Kumush nitrat AgNO_3 bromid ion Br^- lari bilan och sarg'ish kumush bromid cho'kmasini hosil qiladi:



Natriy bromid eritmasining 5–6 tomchisiga kumush nitrat eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi. Sarg'ish cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Cho'kma nitrat kislotada erimaydi, biroq mo'l ammiak eritmasi ta'sirida erib, kompleks birikma $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$ hosil qiladi.

2. Xlorli suv bromid ionlarni oksidlab, erkin bromga aylantiradi:



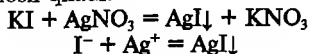
Probirkaga 3–5 tomchi kaliy bromid eritmasidan solib, ustiga 1–2 tomchi H_2SO_4 ning 2N eritmasidan qo'shiladi. So'ngra 2–3 tomchi xlorli suvdan tomiziladi. Erkin brom hosil bo'lishi hisobiga eritma qo'ng'ir tusga kiradi. 5–6 tomchi benzol qo'shib, chayqatiladi. Benzol qavati qizg'ish-qo'ng'ir tusga kiradi («benzol halqasi»); xlorli suv ortiqcha qo'shilgan bo'lsa, brom xlorid hosil bo'lishi hisobiga sariq limon rangiga kiradi.

8.12. Yodid I^- anionlarining reaksiyalari

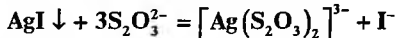
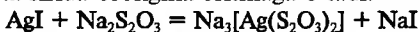
I^- ion i vodorod yodidning suvdagi eritmasi yodid kislota-ning anionidir. Bu kislota HCl va HBr kabi kuchli kislota-dir. Yodidlardan kumush, simob va qo'rg'oshin muslari hamda mis (I) yodid CuI tuzi suvda erimaydi.

Reaksiyalarni amalga oshirishda suvda eruvchan yodidlar – NaI , KI eritmalaridan foydalaniladi.

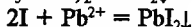
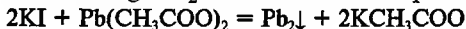
1. Kumush nitrat AgNO_3 yodid anioni I^- lari bilan sariq cho'kma AgI ni hosil qiladi.



Probirkadagi kaliy yodidning 3—4 tomchi eritmasiga shuncha tomchi kumush nitrat eritmasidan qo'shiladi. Sariq cho'kma tushishi kuzatiladi. Bu cho'kma nitrat kislotada ham, ammiakda ham erimaydi. Lekin bu AgI cho'kmasi natriy tiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ta'sirida osongina eritmaga o'tadi:

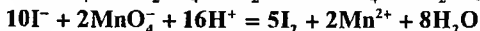
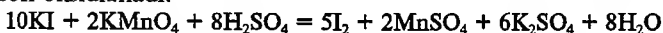


2. Qo'rg'oshin (II) kationi Pb^{2+} ning eruvchan tuzlari yodid anionlari bilan tillarang PbI_2 cho'kmasini hosil qiladi:



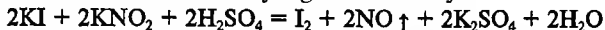
4—5 tomchi kaliy yodid eritmasiga shuncha tomchi qo'rg'oshin asetat eritmasidan qo'shiladi. Sariq cho'kma PbI_2 isitilganda suvda eriydi, sovutilganda esa qaytadan chiroyli tillarang kristallar holida cho'kmaga tushadi.

3. Kaliy permanganat KMnO_4 yodid anionini erkin yodgacha oksidlaydi. I anioni xlorid va bromid ionlariga nisbatan oson oksidlanadi.



Probirkaga 3—5 tomchi KI eritmasidan solib, ustiga H_2SO_4 ning suyultirilgan eritmasidan bir necha tomchi qo'shiladi, so'ng probirkadagi eritmaga KMnO_4 eritmasidan 1—2 tomchi qo'shiladi. Kaliy permanganat eritmasining rangsizlanishi kuzatiladi.

4. Kaliy (yoki natriy) nitrit KNO_2 , NaNO_2 lar ham I anionini kislotali muhitda erkin yodgacha oksidlaydi.



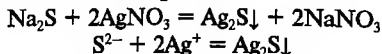
Kaliy yodid eritmasining 1—2 tomchisiga shuncha KNO_2 eritmasidan qo'shiladi, H_2SO_4 ning 2N eritmasi bilan aralashma kislotali muhitga keltirilib, so'ng 1—2 tomchi kraxmal eritmasidan qo'shiladi. Erkin I_2 hosil bo'lishi hisobiga kraxmal ko'karadi (kraxmal o'rniga benzol yoki benzin ishlatilsa, binafsha rang hosil bo'ladi).

8.13. Sulfid S^{2-} anionlarining reaksiyalari

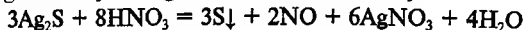
S^{2-} ioni H_2S ning suvdagi eritmasi bo'lgan sulfid kislotaning anionidir. Sulfid kislota eng kuchsiz kislotalardan biri hisoblanadi. Shunga muvofiq, kuchli asoslardan hosil bo'lgan sulfidlar eritmasi kuchli ishqoriy muhitga ega.

Reaksiyalarni amalga oshirishda, suvda eriydigan sulfidlar – Na_2S , K_2S eritmalaridan foydalaniladi.

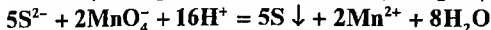
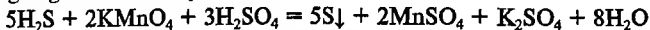
1. Kumush nitrat $AgNO_3$ sulfid ionlari bilan kumush sulfidning qora cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkadagi 4–5 tomchi natriy sulfid eritmasiga $AgNO_3$ eritmasidan 2–3 tomchi qo'shiladi. Qora cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Bu cho'kma ammoniy gidroksidda erimaydi, lekin qaynatilganda suyultirilgan nitrat kislotada eriydi:



2. Kaliy permanganat $KMnO_4$ sulfid anionlarini erkin oltin-gugurtgacha oksidlaydi.



Probirkaga (gaz o'tkazuvchi nayli) tekshirilayotgan aralash-madan solib, HCl eritmasidan quyiladi, tezlik bilan gaz o'tka-zuvchi nayli tiqin bilan probirkaga og'zi bekitiladi va ajralayot-gan gazni sulfat kislota qo'shilgan $KMnO_4$ eritmasi orqali o'tka-ziladi. Eritmaning pushti-qizil rangi yo'qolib, ajralayotgan oltin-gugurt eritmani loyqatadi.

8.14. Ikkinchi guruh anionlarni analiz qilish tartibi

II guruh anionlarni ba'zi reagentlarga munosabati 22-jad-valda berilgan. Har bir anionni o'ziga xos analitik reaksiyalar-dan foydalanib, ikkinchi guruh anionlarni aralashmasidan to-pish mumkin.

III guruh anionlarining muhim reaksiyalari

Anionlar Reaktivlar	NO_3^-	NO_2^-	CH_3COOH
FeSO_4 (kons.) ishtirokida	$[\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4$ qo'ng'ir tusli	$[\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4$	—
$\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4$	NO_2 ajraladi	—	—
$\text{HCl}, \text{H}_2\text{SO}_4$ (suyultirilgan kislota)	$\text{NO}\uparrow$ gaz ajraladi	$\text{NO}\uparrow$ ajraladi	CH_3COOH
KI sulfat kislota ishtirokida)	—	I_2 ajraladi	—
KMnO_4 (sulfat kislota ishtirokida)	—	MnO_4^- ioniga xos olcha rangi yo'qoladi	—
NH_4Cl yoki $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ishtirokida qizdirish	—	$\text{NO}\uparrow$ gazi ajraladi	—
FeCl_3	—	—	$\text{Fe}(\text{ON})$ $(\text{CH}_3\text{COO})_2$

1. Dastlabki sinovlar. Tekshirilayotgan eritmadan S^{2-} sulfid anionini topish. Buning uchun aralashma eritmasidan 3—4 tomchi olib, ustiga 4—5 tomchi ishqor eritmasidan KOH yoki NaOH , keyin natriy nitroprussid eritmasidan qo'shiladi. Qizilpushti rangning hosil bo'lishi II guruh anionlarini aralashmasi tarkibida S^{2-} anioni borligini ko'rsatadi.

2. Xlorid anionini Cl^- , Br^- va I^- ionlardan ajratish. Tekshirilayotgan eritmadan 7—8 tomchi olib, ustiga II guruh anionlarining umumiy reagenti AgNO_3 eritmasidan 8—10 tomchi va shuncha tomchi HNO_3 ning 2N eritmasidan qo'shiladi. Cho'kma hosil bo'lishi ikkinchi guruh anionlari borligini, bunda qora cho'kma tushishi sulfid ioni S^{2-} borligini yana bir karra tasdiqlaydi. Shundan so'ng to'liq cho'ktirishga erishib, cho'kmani sentrifugada ajratib olib, uni distillangan suv bilan yuviladi. Tarkibida AgCl , AgBr , AgI va Ag_2S saqllovchi olingan cho'kmaga (I) 1—2 ml 12 %li $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ eritmasi yoki shuncha miqdor

Faugolt reaktivi (1 litrida 0,25 *mol* NH_4OH , 0,25 *mol* KNO_3 va 0,01 *mol* AgNO_3 bor eritma) qo'shib, aralashma 1 daqiqacha chayqatiladi. Natijada AgCl tuzi $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ tarkibli kompleks birikma hosil qilib eritmaga o'tadi, AgBr , AgI va Ag_2S cho'kmada qoladi. Cho'kma (II)ni sentrifugada ajratilib, undan Br^- va I^- anionlarini topishda foydalaniladi. Sentrifugat (II)dan xlor anioni topiladi.

1. Xlorid anioni Cl ni topish. Sentrifugat (II)ni ikki qismga bo'linadi. Birinchi qismiga bir necha tomchi nitrat kislotasi, ikkinchisiga bir necha tomchi KI eritmasidan tomiziladi. Birinchi probirkada eritmaning loyqalanishi va ikkinchi probirkada sariq cho'kmaning jadal hosil bo'lishi tekshirilayotgan eritmada xlorid ioni Cl borligini ko'rsatadi.

2. Bromid anioni Br^- ni topish. Cho'kma (II)ga 4–5 tomchi H_2SO_4 ning 2N eritmasidan qo'shiladi va oz miqdorda rux kukuni solinadi. Bunda AgBr va AgI rux metali ta'sirida parchalanib, Br va I anionlari eritmaga o'tadi. Probirkani ichidagisi bilan suv hammomida isitiladi. Cho'kma (III) (ortiqcha rux va kumush metali)ni sentrifugada ajratib olinadi va tekshirilmay tashlab yuboriladi. Sentrifugat (III)ni ikki qismga bo'linadi. Birinchi qismidan Br ioni topiladi. Bromid ion xlorli suv yordamida I ioni ishtirokida topilishi mumkin, chunki yod ortiqcha xlor ta'sirida rangsiz IO_3^- anionigacha oksidlanishi mumkin.

Birinchi qism eritmaga xlorli suv qo'shib, 3–4 tomchi benzol solib chayqatiladi. Natijada benzol qavati ajralib chiqqan brom ta'siridan qizil-qo'ng'ir tusga kiradi.

3. Yodid anioni I ni topish. Sentrifugat (III)ni ikkinchi qismidan I ioni topiladi. Probirkadagi eritmaga kraxmal eritmasi, KNO_2 eritmasi va sirka kislotasi eritmasidan 2 tomchidan tomiziladi. Eritmaning ko'k rangga bo'yalishi tekshirilayotgan anionlar aralashmasi tarkibida I anioni borligini ko'rsatadi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar

1. Nima sababdan II guruh anionlari uchun AgNO_3 nitrat kislotasi umumiy guruh reagenti hisoblanadi?

2. Qaysi anionlar suyultirilgan HCl yoki suyultirilgan H_2SO_4 ta'sirida gazlar ajratib chiqaradi?

3. Kaliy permanganat KMnO_4 eritmasini qaysi anionlar rangsizlantiradi? Reaksiya tenglamasini yozing.

4. Kislotali muhitda KI eritmasidan qaysi anionlar erkin I_2 ni ajratib chiqaradi? Reaksiya tenglamalarini yozing.

5. II guruh anionlarini topishda ishlatiladigan o'ziga xos xususiy reaksiyalarni tavsiflang.

6. Cl , Br va I ionlari bir eritmada mavjud bo'lganida, ularni bir-biridan ajratish va bor-yo'qligini aniqlash uchun qanday reaksiyalardan foydalaniladi?

8.15. Anionlarning uchinchi analitik guruhi. Uchinchi guruh anionlarining umumiy tavsifi

Anionlarning III analitik guruhiga nitrat ion NO_3^- , nitrit ion NO_2^- , asetat ion CH_3COO^- va boshqa ionlar kiradi.

III guruh anionlarining xarakterli xususiyati shundaki, ana shu anionlarning bariy va kumush bilan beradigan tuzlari eruvchandir. Shu sababli AgNO_3 ham BaCl_2 ham III guruh anionlarni cho'kmaga tushirmaydi.

III guruh anionlarining umumiy guruh reagenti yo'q.

O'simliklar uchun muhim oziqlanish elementlaridan biri azot hisoblanadi. Tuproq tarkibidagi azot o'simliklar o'zlashtirishi mumkin bo'lmagan birikmalar holida bo'lib, ular o'zlash-tira oladigan nitratlar va ammoniy tuzlari azotning umumiy qismining 2–3 %ni tashkil qiladi. Tuproq tarkibidagi nitratlar miqdorini tuproqning suvli so'rimidan aniqlash yo'li bilan o'simliklarning azot elementi bilan ta'minlanish darajasi aniqlanadi.

Nitratlar ko'pchilik mineral o'g'itlar tarkibiga kiradi, chunki natriyli NaNO_3 , kaliyli KNO_3 , ammoniyli NH_4NO_3 , kalsiyli selitra $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ lar tarkibida bo'ladi.

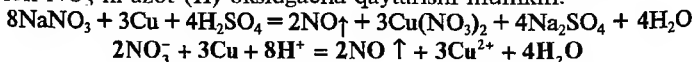
Nitritlar, nitratlardan farqli o'laroq, juda zaharli va suvni kishloq xo'jalik hayvonlari va o'simliklar uchun yaroqsiz holga keltiradi. Asetat anionlari ko'pchilik dorivor moddalar tarkibida uchraydi.

8.16. Nitrat NO_3^- anionlarining reaksiyalari

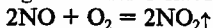
NO_3^- ioni eng kuchli mineral kislotalardan bo'lgan nitrat kislota HNO_3 ning anionidir.

Vismut va simobning asosli tuzlari hamda ba'zi organik asoslarning tuzlaridan tashqari, nitrat kislotalarning tuzlari, nitratlarning hammasi suvda yaxshi eriydi. Nitratlar eruvchan bo'lganligi sababli NO_3^- ionini topishda deyarli hamma vaqt bu ion bilan boradigan oksidlanish reaksiyalardan foydalaniladi.

1. Mis metali konsentrlangan sulfat kislota ishtirokida nitrat ion NO_3^- ni azot (II) oksidgacha qaytarishi mumkin:

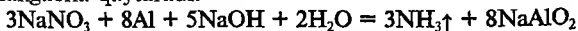


Hosil bo'lgan azot (II) oksidi havo kislorodi ta'sirida qo'ng'ir tusli azot (IV) oksidgacha oksidlanadi.



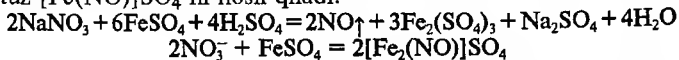
Probirkadagi 2–3 tomchi natriy nitrat eritmasiga konsentrlangan H_2SO_4 dan 1–2 tomchi qo'shiladi, bir bo'lak mis metali tushirib, qizdiriladi. Qo'ng'ir rangli gaz – azot dioksidi ajralib chiqishi kuzatiladi.

2. Alyuminiy metali kuchli ishqoriy muhitda nitrat ionlarini ammiakgacha qaytaradi:



Probirkaga 4 tomchi natriy nitrat eritmasidan solinadi, natriy gidroksidning 6N eritmasidan 1–2 tomchi qo'shib, bir bo'lak alyuminiy metali solinadi va isitiladi. Probirkaga og'ziga namlangan qizil lakmus qog'ozi tutiladi. Uning ko'karishi kuzatiladi.

3. Temir (II) sulfat nitrat anion NO_3^- bilan konsentrlangan sulfat kislota bilan aralashtirilganda, qo'ng'ir rangli kompleks tuz $[\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4$ ni hosil qiladi:

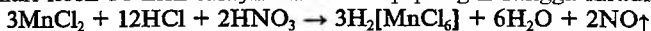


Probirkaga 2 tomchi natriy nitrat eritmasidan solib, ustiga FeSO_4 ning kristalini tushiriladi. So'ngra ohistalik bilan probirka devori bo'ylab 1 tomchi konsentrlangan H_2SO_4 dan quyiladi.

Kristall atrofida kompleks birikma hosil bo'lish hisobiga qo'ng'ir halqa hosil bo'ladi.

4. Difenilamin $(C_6H_5)_2NH$ nitrat ion NO_3^- ni bilan to'q ko'k rangli mahsulot hosil qiladi. Toza va quruq soat oynasiga difenilaminning konsentrlangan sulfat kislotasidagi eritmasidan 3–4 tomchi tomiziladi. Unga shisha tayoqcha bilan nitrat eritmasidan 1 tomchi qo'shib, aralashtiriladi. NO_3^- anioni ishtirokida difenilaminning oksidlanishi hisobiga eritma to'q ko'k rangga kiradi. NO_2^- anioni ham shunday rang beradi.

5. Marganes xlorid $MnCl_2$ tekshirilayotgan nitrat eritmasining bir hissasiga $MnCl_2$ ning konsentrlangan HCl da to'yingan eritmasidan ikki hissa qo'shib qizdirilsa, $[MnCl_2]^{2-}$ kompleks ionlari hosil bo'lishi tufayli eritma to'q qo'ng'ir rangga kiradi.

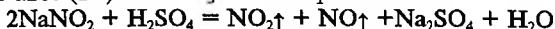


8.17. Nitrit NO_2^- anionlarining reaksiyalari

NO_2^- ioni osongina angidrid va suvga parchalanib ketadigan va shuning uchun ham faqat suyultirilgan sovuq suvli eritmalar-dagina erkin holatda bo'la oladigan nitrit kislota HNO_2 ning anionidir. Nitrit kislota ancha kuchsiz kislota, nitrat kislotadan shu bilan farqlanadi.

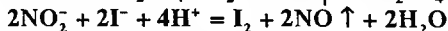
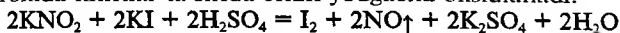
Reaksiyalarni o'tkazishda $NaNO_2$ yoki KNO_2 ning suvdagi eritmalaridan foydalaniladi.

1. Suyultirilgan kislotalar nitritlarni parchalaydi, bunda qo'ng'ir azot (IV) oksidi ajralib chiqadi:



Natriy nitritning 6–8 tomchisiga sulfat kislotaning suyultirilgan eritmasidan 5–6 tomchi qo'shiladi. Qo'ng'ir rangli azot dioksidi hosil bo'lishi kuzatiladi.

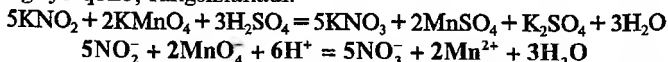
2. Kaliy yodid KI sulfat kislotaning suyultirilgan eritmasi ishtirokida nitritlar ta'sirida erkin yodgacha oksidlanadi.



Probirkaga 2–3 tomchi kaliy nitrit eritmasidan solib, ustiga H_2SO_4 ning 2N eritmasidan shuncha tomchi qo'shiladi. So'ng

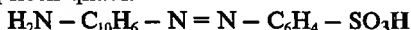
kaliy yodid eritmasidan 2–3 tomchi va 1–2 tomchi benzol (benzin) yoki kraxmal eritmasi qo‘shiladi. Ajralib chiqqan yod benzolni binafsha tusga kiritadi, kraxmal esa yod bilan ko‘k rang hosil qiladi.

3. Kaliy permanganat KMnO_4 kislotali muhitda NO_2^- ionlarini NO_3^- ionlarigacha oksidlaydi, bunda eritmaning qizil-pushti rangi yo‘qolib, rangsizlanadi:



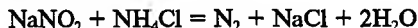
Probirkaga 3–5 tomchi KMnO_4 eritmasidan va suyultirilgan H_2SO_4 eritmasidan 2–3 tomchi solib, aramashma 50–60 °C gacha suv hammomida isitiladi. Keyin 5–6 tomchi KNO_2 eritmasi qo‘shiladi. Bunda KMnO_4 eritmasining rangsizlanishi kuzatiladi.

4. Sulfanil kislota $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{H}$ va α -naftilamin $\text{C}_{10}\text{H}_7-\text{NH}_2$ nitrit ionlari bilan o‘zaro ta’sirlashganda, qizil rangli bo‘yoq hosil qiladi:



NO_2^- — ioni bor neytral yoki sirka kislotali eritmaning bir tomchisini soat oynasiga tomizib, ustiga bir tomchidan sulfanil kislota va naftilamin eritmalaridan tomiziladi. NO_2^- ioni ishtirokida o‘ziga xos qizil rang paydo bo‘ladi.

5. Nitrit ion NO_2^- ni yo‘qotish NO_2^- anioni nitrat anioni bilan ko‘p umumiy reaksiyalarga ega. Shu sababli NO_3^- anionlarni topishda ko‘pgina hollarda nitrit ionlarini oldin yo‘qotishga to‘g‘ri keladi. Bunga nitrit ionlari bo‘lgan eritmaga qattiq holdagi ammoniy xlorid yoki ammoniy sulfat qo‘shib, qizdirish yo‘li bilan erishiladi. Hosil bo‘ladigan NH_4NO_2 erkin azot hosil qilib to‘liq parchalanadi:



Probirkadagi nitrit eritmasining 3–4 tomchisiga ammoniy xlorid kristallaridan solinadi va suv hammomida 5–6 daqiqa isitiladi. NO_2^- ionlarining to‘liq yo‘qolganligi kaliy permanganat bilan bo‘ladigan yoki kraxmal eritmasi qo‘shilgan KI eritmasi bilan bo‘ladigai reaksiya asosida tekshirib ko‘riladi.

8.18. Asetat anionlari CH_3COO^- ning reaksiyalari

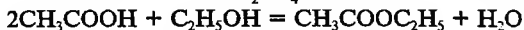
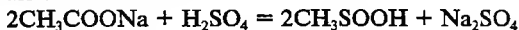
CH_3COO^- — asetat anion bir asosli, ancha kuchsiz bo'lgan sirka kislotani anionidir. Uning deyarli barcha tuzlari — asetatlar suvda yaxshi eriydi.

1. Sulfat kislotasi asetatlar bilan reaksiyaga kirishib, ulardan erkin sirka kislotani siqib chiqaradi. Ajralgan sirka kislotasi tekshirilayotgan eritma isitilganda bug'lanib, o'ziga xos sirka hidini hosil qiladi.



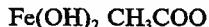
Probirkaga 5–6 tomchi natriy asetat eritmasidan solib, ustiga 2 tomchi konsentrlangan sulfat kislotasi tomiziladi. Aralashma ehtiyotkorlik bilan isitiladi. Hosil bo'lgan sirka kislotasi hididan bilinadi.

2. Etil spirti $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ asetat eritmalari bilan konsentrlangan H_2SO_4 ishtirokida efir hosil qiladi. Hosil bo'lgan efirni o'ziga xos hididan bilish mumkin:



Probirkaga 0,5 ml natriy asetat eritmasidan solib, ustiga 1 ml etil spirti va 0,5 ml konsentrlangan H_2SO_4 dan qo'shamiz va probirka ichidagisi bilan isitiladi. Hosil bo'lgan etilasetat efirini xushbo'y hididan bilish mumkin.

3. Temir (III) xlorid FeCl_3 asetat eritmalari bilan ta'sirlashib, qizil choy rangidagi kompleks hosil qiladi. Bu kompleks suyultirilganda va qizdirilganda gidrolizga uchrab, qizil-qo'ng'ir rangli temir (II)ning asosli asetat tuzi cho'kmasini hosil qiladi:



Probirkadagi 5–6 tomchi asetat tuzi eritmasiga shuncha tomchi temir (III) xlorid FeCl_3 eritmasidan qo'shiladi va isitiladi. Bunda qizil-qo'ng'ir rangli temirning asosli asetat tuzi cho'kmaga tushadi.

8.19. I, II va III analitik guruh anionlari aralashmasini analiz qilish tartibi

Analitik praktikada anionlarni yuqorida keltirilgan sistematik analiz qilish tartibi kamdan kam qo'llaniladi. Buni tabiiy va sanoat obyektlarida, odatda, anionlarning soni chegarali bo'lishi bilan tushuntiriladi. Ko'pincha anionlarni topish berilgan aralashmani bo'lib-bo'lib, tekshirish usuli bilan, ya'ni tekshirilayotgan eritmaning ayrim ulushlaridan qaysi ionni aniqlash kerak bo'lsa, o'shani topish tartibida olib boriladi. Ionlarni bir-biridan ajratish reaksiyalaridan ham ayrim hollardagina foydalaniladi.

Sistematik analiz qilib aniqlanmaydigan anionlarni ayrim-ayrim topish.

I analitik guruh anionlari

1. SiO_3^{2-} ionini topish. Tekshiriladigan 4–5 tomchi eritmaga 2 n ammiak eritmasidan 2 tomchi, NH_4Cl ning to'yingan eritmasidan 3 tomchi qo'shib, bir necha daqiqa suv hammomida isitiladi. Oq rangli iviq cho'kma – silikat kislotalarining hosil bo'lishi SiO_3^{2-} ionini borligini ko'rsatadi. Reaksiya eritmada amfoter xarakterga ega bo'lgan elementlarning kationlari (Al , Sn , Sb) bo'lmagandagina kutilgan natijani beradi. Bu elementlarning kationlari ishtirok etgan hollarda esa, havo rang metilen bo'yog'i bilan tekshirish reaksiyasini qilib ko'riladi yoki $\text{Na}_2[\text{SiF}_6]$ kristallarini hosil qiladigan mikrokristalloskopik reaksiya yordamida SiO_3^{2-} ionini topiladi (qarang).

2. CrO_4^{2-} yoki $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ionini topish. Tekshiriladigan eritma sariq (yoki to'q sariq) rangli bo'lgan hollardagina CrO_4^{2-} ionini topiladi.

Tekshiriladigan 2–3 tomchi eritmaga bir tomchi fenolftalein qo'shing; agar bunda qizil rang paydo bo'lsa, uning yo'qolishiga qadar 2 n H_2SO_4 eritmasidan tomchilatib qo'shing. Bundan keyin yana o'sha kislotalardan bir tomchi qo'shib, shu probirkaga bir necha tomchi amil spirt, bir tomchi vodorod peroksid qo'shing va darhol aralashtiring. Perxromat kislota (H_2CrO_6)ning

ko'k halqasi hosil bo'lishi CrO_4^{2-} (yoki Cr_2O_7) ionini borligini ko'rsatadi.

3. $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ionini topish. a) tekshiriladigan eritmaning bir ulushiga (3–4 tomchisiga) kislotada muhit ($\text{pH} \approx 4-5$) hosil bo'lguncha CH_3COOH dan qo'shing va isitib turgan holda CaCl_2 eritmasidan mo'ltroq ta'sir ettiring. Cho'kma (CaC_2O_4) hosil bo'lishi $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ionini bo'lishi ehtimoldan xoli emasligini ko'rsatadi. Hosil bo'lgan cho'kmani sentrifugada ajratib olib, yaxshilab yuving (adsorbsiyalangan qaytaruvchilarni yo'qotish uchun) va 2 n H_2SO_4 eritmasidan qo'shib isiting. Agar cho'kma to'liq erimasa, u holda erimay qolgan cho'kmani ajratib oling va sentrifugatni $60^\circ-70^\circ$ gacha isitib, ustiga KMnO_4 ning suyultirilgan (0,01 n) eritmasidan tomchilatib qo'shing. Uning rangsizlanishi $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ionini borligini ko'rsatadi.

II analitik guruh anionlari

1. S^{2-} ionini topish. Probirkaga tekshirilayotgan eritmadan 5–6 tomchi olib aniq kislotali muhitgacha ($\text{pH} \geq 2$) HCl eritmasidan (1 : 1) qo'shiladi. Probirkaning og'ziga qo'rg'oshin nitrat, asetat eritmasi yoki natriy plyumbat eritmasi bilan ho'llangan bir bo'lak filtr qog'ozi tutiladi. Qog'ozning qorayishi sulfid ionini borligini ko'rsatadi.

I–III guruh anionlari aralashmasini sistematik analiz qilish yo'li

Eritmada faqat ishqoriy metallarning tuzlari va sistematik, analiz qilish yo'liga kiritilgan quyidagi anionlar bo'lishi mumkin:

I guruh: SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-}

II guruh: Cr^- , Br^- , I^-

III guruh: NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-

A. Dastlabki sinab ko'rish

1. Eritmaning pH ini aniqlash. a) agar tekshiriladigan eritmaning muhiti kislotali ($\text{pH} \leq 2$) bo'lsa, unda uchuvchan va beqaror kislotalarning anionlari, ya'ni CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ va NO_2^- bo'lmaydi.

b) agar tekshirilayotgan eritmaning muhiti ishqoriy bo'lsa, unda ko'rilayotgan anionlarning hammasi bo'lishi mumkin.

2. Ba'zi bir oksidlovchi va qaytaruvchilarni birgalikda bor-yo'qligini tekshirish.

a) tekshirilayotgan eritmaga $2n$ CH_3COOH eritmasi qo'shilganda NO_2^- va I^- bo'lsa, sof holda yod ajralib chiqadi.

b) agar bundan oldingi reaksiya natija bermagan bo'lsa, eritmaga $2n$ HCl qo'shiladi. Bunda I_2 ajralib chiqadi. Eritmaning loyqalanishi $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ionlari borligining alomatidir.

3. Gazlar ajralib chiqish-chiqmasligini sinab ko'rish. Tekshiriladigan eritmaning bir necha tomchisiga (yaxshisi quruq moddaning kichkina bo'lagiga) $2n$ H_2SO_4 eritmasidan qo'shib probiraning pastki qismini sekin-sekin chertib, uning ichidagi aralashmani chayqating. Agar gaz pufakchalarining ajralib chiqishi sezilmasa, probirkani isiting. Gazlar (CO_2 , SO_2 , NO_2) ning hosil bo'lishi eritmada CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ va NO_2^- ionlari bo'lishi ehtimoldan xoli emasligini ko'rsatadi.

Bu tekshirishda ajralib chiqayotgan gazlarning tarkibini imkon boricha aniqlab olish kerak. Bu gazlarning xossalari eslatamiz:

a) CO_2 rangsiz, hidsiz gaz, ohakli suvni loyqalantiradi. SO_2 ham uni loyqalantirishi mumkin.

b) SO_2 dan yonib turgan oltingugurt hidi keladi, I_2 yoki KMnO_4 ning suyultirilgan eritmalarini rangsizlaydi.

d) NO_2 xarakterli o'tkir hidga ega bo'lgan qizil-qo'ng'ir rangli gaz, uni KI eritmasidan o'tkazilsa, sof holdagi yod ajralib chiqadi (kraxmal bilan sinab ko'ring).

4. I guruh anionlari bor-yo'qligini sinab ko'rish uchun 2 tomchi neytral yoki kuchsiz ishqoriy eritma ($\text{pH} \approx 7-9$)ga 2-3 tomchi BaCl_2 eritmasidan qo'shing. Cho'kma hosil bo'lishi I guruh anionlari borligini ko'rsatadi.

5. II guruh anionlari bor-yo'qligini sinab ko'rish. Tekshiriladigan eritmaning 2-3 tomchisiga shuncha AgNO_3 qo'shing. Agar cho'kma hosil bo'lsa, bir necha tomchi HNO_3 qo'shing. Cho'kmaning HNO_3 da erimasligi eritmada quyidagi tuzlar borligini ko'rsatadi: AgCl , AgBr , AgI , Ag_2S , $(\text{S}_2\text{O}_3)^{2-}$ bilan Ag^+ o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan).

6. Qaytaruvchi anionlar bor-yo'qligini sinab ko'rish.

a) tekshiriladigan 3 tomchi eritmaga ishqorning 2 n eritmasidan 1 tomchi va suyultirilgan KMnO_4 eritmasidan 1–2 tomchi qo'shing. Cho'kma hosil bo'lmasa, eritmani suv hammodida 1 daqiqacha isiting. Qo'ng'ir cho'kma $\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ning hosil bo'lishi qaytaruvchi anionlar SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, I^- , AsO_3^{2-} (va boshqalar) borligini ko'rsatadi.

b) agar bundan oldingi tekshirishda eritmada qaytaruvchilar borligi aniqlangan bo'lsa, tekshirilayotgan eritmaning bir qismiga H_2SO_4 qo'shib, uning muhitini kislotaliga keltiring va kraxmal bilan ko'kartirilgan yodning suyuq eritmasidan tomchilatib qo'shing. Eritmaning rangsizlanishi $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ yoki SO_3^{2-} anionlari borligini ko'rsatadi.

7. Oksidlovchi anionlar bor-yo'qligini sinab ko'rish. 2 n H_2SO_4 eritmasidan qo'shib, kislotali qilingan eritmaning 2–3 tomchisi ustiga bir necha tomchi benzol yoki xloroform va 1–2 tomchi KI qo'shing. Erituvchi qavatida (chayqatilganda) binafsha rang paydo bo'lishi oksidlovchi anionlar NO_2^- borligini ko'rsatadi.

B. Eritmaning ayrim ulushlarida ba'zi anionlarni ayrim-ayrim topish

a) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} va SO_4^{2-} ionlarini topish. Agar I_3 eritmasi bilan qaytaruvchilarni aniqlash uchun o'tkazilgan tekshirish ijobiy natija bersa, eritmaning ayrim ulushlaridan $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} va SO_4^{2-} anionlar qidiriladi. I_2 eritmasi bilan o'tkazilgan tekshirish natija bermasa, SO_4^{2-} ionini eritmaning bir ulushiga BaCl_2 ta'sir ettirib topiladi. Suyultirilgan HCl da erimaydigan oq cho'kma BaSO_4 ning hosil bo'lishi SO_4^{2-} ionlari borligini ko'rsatadi.

b) CO_3^{2-} ionini topish. Tekshiriladigan quruq moddadan ozroq olib (yoki uning 5–8 tomchi eritmasini), ko'rsatilgan asbobga soling. Agar bundan oldingi tajribalarda bu modda tarkibida SO_3^{2-} yoki $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ionlari borligi aniqlangan bo'lsa, 5–6 tomchi 3 %li H_2O_2 qo'shib, bu ionlarni oksidlang. So'ngra 6–8 tomchi 2 n HCl eritmasi ta'sir ettirib, bundan keyingi analizni.

d) PO_4^{3-} ionini molibden suyuqligi bilan beradigan reaksiya yordamida toping. Buning uchun tekshiriladigan eritmada 2 tomchi olib, unga 6 ml HNO_3 eritmasidan bir necha tomchi qo'shing va qaytaruvchilarni oksidlash uchun bir necha daqiqa qizdiring, bundan keyin ko'proq molibden suyuqligi solib, aralashmani 40–50° gacha isiting. Bunda cho'kma tushmasa, eritmaga NH_4NO_3 kristalidan bir necha dona tashlab, biroz vaqt qo'yib qo'ying. Sariq rangli cho'kmaning hosil bo'lishi PO_4^{3-} ionni borligini ko'rsatadi.

II va III analitik guruh anionlarni topish uchun berilgandagidek tekshirish qilasiz.

8.20. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar

Anionlar test savollar

1. I guruh anionlarni aralashmasiga BaCl_2 ta'sir ettirilganda oq kristall cho'kma tushdi. Cho'kma HCl ta'sirida erimadi. Bunda qaysi anion bor?

1. SO_4^{2-} ;
2. CO_3^{2-} ;
3. PO_4^{3-} ;
4. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$;
5. SO_3^{2-} .

2. Quyidagi qaysi anionlar I analitik guruh anionlariga kiradi?

1. NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^- ;
2. Cl^- , Br^- , SCN^- ;
3. SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , PO_4^{3-} ;
4. I^- , S^{2-} , CN^- ;
5. CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, SO_3^{2-} .

3. I guruh anionlar aralashmasiga BaCl_2 va HCl ta'sirida KMnO_4 eritmasini rangsizlantiruvchi gaz ajralib chiqadi. Bu qaysi anion?

1. SO_4^{2-} , CO_3^{2-} ;

2. PO_4^{3-} , SO_3^{2-} ;
3. SO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$;
4. PO_4^{3-} , CO_3^{2-} ;
5. SiO_3^{2-} , SO_4^{2-} .

4. I guruh anionlarini BaCl_2 eritmasida cho'ktirish qanday muhitda olib boriladi?

1. Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$;
2. Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-11$;
3. Neytral $\text{pH} = 7$;
4. Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
5. Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$.

5. Anionlarga xlorli suv + H_2SO_4 va benzol qo'shib silkitilgandan so'ng, benzolli qatlam binafsha rangga bo'yaldi. Qaysi anion qatnashayapti.

1. Cl^- ;
2. I^- ;
3. CO_3^{2-} ;
4. PO_4^{3-} ;
5. NO_3^- .

6. II guruh anionlariga xlorli suv + H_2SO_4 va benzol ta'sirida benzol qatlami qizil-qo'ng'ir rangga bo'yaldi. Qaysi anion qatnashayapti?

1. Br^- ;
2. Cl^- ;
3. I^- ;
4. S^{2-} ;
5. SCN^- .

7. Quyidagi qaysi anionlar ikkinchi analitik guruh anionlariga kiradi?

1. CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} ;
2. SO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$;
3. Cl^- , Br^- , I^-

2. CO_3^{2-} ;
3. Cl^- ;
4. NO_3^-
5. PO_4^{3-} .

17. Anionlar aralashmasiga BaCl_2 ta'sir ettirilsa qaysi anion cho'kma tushadi?

1. NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^- ;
2. CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ;
3. Cl^- , Br^- , I^- ;
4. S^{2-} ; CN^- , SCN^- ;
5. NO_2^- , Br^- , S^{2-} .

18. II guruh anionlarini qanday muhitda AgNO_3 da cho'k-tiriladi.

1. Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$;
2. Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
3. Neytral $\text{pH} = 7$;
4. Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
5. Kuchli kislotali $\text{pH} = 0$

19. BaCO_3 ni aniqlash. To'g'ri analiz bajarish tartibini ko'rsating.

1. a) rangsiz, quruq modda;
b) suvda eritiladi;
d) Ba^{2+} ionlari aniqlanadi;
e) CO_3^{2-} ionlari aniqlanadi.
2. a) rangsiz, quruq modda;
b) suyultirilgan H_2SO_4 da eritiladi;
d) Ba^{2+} ionlari aniqlanadi;
e) CO_3^{2-} ionlari aniqlanadi.
3. a) Oq cho'kmali eritma;
b) suyultirilgan H_2SO_4 da eritiladi;
d) Ba^{2+} ionlari aniqlanadi;
g) CO_3^{2-} ionlari aniqlanadi.
4. a) rangsiz, quruq modda;

- b) HCl da eriydi;
 - d) Ba^{2+} ioni aniqlanadi;
 - e) CO_3^{2-} ioni aniqlanadi.
- 5. a) rangsiz quruq modda;**
b) CH_3COOH da eritiladi;
d) CO_3^{2-} ioni aniqlanadi;
e) Ba^{2+} ioni aniqlanadi.

20. NH_4Cl ni aniqlash. To'g'ri analiz bajarish tartibini ko'rsating.

- 1. a) suvda eritiladi;
 - b) Cl^- ioni aniqlanadi;
 - d) NH_4^+ ioni aniqlanadi.
- 2. a) suvda eritiladi;**
b) NH_4^+ ioni aniqlanadi;
d) Cl^- ioni aniqlanadi.
- 3. a) CH_3COOH da eritiladi;
 - b) NH_4^+ ioni aniqlanadi;
 - d) Cl^- ioni aniqlanadi.
- 4. a) CH_3COOH da eritiladi;
 - b) Cl^- ioni aniqlanadi;
 - d) NH_4^+ ioni aniqlanadi.
- 5. a) HCl eritiladi;
 - b) Cl^- ioni aniqlanadi;
 - d) NH_4^+ ioni aniqlanadi.

IX bob. QURUQ TUZ

9.1. Noma'lum moddani analiz qilishning umumiy tartibi. Quruq moddani analizga tayyorlash va dastlabki sinovlar

Quruq moddani, ya'ni tuzlar aralashmasini I–V guruh kationlardan iborat bo'lganligini hisobga olib, sifat jihatdan analiz qilish tartibini ko'rib chiqamiz. Tekshirilayotgan modda qattiq holatda bo'lsa, bu moddaga erituvchilar tezroq ta'sir qilishi uchun yaxshilab maydalanadi. Maydalashning ahamiyati yana shundaki, bunda analiz qiladigan bir jinsli bo'lmagan modda namunasi tarkibidagi komponentlar bir tekisda aralashadi. Tekshirishga olingan modda miqdori juda kam bo'ladigan yarim mikroanalizda maydalashning ahamiyati muhimdir. Maydalashni chinni hovonchada o'tkaziladi, chunki kukun holida qattiq modda oson eriydi. Agar analizga olingan modda mayda kristallar holida bo'lsa, uni maydalashga hojat qolmaydi, faqat uni shisha tayoqcha bilan yaxshilab aralashtirib turish kerak.

Analiz uchun tayyorlangan modda uch qismga ajratiladi, bir qismi kationlarni, ikkinchisi — anionlarni topish uchun, uchinchisi esa analiz oldidan qilinadigan tekshirishlar uchun ishlatiladi va analiz natijalarini tekshirish zarur bo'lib qolganda foydalanish mumkin.

Dastlabki sinovlar ba'zi bir ionlarni sistematik analizgacha topishga yordam beradi va ishni yengillashtiradi. Namuna tarkibidagi zarrachalarning rangiga, shakliga va katta-kichikligiga e'tibor berish kerak.

Ba'zi elementlarning borligini ko'rsatuvchi muhim belgilardan biri zarrachalarning rangidir. Masalan, namuna ko'k rangli kristallar bo'lganda, unda mis tuzlari, pushti rangli kristallar bo'lganda esa, kobalt yoki marganes tuzlari bor, deb taxmin qilish mumkin.

Albatta, bunday kuzatishlardan biron qat'iy natija chiqarib

bo'lmaydi. Lekin, ular har holda foydadan holi emas. Dastlabki kuzatish natijalarini analizning natijalariga taqqoslash analizning to'g'ri bajarilganligiga bo'lgan ishonchni oshiradi.

Bunday tekshirishlar o'tkazilgandan keyin moddani analizga tayyorlash kerak, modda erituvchilar ta'sirida erishini ko'rib chiqamiz.

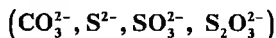
Berilgan namunaning analizi uni distillangan suvda erishini ko'ramiz.

Buning uchun moddaning bir necha zarrachalari 10–12 tomchi distillangan suvda, avval sovuqda, kerak bo'lsa isitib, eritib ko'riladi. Agar berilgan modda namunasi suvda erimasa yoki yomon erisa, unda shu moddaning oldin sovuqda, keyin isitilgan sirka kislotada, so'ng suyultirilgan va konsentrlangan HCl da erish-erimasligi va nihoyat zar suvi (1 mol kons. HNO_3 + 3 mol kons. HCl)da erishi sinab ko'riladi.

Ko'pchilik analiz qilinadigan moddalar distillangan suvda va suyultirilgan xlorid kislotada eriydi, shu sababli bu moddalarni konsentrlangan kislotalarda yoki zar suvida eritishga hojat qolmaydi.

Moddaning eruvchanligi tekshiruvdan o'tkazilgach, namunaning birinchi qismi (0,03–0,1 g) konussimon probirkaga solinib, ustiga 1–3 ml tanlangan erituvchi qo'shib, eritiladi.

Agar namunamiz HCl xlorid kislotada ta'sirida erigan bo'lsa, keyinchalik anionlar analizida hisobga olinishi lozim bo'lgan gazlar (CO_2 , SO_2 , H_2S , NO_2) ajralib chiqish-chiqmasligi kuzatiladi, agar ajralib chiqsa, demak quyidagi anionlar borligini ko'rsatadi.



Shuningdek, hosil qilingan eritmaning rangini kuzating. Kuchsiz kislotali eritmalarda Fe^{2+} – och yashil tusga, Fe^{3+} – sarg'ish, Cr^{3+} – yashil, Cu^{2+} – havo rang, Co^{2+} – pushti, CrO_4^{2-} – sariq, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ – qizil-olov rangiga ega bo'ladi. Namunani eritishdan hosil bo'lgan eritmalar rangsiz bo'lsa, bu ionlar bo'lmasligi mumkin.

Quruq modda tarkibidagi kationlarni topish

Analizni kationlarini topishdan boshlash afzaldir. Buning

ahamiyatini keyinroq mukammal ko'rib chiqamiz: modda tarkibida kationlardan ba'zilarining topilishi ko'pgina anionlarning bo'lmashligidan darak beradi, ishni ancha osonlashtiradi.

Kationlar analizi asosan eritmalar bilan o'tkaziladi, ba'zi kationlarning bo'lishi bir qator anionlarni modda tarkibida yo'qligi to'g'risida xulosa chiqarsa bo'ladi.

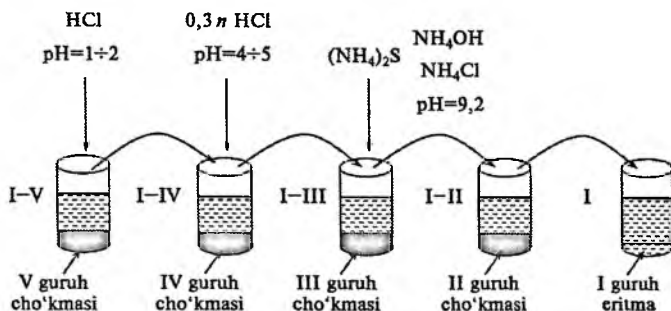
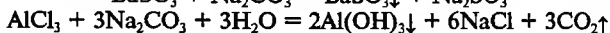
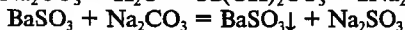
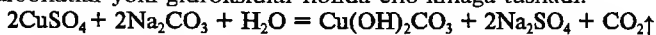
Quruq modda eritmasi tarkibida PO_4^{3-} anionlarining bo'lishi kationlarni topishga xalaqit beradi. III guruh kationlarini $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ta'sirida cho'ktirishda ishqoriy eritmadan bir vaqtning o'zida II guruh kationlari va magniy kationini fosfatlari ham cho'kmaga tushib qoladi. Shunday qilib PO_4^{3-} anioni ishtirokida III guruh kationlarini II guruh kationlaridan ajratib bo'lmaydi. Ularni ajratish uchun eritmadan PO_4^{3-} ni yo'qotish kerak. Buning uchun eritmada kislotali muhit ($\text{pH}=5$) mavjud qiladigan asetat bufer aralashma $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ishtirokida Fe^{3+} tuzlari bilan PO_4^{3-} ni FePO_4 holda cho'kmaga tushiriladi. pH ning bunday qiymatida Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlari hamda Zn^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} va Fe^{2+} (ya'ni barcha ikki zaryadli kationlar) eritmada qoladi. Alyuminiy, xrom fosfatlari, aksincha FePO_4 bilan birga cho'kmaga tushadi. Fosfat anionini to'liq cho'kmaga tushirish uchun ortiqcha Fe^{3+} kationlari zarur bo'ladi. Ortib qolgan Fe^{3+} ni yo'qotish va FePO_4 ni to'liq ajratib olish uchun eritma qaynatiladi. Bunda ortiqcha Fe^{3+} kationlari asosli asetat holida cho'kmaga tushadi. Cho'kma ajratib olinib Al^{3+} , Cr^{3+} kationlari bor-yo'qligi tekshiriladi. Sentrifugat tarkibidagi boshqa kationlar borligi I–V guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibi bo'yicha topiladi.

Quruq modda tarkibidagi anionlarni topish

Tekshiriladigan quruq modda tarkibidagi kationlarni topib bo'lgandan keyin, anionlarni topish maqsadga muvofiqdir. Tekshiriladigan moddadan topilgan kationlar tuzlarining eruvchanligiga asoslanib, unda ba'zi bir anionlarining bor-yo'qligini to'g'risida gapirish mumkin bo'ladi. Masalan, aniqlanadigan namunada moddada S^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} va shunga o'xshash anionlar bilan qiyin eriydigan tuz hosil qiluvchi kationlar topilgan bo'lsin. Agar modda suvda eriydigan bo'lsa, bu anionlar unda bo'l-

masligi turgan gap. Agar Ba^{2+} , Sr^{2+} yoki Pb^{2+} ionlari topilsa va modda suyultirilgan HCl yoki HNO_3 da erisa, unda SO_4^{2-} ionlari bo'lishi mumkin emas. Cho'kmasi bo'lmagan eritmadan Ag^+ kationlari topilsa, II guruh anionlari yo'qligini ko'rsatadi. CO_3^{2-} , S^{2-} , SO_3^{2-} va $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ anionlari borligi kationlarni analiz qilish yo'lida eritmani kislotali muhitga keltirishda gazlar (CO_2 , H_2S , SO_2) ajralib chiqishga qarab topilishi mumkin.

Tekshirilayotgan eritmada ayrim anionlarining yo'qligi haqida xulosa chiqarilgandan keyin unda bo'lishi ehtimol anionlarni topishga o'tiladi. Eritmani tegishli ravishda tayyorlab olish kerak. Eritmani tayyorlash uning tarkibida bo'ladigan «og'ir metallarning kationlari» deb ataluvchi kationlarni chunonchi, Mg^{2+} ionlari bilan birga bo'ladigan II–V guruh kationlarini yo'qotishdan iborat va hamma tuzlarni Na_2CO_3 eritmasi qo'shib qaynatiladi. Bunda modda tarkibiga kirganlar natriy tuzlari holida eritmaga o'tadi, kationlar esa o'rta yoki asosli karbonatlar yoki gidroksidlar holida cho'kmaga tushadi.



Taxminan 0,1 g quruq modda tigelda 0,4 g kimyoviy toza suvsiz natriy karbonat Na_2CO_3 bilan aralashtiriladi, ustiga 50–60 tomchi distillangan suv qo'shiladi, aralashma 5 daqiqa davomida (bug'langan suvni o'rmini to'ldirib turish uchun suv qo'shib turgan holda) qaynatiladi.

Tigeldagi bo'lgan aralashma konussimon probirkaga o'tkaziladi, sentrifugalanib, cho'kmasi ajratiladi. Olingan eritma «sodali so'rim» nomi bilan atalib uning tarkibidagi I–III guruh anionlari 16.6-bandda ko'rsatilgan tartibda topiladi. Analiz qilishdan oldin «sodali so'rim» natriy karbonatning ortiqchasini yo'qotish maqsadida sirka kislota bilan neytrallanadi. Bu ishni juda ehtiyotlik bilan bajarish lozim, kislotadan ko'proq qo'shilsa S^{2-} , NO_2^- va ba'zi bir anionlarni yo'qotib yuborish mumkin. Shuni e'tiborga olish kerakki, CO_3^{2-} anioni so'rim tayyorlashda eritmaga kirib qoladi. Shu sababli CO_3^{2-} anioni quruq modda-ning ozgina ulushidan xlorid kislota ta'sir ettirib topiladi.

Quruq modda eritmasi tarkibidagi kationlar va anionlar aniqlanib bo'lgach, tekshirilayotgan namunani – tuz tarkibi to'g'risida xulosa chiqariladi. Masalan, agar Na^+ , K^+ , NH_4^+ kationlari va NO_3^- anioni topilgan bo'lsa, namuna kaliyli, natriyli va ammo-niy nitratlari aralashmasidan iborat bo'ladi. Bordi-yu, K^+ kationi, shuningdek, SO_4^{2-} va NO_2^- anionlari topilgan bo'lsa, unda quruq modda tuz K_2SO_4 va KNO_3 aralashmasi bo'lib chiqadi va hokazo.

9.2. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar

1. Quruq modda namunasi bilan o'tkaziladigan dastlabki ishlar nimalardan iborat?
2. Berilgan quruq moddaning eruvchanligi qaysi tartibda tekshiriladi, erituvchilar qanday aniqlanadi?
3. Eritmaga o'tkazilgan moddani analiz qilishga kirishilgan-da avval nimaga e'tibor qilinadi?
4. Qanday kationlar tekshiriladigan eritmaga rang beradi?

X bob. MIQDORIY ANALIZ

10.1. Miqdoriy analizning usullari va vazifalari

Tekshirilayotgan modda qanday element (yoki ionlaridan) iborat ekanligi sifat analizi yordamida aniqlanadi.

Miqdoriy analiz analitik kimyoning tarkibiy qismi bo'lib, uning vazifasi modda tarkibiga kirgan element yoki birikmalarining foiz hisobidagi miqdorini aniqlashdan iborat.

Miqdoriy analizning vazifalari birikmalardagi kimyoviy elementlar (yoki ularning guruhleri) tarkibini miqdoriy jihatdan aniqlashdir. Miqdoriy analiz yordamida har xil aniqlashlarni o'tkazish mumkin. Murakkab modda (kislotalar, tuzlar va boshqalar) tarkibiga kiruvchi elementlarning massalari orasidagi nisbatni eritmadagi moddalar miqdorini, moddalar aralashmasi tarkibiga kiruvchi elementlar (neftdagi uglerod va vodorod) miqdorini yoki rudalar, minerallar, o'g'itdagi u yoki bu komponentlarning tarkibini aniqlash mumkin.

Miqdoriy analiz foydali qazilmalarni izlab topish, metallurgiya va kimyoviy texnologiya, biokimyo va agrokimyo, tuproqshunoslik, o'simliklar fiziologiyasi, dorishunoslik, tibbiyot va boshqa sohalar bilan uzviy bog'liqdir.

Rivojlanib borayotgan xalq xo'jaligining turli sohalariga juda katta e'tibor berilmoqda. Masalan, kam uchrovchi va tarqoq elementlar (uran, titan, sirkoniy, vannadiy, molibden, volfram kabilar)ni ajratishning eng yangi usullaridan va miqdorini aniqlashda tezkor usullarini yaratish — yuqori tozalikka ega bo'lgan usullar tarkibidagi juda kam miqdordagi qo'shimchalarni aniqlashning zamonaviy usullarini topish kabi vazifalarni qo'y-moqda.

Respublikamiz hududida uchraydigan yerosti va yer usti mineral xomashyolar tarkibidagi xalq xo'jaligini rivojlantirish uchun zarur bo'lgan metallar, metalmaslar miqdorini aniqlashda paxtachilik va g'allachilik bo'yicha hosildorlikni oshirish uchun

tuproqni oziq moddalar bilan ta'minlash darajasini aniqlashda va boshqa shunga o'xshash sohalarida miqdoriy analiz usullaridan foydalanish kabi ahamiyatga ega. Miqdoriy analizni boshlashdan oldin tekshirilayotgan moddaning sifati, tarkibini aniqlash kerak; tekshirilayotgan modda miqdori aniqlanishi lozim bo'lgan elementning borligi avvaldan ma'lum bo'lgan holda ham sifat analizidan foydalanishga to'g'ri keladi, chunki tarkibiy qismini aniqlashdan keyingina ba'zi qiziqtirayotgan elementning miqdorini aniqlash usulini to'g'ri tanlash mumkin.

Amalda esa analiz qilinayotgan ko'pchilik moddalarning (ruda, qotishma, o'g'it va boshqalar) sifat tarkibi ma'lum bo'lsa, analitikning vazifasi ancha osonlashadi. Ko'pincha analiz qilinadigan moddadagi ayrim elementlarning taxminiy miqdori ham ma'lum bo'ladi. Bunday hollarda moddaning sifat tarkibini tekshirtirishga ehtiyoj bo'lmaydi va miqdorini analiz qilishda eng qulay usulni tanlashda ham oson bo'ladi.

Miqdoriy analizning usullari qo'yidagicha bo'linadi.

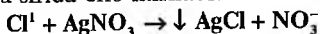
1. Kimyoviy.
2. Fizikaviy.
3. Fizik-kimyoviy analiz usulidir.

Kimyoviy analiz usullariga: gravimetrik (tortma) analiz, titrimetrik (hajmi) analiz va gazovolyumetrik analizlar kiradi.

Fizikaviy va fizik — kimyoviy analiz usullariga shartli ravishda instrumental usullar nomi bilan yuritiladi. Hozirgi zamonada ular katta ahamiyatga ega, ular o'lchaydigan ko'rsatkichlar (xossalari): modda massasi, reagent eritma hajmi, elementlarining spektrik chiziqlari, nurli to'lqin uzunligi, ko'rindigan infraqizil va ultrabinafsha yutilishi, sorbentlarning adsorbsion xossalari, eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi, elektrod potentsiali diffuzion toq qiymati radioaktiv impulsar va boshqalar asosida turlarga ajraladi.

Miqdoriy analiz kimyo usullari

Miqdoriy analizda ham sifat analizda qo'llaniladigan analitik kimyoviy reaksiyalardan foylaniladi. Masalan, eritmadan xlor ionini (xlorni) miqdorini aniqlash kerak bo'lsa, uni cho'ktiruvchi reagent ta'sirida cho'ktiriladi.



Bu reaksiya asosida cho'kmaga tushgan AgCl ni filtrlab olib, yaxshilab yuvib, so'ngra ehtiyotlik bilan qizdirib (yoki quritib), tarozida aniq tortib olinadi. Cho'kma AgCl ning og'irligi va formulasiga qarab, unda qancha xlor borligi hisoblanadi.

Masalan: 0,0651 g NaCl analiz qilinganda 0,1445 g cho'kma tushgan AgCl ning 1 gramm molekulasida 143,3 g, 1 g atom 35,46 g xlor borligini nazarga olib yozish mumkin. 144,3 g AgCl tarkibida 35,5 g Cl bor.

0,1445 g AgCl tarkibida $x = \text{Cl}$ bor.

$$x = \frac{0,1445 \cdot 35,5}{144,3} = 0,03576 \text{ g}$$

Xlorning topilgan miqdorini hammasi avvalgi analiz uchun aniqlangan osh tuzi NaCl ning tarkibida ekanligini nazarga olsak, osh tuzidagi xlorning % miqdorini aniqlash qiyin emas.

0,06518 g NaCl da 0,0356 g Cl bor.

100 g NaCl da «y» g Cl bo'ladi.

$$y = \frac{0,03576 \cdot 100}{0,06518} = 54,86 \%$$

Demak, xlorning berilgan tuz miqdorida 54,86 % deb topiladi. Gravimetrik analiz nisbatan aniq usul (10^{-4} gacha % miqdorini aniqlab beradi). Lekin buning qo'llanishi chegaralangan, chunki amalda erimaydigan cho'ktiruvchi — anorganik moddalar soni ko'p emas. Cho'ktiruvchi sifatida organik moddalarning qo'llana boshlanishi, bu eski usulning foydalanishini ancha kengaytiradi.

Gravimetrik analizning mohiyati quyidagilardan iborat:

Namunani aniq analitik tarozida tortib olinadi, eritiladi. Aniqlanadigan komponent aniq tarkibli qiyin eruvchan birikma holda cho'ktiriladi, sentrafugalanadi, cho'kmani eritmada ajratiladi, qo'shimchalardan yuviladi, quritib (yuqori temperaturada) qizdiriladi. Cho'kmani massasini o'lchab tekshiriladigan modda tarkibidagi kerakli komponentning foiz miqdori hisoblanadi.

Titrimetrik analiz usuli

Xlor ionini boshqa usul bilan — titrimetrik usulda ham aniqlash mumkin, ya'ni xlor ionini cho'ktirish uchun sarflangan va konsentratsiyasi aniq ma'lum bo'lgan reaktiv AgNO_3 eritma-

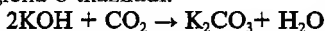
sining titrlash jarayonida sarflangan hajmni o'lchash bilan aniqlash mumkin. Oldin yozilgan 1-reaksiya asosida. Konsentratsiya aniq eritmasining reaksiya uchun sarflangan hajmini o'lchashga asoslangan usul hajmni analiz usuli deyiladi.

Titrimetrik analiz usulida — o'zaro ta'sir etuvchi eritmalar hajmini o'lchashga asoslangan bo'lib, reagent eritmasining konsentratsiyasi aniq bo'lishi lozim. Titrimetrik analizda tekshirilayotgan eritmaga reagent eritmasidan moddalar ekvivalent miqdorida reaksiyaga kirishguncha qo'shiladi. Reaksiyaning tamom bo'lishi indikator yoki boshqa usullar bilan aniqlanadi. Reaksiyaga sarf bo'lgan reagent eritmasi konsentratsiyasi va hajmini bilgan holda aniqlash natijalari hisoblanadi.

Titrimetrik analiz usulining muhim vazifasi shundaki, bu analizni bajarish uchun oz vaqt 15—20 daqiqagacha talab qilinadi. Bitta tortma analizini bajarish uchun 5—6 soat vaqt ketadi. Shuning uchun amalda, masala ishlab chiqarish kimyoviy nazorat qilishda hajmiy analiz usullari katta ahamiyatga ega.

Gazovolyumetrik analiz

Gazovolyumetrik analiz usuli aniqlanadigan moddalarning hajmini, gazlar aralashmasini qattiq yoki suyuq holatidagi yutkichlar orqali o'tkazib, (maxsus reaktiv ta'sirida) ayrim gazlarni komponentlarning yutilishi tufayli gazlar aralashmasining hajmi kamayadi; Ana shunga asoslanib, aralashmadagi ba'zi gazlarning miqdori aniqlanadi. Masalan, gazlar aralashmasidan uglerod IV oksidi CO_2 miqdorini aniqlashda, uglerod dioksidining yutuvchi kaliy gidroksidining konsentratlangan eritmasi orqali gazlar aralashmasi o'tkaziladi va chayqatiladi. Gazlar hajmini kamayishi asosida CO_2 gazining % miqdori hisoblanadi. Reaksiya quyidagicha o'tkaziladi.



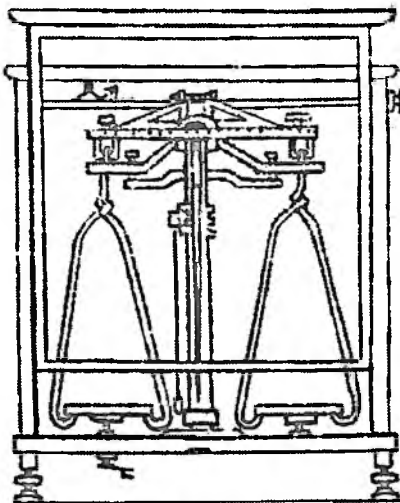
Tortma analiz usulining sezgirligi, ta'sirchanligi, kichik bo'lganligi uchun turli moddalar tarkibidagi juda kam miqdorda bo'lgan elementlarni aniqlab bo'lmaydi. Bundan tashqari tortma analiz usulini bajarish uchun ko'p vaqt — 5—6 soat bitta analiz o'tkazishga sarflanadi, hajmiy analizni esa eritmada loyqa moddalar mavjud bo'lganda qo'llash mumkin emas. Shuning uchun ham hozirgi davrda juda sezgir analizni o'tkazish davri qisqa

bo'lgan usullar yaratishga ko'p e'tibor berilmoqda. Bu jihatdan fizikaviy, fizik-kimyoviy usullar katta samara bermiqda.

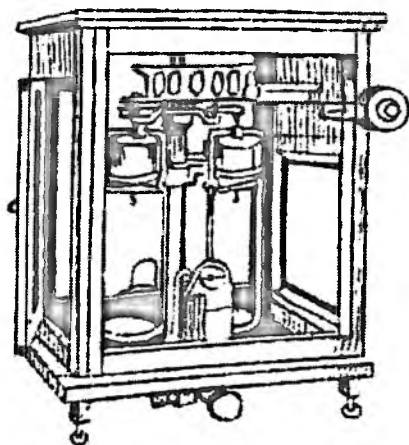
10.2. Analitik tarozilar va tortish texnikasi

Analitik tarozilar miqdoriy analizda ishlatiladigan asosiy asbob hisoblanadi.

Analizni boshlashdan oldin modda tekshirish uchun kerakli miqdorda tarozida tortib olinadi. Miqdoriy analizning boshqa jarayonlarida ham, masalan, cho'kmaning og'irligini topishda, konsentratsiyasi aniq bo'lgan eritmalar tayyorlashda ham tarozidan foydalanishga to'g'ri keladi, hozirgi vaqtda kimyo laboratoriyalarida turli konstruksiyadagi analitik tarozilardan foydalaniladi. Ulardan eng ko'p qo'llaniladigani ADB-200 tipidagi tarozidir (26–27-rasm). Unda namuna 0,0002 g gacha aniqlikda tortish mumkin. Bunday tarozilarda ko'pi bilan 200 g moddani tortish mumkin.



26-rasm. Analitik tarozi.



27-rasm. ADB-200 tipidagi dempferlik tarozi.

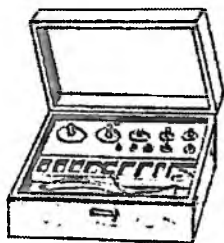
Analitik tarozining asosiy qismi yelkalari teng richag va kolonkadan iborat bo'lgan tarozi shayinidir. Kolonkaning yuqori qismiga agat yoki po'latdan yasalgan gorizontall plastinka mahkamlangan bo'lib, u shayin uchun tayanch vazifasini bajaradi. Shayinning markaziy qismida, pastida po'lat yoki agatdan yasalgan prizma o'rnatilgan, shayin ana shu prizmaga tayanib turadi. Shayinning ikki uchida, markaziy prizmadan bir xil masofada qirralari yuqoriga qaragan ikkita boshqa prizma o'rnatilgan. Yon tomonlardagi prizmalarga «ilgaklar» o'rnatilgan bo'lib, tarozi pallalari ana shu ilgaklar yordamida shayinga osilib turadi. Prizma qirralari qancha o'tkir bo'lsa, tarozi ham shuncha qo'zg'aluvchan va sezgir bo'ladi. Tarozi prizmalarini yedirilishdan saqlash uchun tarozida maxsus moslama — arretir mavjud. Arretir tarozi ishlamay turgan vaqtda, shayin va pallalarni ushlab turadi. Shayin tarozi ishlab turgan vaqtdagina o'rta prizmaga tayanib turishi kerak.

Arretir diski soat strelkasiga teskari buralganda arretir pastga tushadi, tarozi ish vaziyatini egallaydi, bunda hamma prizmalar agat plastinka tayanib turadi. Appetir diski soat strelkasi

bo'yicha buralganda, tarozi arretirlanadi, ya'ni prizmalar va plastinkalar bir-biridan uzoqlashadi. Bunda, shayin va ilg'aklar maxsus tayanchlarga tirkaladi, prizmalarning qirralari, o'zining tayanch yuzalariga tegmaydi va yedirilmaydi. Arretir diski sekin va ehtiyotlik bilan buraladi, aks holda, qo'pol harakat qilinganda tarozi ishdan chiqadi.

Shayinning o'rtasiga strelka mahkamlangan, uning o'ngga va chapga siljishini kolonka asosiga mahkamlangan pastki shkala bo'yicha kuzatish mumkin. Tarozining ikkala pallasiga teng miqdorda yuk qo'yilganda strelka noldan ikki tomonga bir xil darajada og'adi. Strelkaning yuqori qismida kichikroq gayka bo'lib, u yuqori tomonga surilganda (tarozining sezgirligi oshadi, chunki og'irlik markazi bilan tayanch nuqtasi yaqinlashadi, pastga surilganda esa tarozining sezgirligi kamayadi).

Taroziga chang, nam va havo kirmasligi uchun uni oynali g'ilof ichida saqlanadi. G'ilofning old tomonida ko'tariladigan va ikki yon tomonida eshikchasi bo'ladi. Eshikchalar tarozi pal-lasiga toshlarni yoki tortiladigan namunani qo'yish uchungina ochiladi. Eshikchalarni yopgandan keyingina tarozi arretirdan bo'shatiladi va tortiladi. G'ilofning vintli oyoqchalari bor, ular metallardan yasalgan podkladka (qistirmaning) uymalariga mah-kamlangan bo'ladi. Analitik tarozilarda tortish uchun 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1 g yoki 100, 50, 20, 10, 10, 10, 5, 2, 1, 1, 1 g li toshlar to'plami maxsus qutichaga joylashtirilgan bo'ladi (28-rasm).



A set of small navigation icons typically found in document viewers, including symbols for back, forward, search, and other navigation functions.

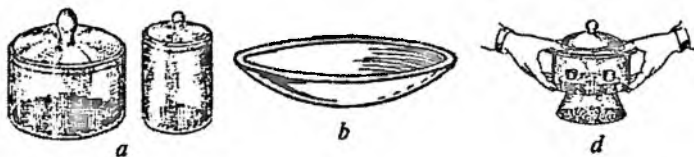
28-rasm. Tarozi toshlari.

Grammning ulushlariga, teng toshchalar shakliga ko'ra, bir-biridai farq qiladi: 0,5 va 0,05 grammli toshchalar oltiburchak ko'rinishida, 0,2 va 0,002 grammli toshchalar kvadrat shaklida, 0,1 va 0,001 grammli toshchalar uchburchak shaklida bo'ladi. 1 dan 100 grammgacha bo'lgan yirik goshlar, odatda, latun (jez) dan yasilib, ularga tilla suvi yuritilgan yoki nikellangan bo'ladi: mayda toshchalar alyuminiy yoki nikeldan yasalgan.

Toshlar qutisida uchiga suyak yoki plastmassa qoplangan pinset bo'lib, ana shu pinset yordamida (toshlar) taroziga qo'yiladi yoki olinadi.

Moddani to'g'ridan to'g'ri tarozi pallasiga qo'yish aslo yaramaydi, chunki, bunda tarozi buziladi. Shuningdek, moddani qog'oz varag'iga solib tortish ham yaramaydi; odatda, tortiladigan modda byuks (29- *a* rasm) deb ataladigan va qopqog'i sil-liqlangan stakanchaga yoki soat oynasiga (29- *b* rasm) yohud ti-gelga, probirkaga va boshqa idishlarga solib tortiladi.

Tortish natijalari to'g'ri bo'lishi uchun tortilayotgan buyum-larning temperaturasi tarozi temperaturasi bilan bir xil bo'lishi lozim. Tortiladigan buyumning temperaturasi tarozi temperatu-rasiga kelishi uchun buyumni tarozi yoniga, kamida 20 daqiqa qo'yib qo'yish kerak. Qo'yib qo'yilgan buyum havodan sezilarli miqdorda suv bug'ini o'ziga shimib olmasligi va natijada og'ir-ligi oshmasligi uchun u eksikatorga (29- *d* rasm) qo'yiladi.



29-rasm. *a* – byukslar; *b* – soat oynasi; *d* – eksikator

Eksikator – shisha idish bo'lib, shlifli qopqoqqa ega bo'ladi. Qopqoqning tegib turadigan qismlariga vazelin surkaladi. Eksi-katorning o'rtasida tigellar joylashtiriladigan teshiklari bo'lgan tokchasi bo'lib, eksikatorning pastki qismini namni tortuvchi modda, odatda, qizdirib suvsizlantirilgan kalsiy xlorid bilan to'l-diriladi. Eksikatorda qizdirilgan byuks yoki tigellar sovutiladi,

gigroskopik moddalar saqlanadi, ba'zi bir moddalar sekin quritiladi Eksikator qopqog'ini ochish uchun eksikator chap qo'l bilan ushlanib, qopqog'i o'ng qo'l bilan gorizontal holda bir tomonga suriladi, shundan so'ng qopqoq oson olinadi. Eksikatorni bir joydan boshqa joyga o'tkazishda uning qopqog'i bosh barmoqlar bilan zich siqilgan holda ko'tariladi.

Oddiy va AIB-200 analitik tarozilardan tashqari dempferli tarozilar ham bor. Bu xil tarozilar tuzilishining eng asosiy xususiyatlari, shundan iboratki, ularda tarozi strelkasining tez tebranishini to'xtatuvchi havoli tinchlantirgich (dempfer)lar bo'ladi. Bu tarozilarda mayda toshlarni qo'yish uchun avtomatik asboblardan strelkaning shkaladagi holatini ko'rsatuvchi maxsus moslama ham bor. Dempferlar alyuminiydan yasalgan ichi kovak silindrlar bo'lib, usti qopqoq bilan yopilgan, past tomoni esa ochiq bo'ladi. Bu silindrlar ilmoqlar yordamida halqalarga osiladi va tarozi pallalarining yuqorisida turadi. Dempfer silindrlar diametri ularga qaraganda kattaroq bo'lgan, usti ochiq va pasti berk alyuminiy silindrlarning ichiga kirib turadi. Tashqi silindrlar tarozi kolonkasiga (ustuniga) qo'zg'almaydigan qilib mahkamlangan bo'ladi. Arretir tushirilganda tarozi shayini va pallalari bilan birlikda dempfer silindrlar harakatlanib, tashqi silindrning ichiga kiradi yoki tashqi silindrdan chiqadi. Buning natijasida havo ta'sirida tormozlanish sodir bo'lib, tarozining tebranishi tezda to'xtaydi.

Bu vaqtda tarozi strelkasi nolinchin nuqtaga (tarozi pallasida yuk bo'lsa, muvozanat nuqtasiga) to'g'ri keluvchi holatda to'xtab qoladi.

Shayinning o'ng tomonidagi halqaga, shayinga perpendikulyar qo'yib, gorizontal planka o'rnatilgan. Og'irligi 10 mg dan 990 mg gacha bo'lgan halqa shaklidagi mayda toshlar bu planka ustiga osib qo'yiladi. Bu mayda toshlar planka ustiga tarozi shkafining o'ng tomoni tashqarisiga o'rnatilgan diskli dasta burab osiladi. Diskli dasta har ikki tomonga buraladigai ikkita diskdan iborat bo'lib, bu diskka raqamlar yozilgan bo'ladi. Tashqi diskni burash bilan plankaga 100, 200, 300 ... 900 mg toshlarni osib qo'yish mumkin. Bu esa tarozining o'ng pallasiga 0,1, 0,2, 0,3 ... 0,9 g og'irlikdagi toshni qo'yish bilan tengdir. Xuddi, shu yo'l bilan kichik diskni burab, plankaga 10, 20, 30

... 90 *mg* li toshlar osib qo'yiladi, ya'ni, tarozining o'ng pallasiga grammning yuzdan bir ulushi qo'yiladi.

Qo'yilgan toshlarning umumiy og'irligi diskning yoniga o'rnatilgan qo'zg'almas ko'rsatkich (strelka) yordamida topiladi. Masalan, agar tashqi diskda ko'rsatkichning to'g'risida 8 raqami va ichki diskda 30 raqami ko'rsatilgan bo'lsa, bu degan so'z, plankaga (yoki tarozining o'ng pallasiga) 830 *mg*, ya'ni 0,83 g tosh qo'yilgan, demakdir.

Bu tarozida milligramm va uning o'nlik ulushlari strelkaning og'ish kattaligiga qarab aniqlanadi.

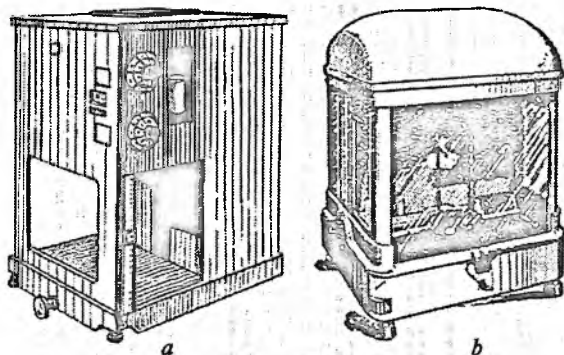
Strelkaning qancha og'ganligi veytograf deb ataladigan asbob, ya'ni tarozi strelkasiga mahkamlangan mikroshkalaning kattalashtirilgan tasvirini yorug' ekranda ko'rsatuvchi optik moslama yordamida hisoblab topiladi. Bu ekran shkafning orqa devoriga o'rnatilgan va arretir diski burilganda avtomatik ravishda ulanadigan (transformator orqali) yoritkich (lampochka) bilan yoritilib turiladi.

Tarozi pallasari bo'sh bo'lgan vaqtda mikroshkala nolinchi chiziqning ekrandagi tasviri shu shkala o'rtasidagi vertikal chiziqqa to'g'ri kelsa, tarozining o'ng pallasiga 10 *mg* yuk qo'yilganda, strelka tebranishdan to'xtasa, bu chiziq shkalaning chap tomonidagi o'ninchi darajasi ustida turadi. Shunday qilib, shkalaning raqam bilan belgilangan har bir chizig'i 1 *mg* ga to'g'ri keladi.

Ikki qo'shni chiziqdan oraliq'i o'nta teng qismga bo'lingan bo'lib, ularning har qaysisi 0,1 *mg* ga to'g'ri keladi hamda veytograf ekranidagi shkala bo'yicha hisoblashda milligramm va uning ulushlari sonini, ya'ni aniqlanayotgan og'irlikning uchinchi va to'rtinchi xonalaridagi raqamlarni ko'rsatadi.

Analitik tarozilarning eng yangi modellari Metgayer sistemasidagi bir yelkali elektromagnit avtomatik tarozilardir (30-rasm). Ular bir necha xilda bo'ladi: 200 g gacha yuk tortadigan, 0,1 *mg* gacha aniqlikdagi analitik tarozi, tortish aniqligi 0,01 *mg* va 100 g gacha tortadigan yarim-mikrokimyoviy tarozi, aniqligi 0,001 *mg* gacha va 20 g ga qadar yukni tortadigan mikrokimyoviy tarozi va boshqalar. Bu tarozilarda tortish juda oddiy bo'lib, 15 soniya vaqtini oladi. Tortiladigan buyum tarozi pallasiga qo'yiladi, eshigi berkitiladi, tarozi ulanadi va 10–15 soniya

o'tgandan keyin tarozi shkalasida tortilgan buyum massasini ko'rsatuvchi raqamlar paydo bo'ladi. Bunday tarozida tortishda xatolar deyarli sodir bo'lmaydi.



30-rasn. *a* – BA-200 rusumli bir yelkali analitik tarozi;
b – A-200 rusumli analitik tarozi

Dempfer tarozida tortish texnikasi

1. Tortishga kirishishdan avval yoritkich yoritish manbayiga ulanadi.

2. Nolinchi nuqtaning holati to'g'rilanadi. Buning uchun shkafning eshikchasini ochmasdan turib, arretir diski asta-sekin oxirigacha buraladi.

Bu vaqtda yoritgich lampochkasi avtomatik ravishda ulanadi va veytograf ekranida tarozi strelkasiga biriktirilgan mikroshkalaning kattalashtirilgan tasviri paydo bo'ladi. Strelka, to'xtaguncha mikroshkalaning tasviri ham ekran bo'ylab harakatlanib turadi. Lekin strelkaning tebranishi dempferlar tufayli qariyb birdaniga to'xtaydi va mikroshkalaning ekrandagi tasviri ham harakatlanmay qoladi. Tarozi pallalarida, yuk bo'lmagan vaqtda, shkalaning nolinchi chizig'i ekrandagi vertikal chiziqqa aniq to'g'ri kelishi kerak. Agar, nolinchi chiziq vertikal chiziqqa to'g'ri kelmasa, moslama vinti kallagini chapga yoki o'ngga burab to'g'rilash kerak. Moslama vint tarozi pastki taxtasining tashqariga chiqib turgan qismida arretir diski ustida joylashgan.

3. Tortiladigan moddani tarozining chap pallasiga, qutichadagi toshlarni esa tarozining o'ng pallasiga qo'yib, tortilayotgan modda og'irligi 1 g gacha aniqlik bilan texnik tarozida tortib olinadi (aniq tortish uchun analitik tarozidan foydalaniladi).

4. Tarozining eshikchasini yopib, grammning o'ndan bir va yuzdan bir ulushlarini topishga kirishiladi. Buning uchun mayda toshlarni taroziga qo'yadigan avtomatik moslamaning tashqi diskini burab, unda ko'rsatilgan raqamlarni qo'zg'almas ko'rsatkichning to'g'risiga suriladi va har gal tarozi strelkasining qaysi tomonga og'ayotganligi tekshiriladi. Tarozi pallasiga biror tosh qo'yayotganda yoki undan olayotganda, ya'ni diskni har gal burashdan avval, tarozini arretirlash zarur.

Grammning o'ndan bir ulushlari aniqlangach, ichki disk yordamida xuddi shu pul bilan grammning yuzdan bir ulushlari topiladi.

5. Tortilayotgan narsaning og'irligi yuqorida bayon qilinganidek, 0,1 g gacha aniqlik bilan topilgandan keyin arretir diski oxirigacha buraladi va strelka tebranishdan to'xtagach, vertikal chiziqning holati ekrandagi shkala bo'yicha hisoblanadi. Bu shkalaning yo'g'on chiziqlari milligrammga teng bo'lib, musbat va manfiy ishoralar raqamlar bilan belgilanadi.

Agar strelka to'xtagach, raqamlar musbat ishorali bo'lsa, bu qiymatni tarozi pallasiga qo'yilgan toshlarning og'irligiga qo'shish kerak. Aksincha, shkaladagi raqamlar manfiy ishorali bo'lsa, uning qiymatini tarozi pallasidagi toshlar og'irligidan ayirish kerak.

Masalan, tarozi pallasiga qo'yilgan toshlarning umumiy og'irligi 11,83 g bo'lib, ekranda hisoblash (+2,7 mg, ya'ni 0,0027 ni ko'rsatsa, u holda tortilayotgan narsalarning umumiy og'irligi $11,83 + 0,0027 = 11,8327$ g bo'ladi. Aksincha, manfiy ishorali son bo'lsa, og'irlik:

$$11,83 - 0,0027 = 11,8273 \text{ g ga teng bo'ladi.}$$

Odatda, tarozi strelkasi chap tomonga oqsa, ya'ni manfiy ishorali bo'lsa, o'ng palladagi tosh kamaytiriladi. Natijani doimo shkalaning musbat tomonidan olish kerak. Tortib bo'lgandan keyin shkalaning musbat tomonidan tortilayotgan narsa va toshlar tarozi pallalaridan olib qo'yiladi.

10.3. Miqdoriy analizdagi xatolar

Biror miqdoriy aniqlash qanchalik badiqqat o'tkazilmasin, olingan natija, odatda, aniqlanayotgan moddaning haqiqiy miqdoridan oz farq qiladi va, ya'ni ba'zi xatoliklarga ega bo'ladi.

Miqdoriy analizdagi xatolar o'z xarakteriga ko'ra quyidagilarga bo'linadi.

1) sistematik xatolar; 2) tasodifiy xatolar; 3) qo'pol xatolarga bo'linadi.

Sistematik xatolar deb, kattaligi doimiy bo'lgan yoki ma'lum qonun bo'yicha o'zgaradigan xatolarga aytiladi. Sistematik xatolarni oldindan nazarda tutish va ularni yo'qotish yoki tegishli tuzatishlar kiritish mumkin. Sistematik xatolarni quyidagi turlari mavjud: talabani ishiga ahamiyatsizligi, tarozida noto'g'ri tortish, yozuvlarda adashish, asboblarni aniq emasligi.

Uslubiy xatolar. Bu xatolar qo'llanilayotgan analiz usuli xususiyatlariga bog'liq. Masalan: reaksiyani miqdoriy jihatdan to'la bormasligi, cho'kmani qisman eruvchanligi, cho'kma bilan birga qo'shimcha begona ionlarning cho'kishi, cho'kmani parchalanishi, moddaning gigroskopik ekanligi eng asosiy reaksiya bilan birga hajmiy aniqlashlarda natijani buzuvchi qandaydir qo'shimcha reaksiyalarning borishi, titrlash vaqtida ishlatilgan indikatorlarning xatolari. Uslubiy xatolar miqdoriy aniqlashda natijani buzuvchi jiddiy sabablar jumlasiga kiradi.

Ishlatilayotgan asbob va reaktivlarga bog'liq bo'lgan xatolar. Bunday xatolar jumlasiga tarozining noto'g'riligi, aniqligi kamligi, tortish jarayonida tekshirilmagan toshlarni ishlatilishi, hajmni aniq o'lchovchi idishlarni tekshirilmaganligi sababli ro'y beradigan xatolar kiradi.

Individual xatolar. Bu xatolar analitikning shaxsiy xususiyatlariga masalan, titrlash jarayonida eritmaning rangini o'zgarishini aniq seza bilmasligi. Ko'pincha talabalarda uchraydigan psixologik xatolar masalan, qayta tortishda yoki byuretka titrlash jarayonida xatolik bilan aniqlash. Shuning uchun ish paytida talaba obyektiv bo'lishi kerak.

Tasodifiy xatolar. Kelib chiqishi ma'lum bir qonuniyatga asoslanmay, kattaligi va ishorasi noma'lum bo'lgan xatolar, tasodifiy xatolar deb aytiladi. Tasodifiy xatolar analitikning o'ziga

bog'liq bo'lmagan tashqi omillar ta'sirida (haroratning o'zgarishi, havo namligini o'zgarishi, havoning iflosligi, xonaning yetarli darajada yoritilmaganligi, binoning tebranishi va hokazolar) sodir bo'ladi. Sistematik xatolardan farqli ravishda tasodifiy xatolarni biror tuzatma kiritish yo'li bilan yo'qotib bo'lmaydi. Faqat parallel aniqlashlar olib borish bilan tasodifiy xatoni kamaytirish mumkin.

Qo'pol xatolar. Bunday xatolar jumlasiga tarozida noto'g'ri tortish, byuretka shkalasi bo'yicha noto'g'ri hisoblash.

Miqdoriy aniqlashlarda yo'l qo'yilgan xatolarni quyidagicha ifodalash mumkin.

Absolyut xato. Aniqlanayotgan kattalikning haqiqiy miqdori bilan olingan natija o'rtasidagi farqning absolyut birliklarda ifodalangan qiymati absolyut xato deyiladi.

Masalan: $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tarkibida 14,75 % kristallangan suvi borligi aniqlangan, haqiqatda $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tarkibida 14,70 % kristallangan suvi bor. Demak, aniqlashning absolyut xatosi (D)

$$D = 14,70 - 14,75 = -0,05 \%$$

Nisbiy xato. Absolyut xatoning aniqlanayotgan kattalikka nisbati, nisbiy xato deyiladi va %da ifodalanadi.

$$D_0 = \frac{0,05}{14,75} \cdot 100 \% = 0,34 \%$$

ga teng bo'ladi.

XI bob. GRAVIMETRIK (TORTMA) ANALIZ

11.1. Gravimetrik analizning ahamiyati

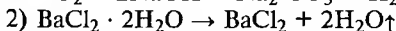
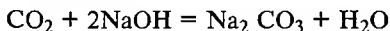
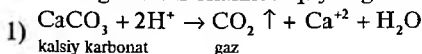
Gravimetrik analiz asosida modda tarkibiga kiruvchi elementlar massalari nisbatlari doimo bir xilligini ifodalovchi tarkibning doimiylik qonuni va reaksiyada ishtirok etuvchi elementlar massalarining bir-biriga nisbatini o'zgarmligini ifodalovchi ekvivalentlar qonuni yotadi. Gravimetrik analiz tekshirilayotgan namuna tarkibidagi qandaydir element radikal yoki kimyoviy birikmaning massasi va tarkibi foizda aniqlanadi. Qidirilayotgan tarkibiy qism yo toza holda yoki ma'lum birikma holida ajratib olinadi.

Gravimetrik analiz usullari

Bu analiz tekshirilayotgan modda yoki uning tarkibiy qismini kimyoviy toza holda yoki muayyan birikmalar holida ajratib, ajratilgan moddaning massasini aniqlashga asoslangan. Gravimetrik analiz **ajratish, haydash, cho'ktirish** usullariga bo'linadi. Barcha gravimetrik usullar bevosita va bilvosita holda bajariladi. Ajratish usullari aniqlanuvchi tarkibiy qismi erkin holda miqdoriy jihatdan to'liq ajratib, uning massasini o'lchashga asoslangan. Masalan, qotishmalardagi oltinni aniqlash talab etilsa, dastavval zar suvida eritiladi, so'ngra eritmadagi oltin biror qaytaruvchi ta'sirida tegishli tartibda qaytariladi, natijada erkin holda ajralgan oltin cho'kadi. Cho'kma filtrlab suyultirilgan HCl eritmasi bilan yuvilgandan keyin quritib olinadi va uning massasi o'lchanadi.

Haydash usulida aniqlanadigan tarkibiy qism biror uchuvchan holatdagi moddaga aylantirib haydaladi. Haydash uchun yuqori temperaturada yoki kimyoviy ta'sirdan foydalanish mumkin.

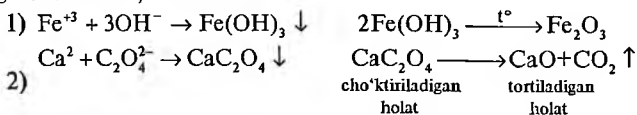
Buni tenglamalar shaklida quyidagicha ifodalash mumkin:



Tuzlarni kristallizatsion suvni aniqlanishi ham, haydash usuliga kiradi.

Bunda aniqlanadigan tarkibiy qismining miqdori modda og'irligining kamayishiga qarab topiladi. Uchuvchan tarkibiy CO_2 ni biror usul bilan masalan, HCl ta'sir ettirib, tekshirilayotgan moddadan ajratib, uni biror yutuvchi moddaga NaOH ga shimdirib ham aniqlash mumkin. Bu holda CO_2 ning miqdori yutuvchi modda og'irligining ortishiga qarab aniqlanadi. Aniqlanayotgan moddani miqdori tortish natijasidan hisoblab olinadi.

Bu usullarni ichida cho'ktirish usuli ayniqsa muhim ahamiyatga ega. Cho'ktirish usuliga misollar keltiramiz. Aniqlanadigan modda kimyoviy reaksiya natijasida kam eruvchan birikmaga o'tkaziladi, cho'ktiriladi.



Bu usulda analiz qilinayotgan moddaning tarozida tortib olingan qismi biror usul bilan eritmaga o'tkaziladi, so'ngra aniqlanayotgan element biror-bir qiyin eriydigan birikma tarzida cho'ktiriladi (yoki erkin holda ajratib olinadi). Hosil qilingan cho'kma filtrlab olinadi, yaxshilab sotiladi, qizdiriladi (yoki quritiladi) va aniq tortiladi. Cho'kmaning og'irligiga qarab formulasidan unda aniqlanayotgan elementning miqdori hisoblab topiladi va bu miqdor moddaning analiz uchun tortib olingan qismiga nisbatan foiz bilan ifodalanadi. Cho'ktirish eng muhim jarayon. Analiz natijalarining aniqligi cho'ktiruvchining to'g'ri tanlab olinganligi, undan qancha qo'shilganligiga cho'ktirish qanday sharoitida olib borildi, ko'p darajada bog'liq bo'ladi.

11.2. Moddani analizga tayyorlash va o'rtacha namuna olish

Analiz qilinadigan moddani avval analizga tayyorlash kerak. Bunda ikki hol bo'lishi mumkin:

a) biror toza moddaning tarkibini aniqlash talab qilinadi.

b) ozmi-ko'pmi bir jinsli bo'lmagan ko'p miqdordagi tabiiy aralashmalarni yoki ishlab chiqarish mahsulotlarining o'rtacha tarkibini topish talab qilinadi. Masalan: ruda, shlak, sement, qotishma, tuproq, o'g'it va boshqalarni analiz qilishda shunday obyektlar bilan ishlashga to'g'ri keladi.

Birinchi holda moddani analizga tayyorlash, uni har xil qo'shimchalardan tozalash, ya'ni kimyoviy toza holda olishdan iborat bo'lishi kerak. Analiz vaqtida ko'pincha uchratiladigan qattiq kristall moddalarni, odatda, qayta kristallash yo'li bilan tozalanadi.

Ikkinchi holda esa ko'p miqdordagi moddalarning tarkibini aniqlash uchun uning oz miqdori olinadi. Bunda moddani analizga tayyorlash uchun tarkibi aniqlanishi kerak bo'lsa, moddadan o'rtacha namuna, ya'ni analiz qilinadigan moddaning o'rtacha tarkibini xarakterlovchi namuna olinadi, davlat standartiga mos keladigan bo'lishi kerak.

Aniqlanadigan moddadan o'rtacha namuna olish

Bu operatsiya juda muhim ahamiyatga ega, chunki analiz natijalari analiz qilinayotgan obyektning haqiqiy tarkibiga ozmi-ko'pmi to'g'ri kelishi, o'rtacha namuna olishga bog'liqdir. Agar o'rtacha namuna noto'g'ri olingan bo'lsa, har qancha puxta va aniq bajarilgan analiz ham o'z qimmatini yo'qotadi.

O'rtacha namuna olish texnikasi ayrim hollarda har xil bo'lishi mumkin. O'rtacha namuna tekshirilayotgan moddaning har qayeridan mutlaqo beixtiyor ravishda olingan ko'proq qismlaridan iborat bo'lishi kerak.

Buning sababini tushunish uchun olingan materialning bir jinsli emasligini nazarda tutish kerak. Tekshirilayotgan modda har bir qismi, bo'laklari va mayda zarrachalarining tarkibi har xil bo'lishi mumkin. Ravshanki, o'rtacha namuna olishda moddaning har yeridan va har xil bo'laklaridan olingan ulushlari soni qanchalik ko'p bo'lsa, o'rtacha natijadan chetga chiquvchi

xatolarning o'zaro yechib ketish ehtimolligi ortadi va olingan o'rtacha namunaning tarkibi analiz qilinayotgan moddaning tarkibiga yaqinlashadi. Shu usulda olingan dastlabki o'rtacha namuna juda ko'p va bir jinsli bo'lmaganligi uchun bevosita analiz qilishga yaroqli emas. Shuning uchun u modda maydalanadi (natijada moddaning jinsliliigi ortadi) va uning miqdorini asta-sekin kamaytirish uchun keyinroq ko'rsatib o'tiladigan usullar bilan ishlanadi. Bu usulning mohiyati quyidagichadir.

Yuqorida bayon etilgan usulda olingan o'rtacha namunaning yirik bo'laklarini avval taxminan yer yong'oqdek bo'lguncha maydalanadi, so'ngra aralashtiriladi va bir tekis qilib kvadrat shaklda yoyib qo'yiladi. Bu kvadratni diagonallar bo'yicha to'rtta uchburchakka bo'linadi. Qarama-qarshi ikkita uchburchakdagi moddani tashlab yuborib, qolgan ikki uchburchakdagi qismi aralashtiriladi va yana maydalanadi.

Modda tortimining miqdori o'tkaziladigan analitik aniqlashning xususiyatiga bog'liq bo'ladi. Agar aniqlash gravimetrik usul bilan olib borilsa va amorf cho'kma hosil bo'lsa, modda tortimi shunday hisob bo'yicha olinadiki, cho'ktiriladigan shakl qizdirilgandan keyin hosil bo'ladigan tortma shaklning massasi 0,1–0,3 g bo'lishi kerak. Kristallik cho'kmalar uchun tortim massasi 0,5 g atrofida, namlikni aniqlash uchun modda tortimi 1–2 g miqdorda bo'lishi lozim.

Olingan tortimni eritishda tekshiriladigan moddaning 0,5 – 1 %li eritmasi hosil bo'ladigan miqdorda suv qo'shiladi. Eritish hajmi 200–300 ml bo'lgan kimyoviy stakanda bajariladi.

Gravimetrik analizda quyidagi jarayonlar bajarilishi lozim:

1. Aniqlanadigan moddadan o'rtacha namuna olish, analizga tayyorlash.

2. Analitik tarozida aniq tortib olish.

3. Olingan moddani eritmaga o'tkazish.

4. Qiyin eriydigan birikmaga o'tkazish (*EK* – eruvchanlik ko'paytmasi iloji boricha katta bo'lishi kerak).

5. Cho'kmani yuvib, filtrlab, eritmadan ajratish.

6. Hosil bo'lgan cho'kmani quritish, qizdirish va aniq tortib olish – gravimetrik shakl.

7. Hosil bo'lgan gravimetrik shaklini tortib aniqlanadigan modda miqdori foizda aniqlanadi.

11.3. Moddadan aniqlanuvchi komponentni cho'ktirish

Cho'ktirish gravimetrik analizning muhim bosqichlaridan hisoblanadi. Cho'ktirishni bajarishda cho'ktiruvchi reagentni to'g'ri tanlanishi, uning miqdori to'g'ri hisoblanishi, cho'ktirishning sharoitlariga to'liq amal qilinishi, komponentning eritmadan to'liq cho'kishi kabilar zarur hisoblanadi.

Cho'ktirishda ma'lum sharoitlarga amal qilinmasa, cho'kmalarning shakli turlicha hosil bo'ladi. Noto'g'ri cho'ktirishda mayda kristallik cho'kmalar hosil bo'lib qolishi mumkin, mayda kristallar filtrdan o'tib ketadi, shuningdek, cho'kmaning ifloslanishiga sababchi bo'lishi mumkin.

Gravimetrik analizda aniqlanadigan moddaning tortimini olib, suvda yoki biror boshqa erituvchida eritiladi va aniqlanadigan element reaktiv ta'sirida kam eruvchan birikma holida cho'ktiriladi, *cho'ktiriladigan shakl*. Hosil bo'lgan cho'kma filtrlash yo'li bilan ajratib olinadi, yuviladi, quritiladi, qizdiriladi, xona haroratigacha sovutiladi va nihoyat tarozida tortiladi, *tortma* yoki *gravimetrik shakl*. So'ngra tekshirilayotgan modda tarkibini elementning foiz miqdori hisoblab tortiladi.

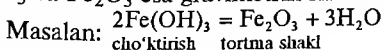
Analiz qilinadigan moddaning tarozida tortib olingan qismi-ni biror usul bilan eritmaga o'tkaziladi, so'ngra aniqlanayotgan element biror qiyin eriydigan birikma tarzida cho'ktiriladi (yoki erkin holda ajratib olinadi). Hosil qilingan cho'kma filtrlab olinadi, yaxshilab yuviladi, qizdiriladi (yoki quritiladi) va aniq tortiladi.

Analiz vaqtida ko'pchilik cho'kmalar kimyoviy o'zgarishlarga uchraydi. Natijada, ko'pincha, cho'ktirilgan birikmani emas, balki qandaydir boshqa birikmani tarozida tortiladi. Shu sababli analizda og'irlik analizda cho'ktiriladigan forma va tortiladigan forma bo'ladi.

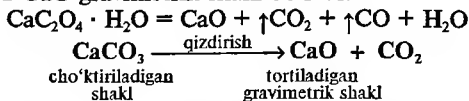
Tegishli reaktiv ta'sirida eritmadan ajratilgan modda cho'ktiriladigan shakl deyiladi.

Analizning oxirgi natijasini olish uchun tarozida tortiladigan birikma tortiladigan yoki gravimetrik shakl deyiladi. Masalan: Fe^{+3} va Al^{+3} ni aniqlashda analiz qilinayotgan eritmaga NH_4OH ta'sir ettirilganda hosil bo'ladigan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ va $\text{Al}(\text{OH})_3$ gidroksidlar gravimetrik yoki cho'ktiriladigan shakl

bo'ladi. Ularni qizdirilganda hosil bo'ladigan suvsiz oksidlar Al_2O_3 va Fe_2O_3 esa gravimetrik shakl bo'ladi.



Ca^{+2} ni aniqlashda kalsiy oksalan $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ cho'ktiriladigan forma bo'lib, uni qizdirilgan vaqtda hosil bo'ladigan kalsiy oksid CaO gravimetrik shakl bo'ladi.



Ayrim hollarda cho'ktiriladigan va gravimetrik shakl bir xil birikma bo'lishi mumkin. Masalan, Ba^{+2} ionini va SO_4^{2-} ionini eritmadan cho'ktiriladi va qizdirilgan vaqtda kimyoviy jihatdan o'zgarmaydi, va $SO_4 \downarrow$ holida tortiladi.

Cho'ktiriladigan shaklga qo'yiladigan talablar:

1) cho'ktiriladigan shakl nihoyatda kam eriydigan bo'lishi kerak, aks holda aniqlanayotgan ion (element)ni amalda to'la cho'ktirish mumkin emas. Eruvchanlik ko'paytmasi $1 \cdot 10^{-7} - 10^{-8} \text{ mol/l}$ dan oshmasligi kerak.

2) cho'kmaning strukturasi mumkin qadar tezlik bilan filtlashga begona qo'shimchalarni tozalab yuvishga imkon berish kerak. Iloji boricha yirik kristall holida bo'lishi kerak.

3) cho'ktiriladigan shakl tortiladigan (gravimetrik) shaklga yetarli darajada oson va to'la o'tishi zarur.

Gravimetrik (tortma) shaklga qo'yiladigan talablar:

1) gravimetrik forma, albatta, o'zini tarkibi kimyoviy formulaga to'la mos kelishi lozim.

2) gravimetrik shakl kimyoviy jihatdan yetarli darajada barqaror bo'lishi kerak. Agar tortiladigan shakl masalan, havodan suv bug'lari va CO_2 ni o'ziga yutishi, oksidlanishi (qaytarilishi) yuqori temperaturada parchalanishi o'z tarkibini osonlik bilan o'zgartirsa, unda xato natija chiqadi.

3) gravimetrik shaklda aniqlanayotgan elementning miqdori mumkin qadar kam bo'lgani yaxshi, chunki bunda aniqlash xatolari (tortishdan xatolar, cho'kmaning erishi yoki filtrga to'la o'tkazmasligi natijasida kamayishi) analizning oxirgi natijasiga kam ta'sir etadi.

Cho'ktiruvchi reagentga qo'yiladigan talablar:

1) Cho'ktiruvchi reagent tekshirilayotgan komponent bilan eruvchanligi juda kichik bo'lgan cho'kma hosil qila olishi lozim. Masalan, olaylik, kalsiy ionini cho'ktirish kerak bo'lsin. Uni miqdoriy aniqlashda kalsiyning boshqa tuzlariga nisbatan qiyin eruvchan kalsiy oksolat CaC_2O_4 holida cho'ktirish aniq natijalar beradi.

2) cho'ktiruvchi reagent uchuvchan bo'lishi maqsadga muvofiq bo'ladi. Hosil bo'ladigan cho'kma eritmadagi bo'lgan begona ionlar tomonidan, shu jumladan, cho'ktiruvchi ionlari tomonidan ifloslantirilishi mumkin. Bu ionlari yuvib yo'qotishga to'g'ri keladi, lekin yuvish orqali to'liq yo'qotib bo'lmaydi, qizdirilganda esa qolgan qismi uchib ketadi.

3) tanlab olingan cho'ktiruvchi reagent o'ziga xos (selektiv) bo'lishi, ya'ni cho'ktiriladigan ionga ta'sir etib, boshqa ionlar bilan ta'sirlashmasligi kerak.

Analiz vaqtida hosil bo'ladigan cho'kmalar eritmadan begona moddalarni yoki ionlar doimo o'zi bilan cho'kmaga olib tushadi. Cho'ktiruvchining ionlari ham shular qatoriga kiradi va ulardan cho'kmani yuvib tozalanadi. Cho'kmani doimo toza yuvib bo'lmaydi, shuning uchun cho'ktiruvchining uchuvchan modda bo'lishi foydalidir, chunki yuvish vaqtida cho'ktiruvchining yuvilib ketmagan qismi, cho'kmani qizdirilganda uchib ketadi. Aytilganlarni hisobga olib, Fe^{+3} ionini KON yoki NaOH emas, balki NH_4OH ta'sirida cho'ktiriladi; Ba^{+2} ionini Na_2SO_4 yoki K_2SO_4 balki N_2SO_4 ta'sirida cho'ktiriladi.

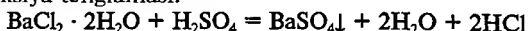
Ko'p tajribalar asosida amaliyotda aniqlanishi bo'yicha cho'kmaning massasi — kristall cho'kmalar 0,5 g atrofida, amorf cho'kmalarning massasi 0,2–0,3 g atrofida bo'lishi maqsadga muvofiq. Masalan, bariy xlorid kristallogidrat $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tarkibdagi bariyini % miqdorini aniqlash kerak bo'lsin. Tekshiriladigan $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning tortimining massasi quyidagicha hisoblash mumkin.

233,43 g BaSO_4 olish uchun	244,31 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
0,5 g BaSO_4 olish uchun	g g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$g_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,5 \cdot 244,31}{233,43} = 0,52 \text{ g}$$

Bariy xlorid kristallogidratining tortimi 0,5–0,6 g atrofida bo'lishi mumkin, o'z-o'zidan ravshanki, tortib olinuvchi moddani massasi to'rtinchi belgigacha ma'lum bo'lishi lozim. Olaylik, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning olingan tortimi 0,5234 g bo'lsin. Bu massadan kelib chiqib, cho'ktiruvchi reagentning zarur miqdorini hisoblash qiyin emas:

Reaksiya tenglamasi:



bo'yicha

244,31 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ uchun 98,06 g H_2SO_4 sarf bo'ladi

0,5234 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ uchun g g H_2SO_4 sarf bo'ladi.

$$g_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,5234 \cdot 98,06}{244,31} = 0,2101 \text{ g}$$

Sulfat kislota ning massasidan uning eritmasi hajmiga o'tamiz. Laboratoriyada H_2SO_4 ning 2N eritmasi bor bo'lsa, bu eritmaning qancha hajmida 0,2101 g sulfat kislota borligini hisoblab topamiz.

98,06 g H_2SO_4 2N eritmaning 1000 ml da bo'ladi.

0,2101 g H_2SO_4 2N eritmaning V ml da bo'ladi.

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,2101 \cdot 1000}{98,06} = 2 \text{ ml}$$

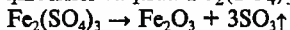
Shunday qilib, 0,5234 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan bariyni cho'ktirish uchun sulfat kislota ning 2N eritmasidan 2 ml kerak bo'ladi. Nazariy hisoblangan bu hajmdagi H_2SO_4 bariy ionlarini to'liq cho'ktirish yetarli bo'lmaydi. Absolyut erimaydigan moddalar mavjud bo'lmaganligi sababli, bariy sulfat BaSO_4 cho'kmasi ustida eritmadagi cho'ktirilgan Ba^{2+} ionlari ma'lum miqdorda bo'ladi. Binobarin, eritmada qolgan Ba^{2+} ionlari konsentratsiyasini kamaytirish va ularni cho'ktirish uchun SO_4^{2-} anionlari konsentratsiyasini oshirish, ya'ni ortiqcha cho'ktiruvchi H_2SO_4 ta'sir ettirish kerak. Tajriba yo'li bilan ionni to'liq cho'ktirish uchun cho'ktiruvchi reagentdan bir yarim barobar ortiqcha miqdor kerak bo'lishi aniqlangan. Yuqoridagi ko'rib chiqilgan holatda bariy ionini to'liq cho'ktirishi uchun H_2SO_4 2N eritmasidan 2 ml emas, balki 3 ml kerak bo'ladi. Cho'ktiruvchi reagentdan ko'p ortiqcha qo'shish kompleks birikmalar, nordon tuzlar hosil bo'lishi va boshqalar hisobiga cho'kmaning eruvchanligi oshishiga olib keladi.

Cho'kma hosil bo'lish jarayoni murakkab fizik-kimyoviy jarayon bo'lib, hosil bo'ladigan cho'kmalar kristall va amorf holida bo'lishi mumkin. Cho'ktirilayotgan birikmalar, o'zi cho'ktirilayotgan muhitda amalda erimasligi kerak, shundagina tekshiriladigan moddani eritmadan cho'kmaga miqdoran o'tkazish mumkin.

Eritmada cho'kma hosil bo'lishi turli jarayonlarni birga yo'nalishi bilan murakkablashadi. Hosil qilinadigan cho'kmalarining ifloslanishi birgalashib cho'kish hisobiga bo'ladi.

11.4. Birgalashib cho'kish holatlari (absorsiya, okkluziya)

Analiz qilinayotgan, tushadigan cho'kma, eritmadan har xil begona qo'shimchalarni, ko'pincha, ayrim holda o'zi yaxshi eriydigan qo'shimchalarni, o'zi bilan birga cho'kmaga olib tushish mumkin. Masalan, tarkibida bariy xlorid bilan temir xlorid aralashmasi bo'lgan eritmaga sulfat kislota ta'sir ettirilsa, faqat bariy sulfat cho'kmaga tushadi deb o'ylash mumkin, lekin hosil bo'lishi ehtimoli bor ikkinchi tuz $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ qisman eriydi. Qisman bu tuz ham oz miqdorda cho'kadi. Agar tushgan cho'kmani filtrlab olinsa, yuvilsa, qizdirilsa, bunga ion hosil qilish mumkin. Bu vaqtda cho'kmaning rangi toza oq (BaSO_4 ning rangi) bo'lmasdan qizdirish vaqtida $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ tuz parchalanadi.



Natijada hosil bo'lgan temir (III) oksidining jigar rang tusiga kiradi. Ayni sharoitda ishlatilayotgan reaktiv bilan cho'kma bermoymagan begona moddalarning cho'ktirilayotgan birikma bilan birgalashib cho'kmaga tushish, birgalashib cho'kish deb ataladi.

Birga cho'kish analitik kimyoda juda katta ahamiyatga ega. Avvalo u tortma analizda xatoning asosiy manbalaridan biri hisoblanadi. Chunki tarkibida begona aralashmalar bo'lgan cho'kma (tortiladigan yoki gravimetrik shakl) toza modda bo'lmaydi va aniq formulaga javob bermaydi.

Tortiladigan moddaning formulasini aniq bilmay turib, aniqlanadigan elementning miqdorini to'g'ri hisoblash mumkin emas. Shuning uchun analitik gravimetrik analizda begona qo'-

shimchalarning shu bilan cho'ktiruvchining ham cho'kma bilan birga cho'kishini kamaytirish uchun zarur choralar ko'rish kerak. Lekin bir cho'kish analizda juda yaxshi, ijobiy rol o'ynashi mumkin. Analitik tajribada, aniqlanayotgan komponentning eritmadagi konsentratsiyasi juda kam bo'lib, uni normal cho'ktirish mumkin bo'lmaydigan hollar ham ancha ko'p uchraydi. Bunday paytlarda aniqlanayotgan mikrokomponentni (ya'ni juda kam konsentratsiyali tarkibiy qism) biror mos kollektor (o'zi bilan cho'kmaga olib tushadigan modda) bilan birga cho'ktirish mumkin.

Masalan, suvni analitik analiz qilishda uning tarkibidagi qo'rg'oshinning miqdorini aniqlash juda katta ahamiyatga ega. Lekin suvda Pb^{+2} ionlarining konsentratsiyasi shunchalik kamki, uning birikmalar orasida eng kam eriydigan PbS ning eruvchanlik ko'paytmasiga yetmaydi.

Biroz mos kollektor bilan birga cho'ktirib mikrokomponentlarning konsentratsiyasini ancha tez va osonlik bilan oshirish mumkin. Ayni holda, tekshirilayotgan suvga Na_2CO_3 eritmasi qo'shilganda, hosil bo'ladigan $CaCO_3$ cho'kmasi kollektor vazifasini o'taydi. $CaCO_3$ bilan suvdagi Pb^{+2} ionlarining amalda hammasi birga cho'kadi. Agar hosil bo'lgan cho'kmaga ozgina qismiga HCl yoki CH_3COOH ta'sir ettirilsa cho'kma erib, eritmada Pb^{+2} ionlarining konsentratsiyasi, dastlab olingan suvdagiga qaraganda, ming yoki bir necha o'n ming marta ortib boradi. Endi bu eritmadan Pb^{+2} ni aniqlash qiyin emas.

Mikrokomponentlarni kollektor bilan cho'ktirish usulidan analizda ko'p foydalaniladi.

Birga cho'ktirish analizi reaksiyalarning sezuvchanligini yoki spetsifikligini oshirish, cho'ktirish sharoitlarini yaxshilash, analizda halaqit beruvchi moddalarni yo'qotishda foydalaniladi.

Analitik kimyoda birga cho'kkan qo'shimchalar cho'kma zarralarining sirtida yoki ichida joylashishiga qarab, birga cho'kish ikki guruhga bo'linadi. Shunga binoan sirtqi adsorbsiya va okklyuziyani bir-biridan farqlash kerak.

Okklyuziya. Okklyuziya sirtqi adsorbsiyadan shu bilan farqlanadiki, cho'kma bilan birga cho'kkan begona qo'shimchalar cho'kma zarrachalarining sirtida emas ichida joylashgan. Shuning uchun okklyuziyalangan qo'shimchalarni cho'kmani yuvish

bilan yo'qotib bo'lmaydi. Ularni eritmaga o'tkazish uchun cho'kmaning hammasini eritish zarur. Okklyuziya turli xil sabablar, chunonchi: ichki adsorbsiya, aralash kristallarning hosil bo'lishi va nihoyat cho'kma va birga cho'kkan qo'shimchalar orasida kimyoviy birikmalarni hosil bo'lishi natijasida vujudga kelishi mumkin.

Ichki adsorbsiya — kimyoviy analiz vaqtida eritmaga tayyor holda tushirilmaydi, balki cho'ktiruvchini qo'sha borish davomida hosil bo'ladi. Bunda, avvalo, juda mayda boshlang'ich kristallar hosil bo'ladi, Ular sekin-asta kattalashib boradi va kristallarning sirti moddaning yangi qavatlarini o'tishi natijasida yangilab turiladi. Shu bilan birga kristallarning doimiy yangilab turadigan sirti eritmada hamma vaqt turli xil begona qo'shimchalarni adsorbsiyalab turiladi. Kristallning yiriklashish jarayonida cho'kmaning kristall panjalari tarkibiga kiruvchi ionlar begona qo'shimchalarni sekin-asta siqib chiqaradi. Lekin, odatda, bu qo'shimchalar yetarli darajada to'la siqib chiqarilmaydi. Cho'ktirish sharoitiga qarab zarrachalar sirtida dastlab joylashib olgan begona qo'shimchalarning oz yoki ko'p qismi zarracha sirtiga o'tirayotgan yangi qavatlar tagida qolib ketib, eritmadan ajralib qoladi. Dastlab, adsorbsiyalangan moddaning kristalligini o'sish vaqtida, uning ichida kelib ketishi ichki adsorbsiya — okklyuziya, deb ataladi.

Sirtqi adsorbsiya. Modda sirtida joylashgan ion yoki molekular, moddaning ichida joylashgan zarrachalarga qaraganda boshqacha sharoitda bo'ladi. Ichki adsorbsiya — ichki tomonidan zarrachalar qo'shni zarrachalar bilan hamma tomonidan bog'langan bo'lib, ular orasida ta'sir etuvchi kuchlar o'zaro muvozanatda bo'ladi, sirtqi qavatdagi zarrachalar esa, faqat ichki tomonga yo'nalgan va sirt tekisligidan ta'sir kuchlarigina muvozanatda bo'ladi. Shuning uchun zarrachalar sirtida erkin kuch maydoni paydo bo'ladi va zarrachalar erigan modda yoki gazlarning ionlarini yoki molekullarni o'ziga tortib olishi mumkin. Sirtqi adsorbsiya hosil bo'lgan kristallardan yuvilishi bilan tozalanadi.

Yirik kristall va toza cho'kma hosil bo'lishi gravimetrik analizda aniq natijalar olish imkoniyatini yaratadi. Yirik kristall cho'kmalar mayda kristall va amorf cho'kmalarga nisbatan

ancha toza bo'ladi, chunki uning yuzasi kamroq bo'lib, begona ionlarni kam absorbsiyalaydi. Yirik kristall cho'kmalar oson filtrlanadi. Mayda kristallar cho'kmalar filtr qog'ozi teshikchalardan o'tib, bu teshikchalarni berkitib qo'yishi va filtrlanishi tezligini juda kamaytirib yuborishi mumkin.

Kristall cho'kmalarining hosil bo'lish shart-sharoitlari:

1. Cho'ktirishni yetarli darajada suyultirilgan eritmadan cho'ktiruvchining ham suyultirilgan eritmasini qo'shish kerak.

1. Cho'ktiruvchini juda sekin, tomchilab (ayniqsa cho'kishining boshlanishida) qo'shish kerak.

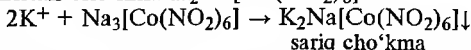
3. Cho'ktiruvchi qo'shilganda eritmaning cho'ktiruvchi qo'shilayotgan qismi juda o'ta to'yinib ketmasligi uchun eritmani doimo shisha tayoqcha bilan aralashtirish kerak.

4. Albatta, ham cho'ktiruvchi modda, ham cho'ktiruvchi reagent issiq holda bo'lishi shart.

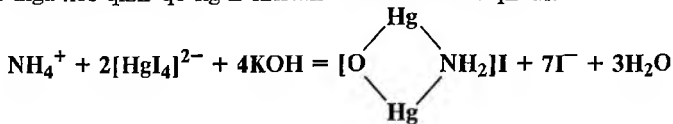
5. Kristall hosil bo'lishi uchun cho'ktirilgan modda albatta 24 soatga qoldiriladi, kristallizatsiya to'la o'tishi uchun (mayda kristallari erib, kristallar yiriklashadi).

Reaksiya natijasida hosil bo'lgan kristall cho'kmalarni hosil bo'lishi:

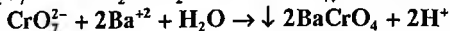
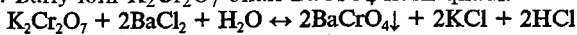
1. Kaliy tuzlari $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ geksakobaltinitrit natriy bilan sariq kristall cho'kma $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$.



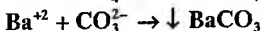
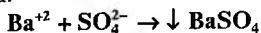
2. Ammoniy tuzlari reaktiv Nessler bilan $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$ o'ziga xos qizil-qo'ng'ir kristall cho'kish hosil qiladi.



3. Bariy ionni $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bilan BaCrO_4 hosil qiladi.



Bariy ionni Ba^{+2} karbonat yoki sulfat amini bilan oq kristall cho'kma hosil qiladi:



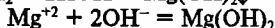
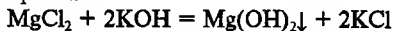
Cho'ktirish jarayonida amorf cho'kmalar ham hosil bo'ladi. Amorf cho'kmalarning hosil bo'lishi jarayoni boshqacha bo'ladi. Cho'ktiruvchining har bir qismini qo'shish, suyuqlik ichida juda ko'p miqdordagi mayda boshlang'ich kristallarning hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Bu mayda zarrachalar ularning sirtiga keyingi hosil mayda kristallar o'tirishi natijasida kattalashmasdan, o'zaro birikib yirik agregatlar hosil qilish natijasida kattalashadi va og'irlik kuchi ta'sirida idish tubiga cho'kadi. Boshqacha aytganda, bu holda dastlab hosil bo'lgan kolloid eritma koagulyatsiyaga uchraydi. Hosil bo'lgan amorf cho'kmalarning umumiy sathi juda katta bo'ladi va shuning uchun ular eritmada har xil begona moddalarni o'ziga yirik kristall cho'kmalarga nisbatan ancha ko'proq adsorbsiyalaydi. Amorf cho'kmalarni biror qulay elektrolit — koagulyator ishtirokida cho'ktirish kerak. Koagulyator sifatida, odatda, ammoniy tuzlari yoki kislotalar (ularning ishtirokida cho'kmaning eruvchanligi oshib ketmasa) ishlatiladi.

Amorf cho'kmalarni cho'ktirish shart-sharoitlari:

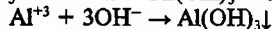
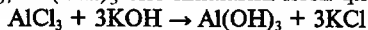
1. Cho'ktirish faqat konsentrlangan eritmalar bilan olib boriladi.
2. Cho'ktirishni suv hammomida isitish bilan olib boriladi.
3. Cho'ktiruvchi reagentning konsentrlangan eritmasi ishlatib, uni tez qo'shiladi.
4. Amorf cho'kma hosil bo'lgach, uni issiq holda tinch qoldirmay tez filtrlanadi.

Amorf cho'kmalarni hosil bo'lishi:

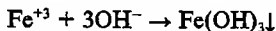
1. Mg^{+2} kationi uchuvchi ishqorlar bilan amorf oq rangli cho'kma hosil qiladi:



2. O'yuvchi ishqorlar bilan NaOH, KOH Fe^{+3} va Al^{+3} oq amorf $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ cho'kmalarini hosil qiladilar.



3. $FeCl_3 + 3KOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3KCl$
yoki



qizil-qo'ng'ir rangli temir gidrooksid

Amorf va kristall cho'kmalar hosil bo'lgach, ularni filtrlab ajratishdan oldin tekshirilayotgan komponentning to'liq cho'kkanligini aniqlash zarur. Cho'kma ustidagi eritma tiniq bo'lgandan keyin cho'kmani loyqatmay, stakan devori bo'ylab 2–3 tomchi cho'ktiruvchi reagent eritmasi tomiziladi. Tomchi tushayotgan joyda eritma loyqalanmasa komponent to'liq cho'kkan bo'ladi.

11.5. Cho'kmalarni eritmadan ajratish va yuvish

Cho'kmalarni filtrlash, eritmadan ajratish va yuvish eng ahamiyatli va mas'uliyatli jarayonlardan bo'lib, analiz natijasi bularni qanchalik diqqat bilan bajarishga ma'lum darajada bog'liq bo'ladi.

Cho'kma zarrachalarining katta-kichikligiga qarab, ularni ajratishda zichligi har xil bo'lgan kulsiz filtrlar ishlatiladi. Masalan, ayniqsa qiyin filtrlanadigan iviqsimon amorf cho'kmalarni ajratishda zichligi eng kam bo'lgan va oson filtrlanadigan filtrlar ishlatiladi. Bunday filtrlar pachkasiga qizil yoki qora qog'oz lenta belbog'ga o'xshatib bog'lab qo'yiladi (bir-biridan farqlash uchun). Ko'pchilik cho'kmalarni filtrlash uchun zichligi o'rtacha bo'lgan filtrlar (oq lenta) ishlatish mumkin va nihoyat zararlari juda ham mayda bo'lgan BaSO_4 yoki CaC_2O_4 kabi cho'kmalarni filtrlashda «bariyli filtr» deb ataladigan eng zich filtrlar (ko'k lenta) ishlatiladi.

Filtrlashni boshlashdan oldin filtrning katta-kichikligini to'g'ri tanlash juda muhimdir. Filtrni filtrlanadigan suyuqlikning hajmiga qarab emas, balki cho'kmaning miqdoriga qarab tanlash kerak.

Cho'kmani yuvishdan maqsad uning sirtiga adsorbsiyalangan begona qo'shimchalarni va cho'kmaga shimilgan bosh eritmani yo'qotishdir. Adsorbsiyalangan qo'shimchalar eritmada tegishli manbalar bilan muvozanatda bo'ladi. Shuning uchun cho'kmani yuvishda bu eritmani tarkibida eritmadagi ionlar bo'lgan toza suv (yoki birorta boshqa yutuvchi suyuqlik) bilan almashtirilganda begona qo'shimchalarning desorbsiyalanish jarayoni adsorbsiyalanishga nisbatan tez ketadi. Natijada cho'k-

ma adsorbsiyalangan qo'shimchalardan yuvish davomida asta-sekin tozalanadi.

Yuvuvchi suyuqliklarning tarkibi

Cho'kmalarni yuvishda qanday suyuqlik bilan yuvish kerakligi muhim ahamiyatga ega.

1. Cho'kmalarni cho'ktiruvchining eritmasi bilan yuvish.

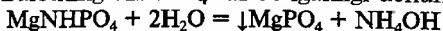
Maxsus choralar ko'rilmaganda, yuvish vaqtida eruvchanligi tufayli cho'kmaning yo'qolishi ko'pincha tortishda yo'l qo'yiladigan xatodan ortib ketadi. Bunday hollarda yuvish uchun ishlatiladigan suyuqlikka cho'ktiruvchi ion qo'shish zarur. Masalan, cho'kmani cho'ktiruvchining suyultirilgan eritmasi bilan yuvish kerak. Ionlar konsentratsiyasi ko'paytmasi o'zgarmas bo'lishi sababli eritmada cho'ktiruvchi ion konsentratsiyasining ortishi, cho'kmaning eruvchanligini e'tiborga olmaslik mumkin bo'lgan qiymatgacha kamaytiradi. Qo'shilayotgan cho'ktiruvchi ion (yoki tarkibida cho'ktiruvchi ion bo'lgan biror boshqa elektrolit), albatta, uchuvchan modda bo'lishi va uning cho'kmada qolgan qismi cho'kma qizdirilganda batamom uchib ketishi kerak.

Elektrolit eritmasi bilan yuvish

Ko'pchilik cho'kmalarni toza suvda yuvilganda cho'kma peptizatsiyaga uchraydi, ya'ni u kolloid eritma holiga o'tadi va natijada cho'kmaning bir qismi filtdan o'tib ketadi. Bu hol bo'lmasligi uchun cho'ktirish vaqtida elektrolit, koagulyator qo'shiladi. Agar qo'shilmasa, natijada, yirik agregatlar qaytadan filtr teshigidan oson o'tib ketadigan mayda kolloid zarrachalariga parchalanib ketadi. Bunday hodisaga yo'l qo'ymaslik uchun cho'kmani toza suv bilan, balki biror elektrolitning suyultirilgan eritmasi bilan yuvish kerak. Bu vaqtda cho'kmadan chiqarib yuborayotgan adsorbsiyalangan ionlar o'rniga, yuvish uchun ishlatilayotgan elektrolitning ionlari kelib o'tiradi, ya'ni almashinish adsorbsiyasi vujudga keladi. Shunday qilib cho'kmaning peptizatsiyalanishga yo'l qo'yilmaydi. Ishlatilayotgan elektrolit uchuvchan modda bo'lishi va cho'kmani qizdirilganda batamom uchib ketishi kerak.

Cho'kmani gizrolizlanishga yo'l qo'ymaydigan moddalar bilan yuvish.

Cho'kma ba'zan toza suvda yuvilganda ularlar gidrolizga uchraydi, buning natijasida cho'kmaning eruvchanligi ortishi yoki uning tortiladigan formasi aniq kimyoviy formulaga javob bermasligi mumkin. Bunga yo'l qo'ymaslik uchun cho'kma uning gidrolizlanishiga yo'l qo'ymaydigan modda eritmasi bilan yuviladi. Masalan, MgNHPO_4 cho'kmasi gidrolizda hosil bo'ladigan mahsulotning biri NH_4OH bo'lganligi uchun



Cho'kmani ammiakning suyultirilgan eritmasi bilan yuviladi.

Suv bilan yuvish

Cho'kmaning eruvchanligi tufayli yo'qolishi, kolloid eritmalarini hosil bo'lishi va gidrolizlanish xavfli bo'lmagan hollarda cho'kma distillangan suv bilan yuviladi.

Cho'kma toza suv bilan yuvilganda kolloid eritmalar hosil bo'lishi yoki gidroliz tufayli uning bir qismi yo'qolishi mumkin. Cho'kmaning eruvchanligini kamaytirish maqsadida, tarkibida cho'ktiruvchi ion bo'lgan elektrolit koagulyator qo'shilgan suv bilan yuviladi. Masalan, CaC_2O_4 cho'kmani suvda sezilarli darajada eriydi, shuning uchun cho'kmani yuvishda cho'ktiruvchi reaktiv $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ning suyultiriladigan eritmasidan foydalaniladi.

Cho'kmani yuvishda uning eruvchanligi tufayli yo'qolgan qismini hisoblashga doir bir necha misol keltiramiz.

1-misol. 0,1 g CaC_2O_4 cho'kmani 200 ml suv bilan yuvilganda cho'kmaning eruvchanligi tufayli yo'qolgan miqdori topilsin.

Yechish. Avvalo, CaC_2O_4 ($EK = 2,6 \cdot 10^{-9}$) molning 1 l suvda mol erishini hisoblab topamiz.

Uni «X» orqali belgilasak:

$$EK_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = [\text{Ca}^{++}] \cdot [\text{C}_2\text{O}_4^{--}] = 2,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

$$[\text{Ca}^{++}] = X; [\text{C}_2\text{O}_4^{--}] = X; [\text{C}_2\text{O}_4^{--}] = X^2$$

$$EK_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = [\text{Ca}^{++}] \cdot [\text{C}_2\text{O}_4^{--}] = X^2 = 2,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

bo'ladi.

$$\text{Bundan, } X = \sqrt{2,6 \cdot 10^{-9}} = 5,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Demak, 200 ml suvda $5,1 \cdot 10^{-8} \cdot 128 \cdot 0,2 = 0,0013 \text{ g}$ CaC_2O_4 eriydi.

Yuvish vaqtida cho'kma erishi natijasida qilingan xatoning foiz miqdorini topish uchun proporsiya tuzamiz.

Berilgan 0,1 g CaC_2O_4 cho'kishi 100 %

Erigan miqdori 0,0013 g — x %

$$X = \frac{0,0013 \cdot 100}{0,1} = 1,3 \%$$

Ya'ni, 1,3 % CaC_2O_4 cho'kmasi yuvilganda yo'qotiladi.

2-misol. Agar 1-misoldagi 0,1 g CaC_2O_4 cho'kmasi suv bilan emas, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ning 200 ml 0,01 M eritmasi bilan yuvilsa, cho'kmaning eruvchanligi tufayli yo'qolgan miqdori qancha bo'ladi?

Yechish. Avvalgidek, CaC_2O_4 ning 1 l erigan miqdorini (mollar miqdorini) «X» bilan belgilasak:

$$[\text{Ca}^{++}] = X; [\text{C}_2\text{O}_4^{--}] = 0,01 + X$$

deb yozish mumkin.

X ning qiymati 0,01 ga qaraganda kichik bo'lgani uchun uni e'tiborga olmaslik mumkin. U holda:

$$[\text{Ca}^{++}] \cdot [\text{C}_2\text{O}_4] = X - 0,01 = 2 \cdot 6 \cdot 10^{-9} \cdot 0,01 = 2,6 \cdot 10^{-7}$$

bundan, eruvchanligi tufayli cho'kmaning yo'qolgan qismi

a) gramm hisobida:

$$2,6 \cdot 10^{-7} \cdot 128 \cdot 0,2 = 0,0000067 \text{ g}$$

b) foiz hisobida:

$$y = \frac{0,0000067 \cdot 100}{0,1} = 0,0067 \%$$

(128 g — CaC_2O_4 ning molekulyar massasidir).

11.6. Cho'kmalarni filtrlash va qizdirish

Cho'kmalarni filtrlash va yuvish eng ahamiyatli jarayondir. Tortma gravimetrik analizda asosan kulsiz filtrlar ishlatiladi. Diametri 67,9 va 11 sm zichligida filtr qog'ozlarni zichligini farqlash uchun ular zichligiga mos ravishda turli rangda qog'oz bilan o'ralgan bo'ladi.

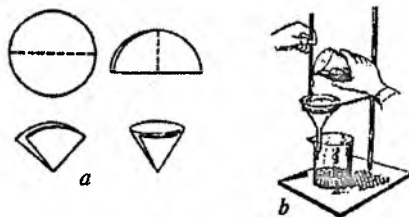
Filtrlashni boshlashdan oldin cho'kma miqdori va uning qanday (amorf, kristall) cho'kmaligiga qarab tegishli o'lcham va

zichlikdagi filtr qog'oz tanlanadi. Cho'kma miqdori filtr qog'ozning yarmidan kam hajmini egallaydigan bo'lishi kerak, bu cho'kmani yuvishni osonlashtiradi. Tanlangan filtr qog'ozni buklanib, burchagi 60° bo'lgan voronka devorlariga zich tegib turadigan qilib joylashtiriladi. Joylashtirilgan filtr qog'ozni voronkaning chetidan 5–15 mm pastda turishi lozim. Shundan so'ng filtr qog'ozni distillangan suv bilan ho'llanadi, ho'llangan filtr qog'ozni voronkaning ichki devoriga zich yopishib turadi.

Namlangan filtr qog'ozli voronka shtativning kichik halqasiga o'rnatiladi va tagiga filtratni yig'ish uchun toza stakan qo'yiladi. Voronkaning qiya uchi stakan devoriga tegib turishi kerak. Filtrlashdan oldin cho'kmali stakaning tumshug'iga tashqi tomonidan ozgina vazelin surtilsa, filtrlanadigan suyuqlik stakanining tashqi devoriga oqib tushmaydi.

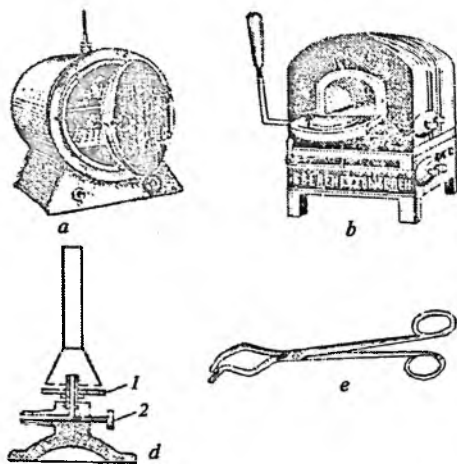
Filtrlash, cho'kma ustidagi suyuqlikni cho'kmani loyqalatmasdan (dekantatsiyalash) shisha tayoqcha orqali filtr qog'ozga quyishdan boshlanadi (31-rasm).

Filtrlanuvchi suyuqlikni filtr qog'ozni chetiga 4–5 mm yetar-yetmas qilib quyiladi; so'ng cho'kma ustiga suyuqlik quyiladi, shisha tayoqcha bilan aralashtiriladi, tindirilgan suyuqlik filtrga o'tkaziladi. Bunday dekantatsiyalashni 3 marta takrorlanadi va faqat keyingina cho'kma filtr qog'ozdan o'tkaziladi. Buning uchun yuvuvchi suyuqlikning oz ulushlari bilan cho'kma loyqalatiladi va filtr qog'ozga quyiladi. Stakan devoriga yopishib qolgan cho'kma zarrachalari yuvgich yordamida filtrga yuvib tushiriladi. Shisha tayoqchaga yopishib qolgan cho'kma zarrachalari filtr qog'ozni bo'lagi bilan artib olinadi va u filtrga joylashtiriladi.



31-rasm. Kulsiz filtr qog'ozni buklash (a) va cho'kmani filtrlash (b)

Shundan keyin, filtr qog'ozdagi cho'kmani yuvishga kirishiladi. Yuvilgan cho'kmani voronkaning usti distillangan suvda namlangan filtr qog'oz bilan bektiladi. Qog'ozning ustidan bosib, uning voronka chetidan chiqib qolgan uchlarini qirqib tashlanadi. Shunday qilinganda cho'kmani changdan, havoning harakatidan va boshqalardan zich qopqoq hosil bo'ladi. Voronkani shu holda 20–30 daqiqa quritish shkafiga (32- *a* rasm) qo'yiladi temperaturasi 90–105° atrofida bo'lishi kerak. Undan keyin cho'kmani chinni yoki platina tigellarda qizdiriladi. Oldin tigelni doimiy og'irlikka kelguncha, ya'ni og'irligi o'zgarmay qolguncha qizdiriladi. Cho'kmani qanday sharoitda qizdirilsa, tigelni ham shunday sharoitda qizdiriladi, mufel pechida (32- *b* rasm) yoki gaz gorelkasida (32- *d* rasm) 15–20 daqiqa qizdirilgach, gorelkani chetga olib qo'yib, qizigan tigelni tigel qisqichi bilan olib (32- *e* rasm), 1–2 daqiqa sovutiladi va so'ngra, havodan suv bug'larini yutib, og'irligi oshmasligi, uchun eksikatorga qo'yib sovutiladi.



32-rasm. *a* – quritish shkafi; *b* – mufel pech; *c* – gaz gorelkasi;
1 – havo oqimini boshqarish; *2* – gaz kelishini boshqarish;
d – tigel qisqich.

Bunda eksikator qopqog'ini yon tomonga siljitib (yuqoriga ko'tarish yaramaydi) ochiladi va tigel qisqich yordamida tigelni eksikator ichiga qo'yiladi.

Tigel harorati tarozi haroratiga kelishi va tortilganda to'g'ri natija olish uchun tigel solingan eksikatorni 20–25 daqiqa chamasi tarozi turgan xonaga qo'yib qo'yish kerak.

Tigelni tortib, og'irligi yozib olingach, qaytadan qizdiriladi, eksikatorda sovutiladi va yana tortiladi. Ikkinchi marta tortilganda tigelning og'irligi birinchi tortilgandagiga qaraganda 0,0002 g dan ortiq qilmasa, tigel doimiy og'irlikka keldi, deb hisoblash mumkin. Aks holda, qizdirish va tortish yana davom ettiriladi va hokazo.

Qayta tortilgandagi hamma natijalar bir xil bo'lgan chog'da ham ularni, albatta, laboratoriya jurnaliga yozib qo'yish kerak.

11.7. Gravimetrik analiz natijalarini hisoblash

Analiz cho'ktirish usuli bilan olib borilganda, odatda, miqdori aniqlanishi kerak bo'lgan, moddaning o'zini emas, balki, unga ekvivalent bo'lgan, ikkinchi moddani – tortiladigan gravimetrik formani tarozida tortiladi. Masalan, bariy xlorid tarkibidagi bariy miqdorini aniqlashda, elementar bariyni emas, balki analizda olinadigan uning birikmasi BaSO_4 tortiladi. Xuddi shuningdek, kalsiyni aniqlashda CaO , magniyni aniqlashda $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$, xlor ionini aniqlashda AgCl tortiladi va hokazo.

Gravimetrik formaning topilgan miqdori (doimiy og'irlikka keltirilgan cho'kmali tigel va bo'sh tigel og'irliklarining farqi) aniqlanayotgan moddaning qancha miqdoriga to'g'ri kelishi analiz oxirida hisoblab topiladi.

Barcha hisoblashlarda proporsiya tuziladi. Uni umumiy holda quyidagicha ko'rsatish mumkin:

$$\frac{M_{\text{tort}} - M_{\text{aniq}}}{a_2 - x_2}$$

bu yerda: M_{aniq} – aniqlanayotgan moddaning (yoki elementning) molekulyar (yoki atom) massasi.

M_{tort} – tortilgan formaning analizda topilgan massasi.

1-misol. Texnik bariy xlorid $\text{BaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tarkibidagi Ba^{2+} miqdorini aniqlash uchun tuzdan 0,5956 g tortib olinadi. Uni

sulfat hoida cho'ktirib, qizdirib tortilganda 0,4646 g BaSO₄ borligi aniqlandi. BaCl₂ · 2H₂O da necha foiz sof tuz borligini aniqlang.

Yechish. Analiz o'tkazish quyidag'n reaksiya tenglamasiga asoslangan:



Analiz paytida hosil qilingan 0,4646 g BaSO₄ cho'kmasiga mos keluvchi BaCl₂ · 2H₂O miqdorini hisoblab topamiz:

– 244,30 g BaCl₂ · 2H₂O dan 233,40 g BaSO₄↓ hosil bo'ladi;

– x g BaCl₂ · 2H₂O dan 0,4646 g BaSO₄ hosil bo'ladi:

$$x = \frac{244,30 \cdot 0,4646}{233,40} = 0,4862 \text{ g}$$

Analiz uchun olingan texnik bariy xlorid tarkibidagi sof BaCl₂ · 2H₂O miqdorini foizlarda ifodalaymiz:

– 0,5956 g texnik bariy xlorid 100 %ni tashkil etadi;

– 0,4862 g sof BaCl₂ · 2H₂O x %ni tashkil etadi:

demak, texnik bariy xlorid tarkibida 81,83 % sof BaCl₂ · 2H₂O bor ekan.

2-misol. 0,4646 g kimyoviy toza BaCl₂ · 2H₂O tarkibidagi Ba²⁺ ioni miqdorini aniqlang. BaCl₂ · 2H₂O namunasining tortimi 0,4862 g, qizdirishdan so'ng olingan BaSO₄ cho'kmasining massasi 0,4644 g.

Yechish. Hosil qilingan 0,4644 g BaSO₄ tarkibidagi bariy (atom massasi 137,4 g) ioni miqdorini hisoblaymiz:

– 233,40 g BaSO₄ tarkibida 137,40 g Ba²⁺ bor;

– 0,4644 g BaSO₄ tarkibida x g Ba²⁺ bor:

$$x = \frac{0,4644 - 137,40}{233,40} = 0,2733 \text{ g}$$

Analiz uchun olingan sof BaCl₂ · 2H₂O tarkibidagi ionning foiz miqdorini hisoblaymiz:

0,4872 g toza BaCl₂ · 2H₂O 100 %ni tashkil etadi;

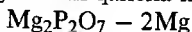
0,2733 g toza BaO₂ · 2H₂O x %ni tashkil etadi:

$$x = \frac{0,2733 \cdot 100}{0,4872} = 59,09 \%$$

demak, sof BaCl₂ · 2H₂O tarkibida 59,09 % bariy mavjud ekan.

3-misol. 0,3515 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ cho'kmasida qancha magniy bor?

Yechish. Masalani yechish uchun berilgan cho'kmada nazariy jihatdan qancha magniy borligini topamiz:



$$222,6 \text{ g} - 2 \cdot 24,32 \text{ g}$$

$$0,3515 \text{ g} - x \text{ g}$$

$$x = 0,3515 \cdot \frac{2 \cdot 24,32}{222,6} = 0,0781 \text{ g}$$

demak, berilgan cho'kma (modda)da 0,0781 g Mg^{2+} bor ekan.

Agar, aniqlanayotgan element yoki ion olingan namuna holida emas, balki boshqa holatda aniqlanayotgan bo'lsa, tortma analizdagi natijalarni hisoblashlar paytida ushbu tenglamadan foydalaniladi:

$$x = a \cdot F$$

bunda: a — cho'kmaning analizda topilgan massasi, moddaning analiz uchun tortib olingan qismiga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchi qiymat.

F — analitik ko'paytiruvchi yoki qayta hisoblash omili — aniqlanayotgan modda (element)ning molekulyar (atom) massasini cho'kma (tortiladigan shaklning molekulyar massasiga nisbati F o'zgarmas son bo'lib, analiz uchun qancha modda tortib olinganligiga bog'liq emas. Yuqoridagi hisoblashlarni tenglama (I)ga qo'ysak.

Albatta tortiladigan forma ham, aniqlanayotgan modda ham o'zgormagandagina F qiymati ham o'zgarmas bo'ladi. Masalan, $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ cho'kmasining massasi bo'yicha magniy necha marta aniqlanmasin, cho'kmaning analizda topilgan massasini doimo bir xil nisbatga ko'paytirish kerak:

$$F = \frac{2\text{Mg}}{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7} = \frac{2 \cdot 24,32}{222,6} = 0,2185$$

Agar, aniqlanayotgan moddada magniyning miqdorini emas, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ning miqdorini topish kerak bo'lsa, u vaqtda qayta hisoblash ham boshqa qiymatga ega bo'ladi:

$$F = \frac{2(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7} = \frac{2 \cdot 246,5}{222,6} = 2,175.$$

Qayta hisoblash faktorini topishda, xatoga yo‘l qo‘ymaslik uchun quyidagi shartlar bajarilishi zarur:

1. Aniqlanayotgan modda (elementning) molekulyar (atom) massasi qiymati tortiladigan holatning molekulyar og‘irligi qiymatiga bo‘lish kerak;

2. Molekulyar (atom) massalarni shunday koeffitsiyentlar bilan olish kerakki, ular bir-biriga ekvivalent bo‘lsin, ya‘ni ular-da tegishli elementning atomlari miqdori bir xil bo‘lsin.

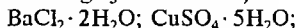
Odatda, aniqlanayotgan element (yoki birikma)ning absolyut miqdorini emas, balki uning analiz qilinayotgan modda tarkibidagi foiz hisobidagi miqdorini topish kerak. Shu elementning (yoki birikmaning) topilishi kerak bo‘lgan foiz hisobidagi miqdorini P bilan, moddaning analiz uchun tortib olingan qismini bilan belgilasak:

$$P = \frac{a \cdot F \cdot 100}{g} \%.$$

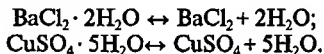
11.8. Gravimetrik analizga misollar.

Bariy xloridagi kristallanish suvi miqdorini aniqlash

Kristallogidratlar deb ataluvchi moddalarning kristallari strukturasiga kirgan suv kristallanish suvi deyiladi. Kristallogidratlardagi kristallanish suvining miqdori kristallogidratning muayyan kimyoviy formulasiga javob beradi, masalan:



Kristallogidratlar ichida suv bug‘i bo‘lmagan, yopiq idishda turganda qisman parchalanadi va tegishli suvsiz modda hamda H_2O bug‘i hosil bo‘ladi:



Aniqlash tartibi. Moddadan namuna tortib olish. Tozalab yuvilgan va quritilgan byuks 120–125 °C li quritish shkafiga (qopqog‘ini ochiq holda qoldirib) qo‘yiladi. 45–60 daqiqadan keyin byuks quritish shkafidan eksikatorga olinadi. Sovigandan so‘ng analitik tarozida tarozida tortiladi, natija daftarga yoziladi. Bu ish 2–3 marta takrorlanadi va oxirida ikkita tortish orasidagi farq 0,0002 g dan kam bo‘lganda to‘xtatiladi. So‘ngra byuksga

$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristallaridan 1,5 g atrofida solinadi, tarozida aniq tortiladi.

Quritish. $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tortimi, solingan byuksning qop-qog'ini olib, qirrasi bilan byuks og'ziga quyiladi. Shunday holda, byuks 125°C dagi quritish shkafida (bundan yuqori haroratda tuz qisman parchalanadi va uchib ketishi, pastroq haroratda esa kristallanishi suvining bir qismi haydalmasdan qolishi mumkin) 1,5–2,0 soat davomida quritiladi, so'ngra byuks qop-qog'i bilan eksikatorga qo'yiladi, 10–15 daqiqa o'tgach, moddaning harorati tarozili xona harorati bilan bir xil bo'lganda, byuks qopqog'i berkitiladi va tarozida toritiladi. Bu ish natija o'zgarmay qolguncha davom ettiriladi.

Hisoblash. Faraz qilaylik, aniqlashlar natijasida olingan va laboratoriya jurnaliga yozib qo'yilgan ma'lumotlar quyidagicha bo'lishi kerak:

- byuks va moddaning birgalikdagi og'irligi 9,5895 g;
- byuksning og'irligi 8,1320 g;
- analiz uchun olingan $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning og'irligi 1,4575 g.

Quritish jarayonidan so'ng byuksning modda bilan birgalikdagi og'irligi:

- I – 9,3758 g;
- II – 9,3748 g;
- III – 9,3748 g.

Birinchi tortilgandagi natija, (9,3758)ni tashlab yuborib, analiz uchun olingan tuz tarkibidagi kristallanish suv miqdorini aniqlaymiz:

$$\begin{array}{r} 9,5895 \text{ g} \\ - 9,3748 \text{ g} \\ \hline 0,2147 \text{ g} \end{array}$$

$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dagi kristallanish suvining foiz hisobidagi miqdorini topamiz:

1,4575 g modda tarkibida 0,2147 g H_2O bor;

100 g modda tarkibida y g H_2O bor.

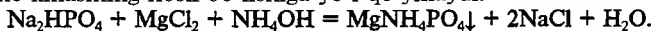
$$y = \frac{0,2147 \cdot 100}{1,4575} = 14,73 \%$$

Demak, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ miqdorida 14,73 % kristallangan suv bor.

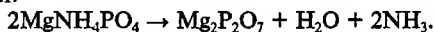
11.9. Natriy gidrofosfat eritmasi tarkibidagi PO_4^{3-} ioni miqdorini aniqlash

Turli namunalar tarkibidagi fosfat ioni miqdorini aniqlash birmuncha qiyin, chunki PO_4^{3-} ko'pchilik kationlar bilan suvda eriydigan cho'kmalar hosil qiladi, ular esa, analizni o'tkazishda qator qiyinchiliklar tug'diradi. Faqat ishqoriy metallarning kationlari hamda NH_4^+ , ioni bilan hosil qilgan tuzlari suvda yaxshi eriydi. Suvda erimaydigan fosfatlar tarkibidagi PO_4^{3-} ioni miqdorini aniqlashda, avval erimaydigan fosfatlar eruvchan fosfatlarga aylantiriladi.

Gravimetrik analizda namuna eritmasidagi fosfat ion PO_4^{3-} ni aniqlashda, ko'pincha eritmaga NH_4OH va NH_4Cl ishtirokida magniy xlorid — MgCl_2 eritmasi ta'sir ettiriladi. Aralashmaga ammoniy birikmasi qo'shishdan maqsad, u $\text{Mg}(\text{OH})_2$ cho'kmasining hosil bo'lishiga yo'l qo'ymaydi:

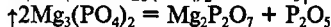


Magniy-ammoniy fosfat MgNH_4PO_4 cho'kmasi filtrlab ajratiladi va yuviladi. U quritilgandan keyin qizdirish vaqtida parchalanadi:



Umuman, $2\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ cho'kmasini hosil qilishda qo'shi- layotgan reaktivlarning me'yori saqlanmasa xato natijaga olib keladi.

Agar MgNH_4PO_4 tuzi hosil bo'lsa va qizdirilsa, oxirgi mahsulot sifatida P_2O_5 ajraladi.



Shu sababdan, ishonarli natija olish uchun PO_4^{3-} ni cho'ktirishda, magnezial aralashmadan foydalaniladi. Magnezial aralashma quyidagicha tayyorlanadi: suvda 55 g magniy xlorid kristallogidрати $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ va 105 g ammoniy xlorid NH_4Cl tuzi eritilib, eritmaga ozgina HCl tomiziladi, suv qo'shiladi va eritma hajmi 1 litrga yetkaziladi.

Aniqlash tartibi. Cho'ktirish. Sig'imi 300 ml bo'lgan kimyoviy toza stakanga 50 ml atrofida toza natriy gidrofosfat — Na_2HPO_4 eritmasidan solinadi. Unga ammoniy xloridning 2 n

eritmasidan 5 ml, magnezial aralashmadan 15 ml solinadi va hosil bo'lgan aralashma asbestli to'r ustida 40–45 °C ga qadar isitiladi. Issiq eritmani shisha tayoqcha bilan aralashtirib, turgan holda, unga tomchilatib Na_2HPO_4 ning 2,5 %li eritmasidan qo'shiladi.

Magnezial aralashma tarkibidagi xlorid kislota ammiak bilan to'liq neytrallanib bo'lgandan so'ng, cho'kma hosil bo'la boshlaydi. Hosil qilingan MgNH_4PO_4 kristall holda bo'ladi. Kristall cho'kma o'rniga, oq loyqa hosil bo'lsa, eritmaga bir necha tomchi xlorid kislota tomiziladi va ammiak yordamida qayta cho'k-tiriladi.

Eritmadan ammiak hidi kela boshlaganda, unga 2,5 %li NH_4OH dan qo'shishni to'xtatish kerak. Eritma tindiriladi va unga hajmining 1/5 qismiga teng miqdorda 25 %li ammoniy gidroksid eritmasidan qo'shib, fosfat ionining to'liq cho'kishiga erishiladi. Cho'kma to'liq tushgandan so'ng, stakan ichidagi cho'kma eritma bilan birga 4 soatga qoldiriladi. Bunda cho'kma yetiladi.

Cho'kmani filtrlash va yuvish. Filtrlash uchun kulsiz filtr ishlatiladi. Cho'kma ustidagi suyuqlikning hammasi boshqa stakanga filtrlab olinadi va oxirida cho'kma 2,5 %li ammoniy gidroksid eritmasi bilan uch marta yuviladi.

Cho'kma to'liq filtrga o'tkaziladi. Cho'kma tarkibidagi MgCl_2 to'liq yo'qolguncha yaxshilab yuviladi. Yuvilish to'liq bo'lganligini bilish uchun filtrat probirkaga yig'iladi, filtratga HNO_3 tomizib, kislotali muhit hosil qilinadi va kumush nitrat yordamida Cl^- xlorid ioniga xos sifat reaksiya o'tkaziladi.

Cho'kmani quritish va qizdirish filtrli voronka og'zini filtr qog'oz bilan yopib, harorati ~ 100 °C bo'lgan quritish shkafiga qo'yiladi.

Tayyorlab qo'yilgan, massasi o'zgarmay qolguncha qizdirilgan tigelga quritilgan cho'kma joylanadi. Tigel ehtiyotlik bilan qizdiriladi, bunda MgNH_4PO_4 parchalanib, NH_3 ajralib chiqadi. Ammiak ajralishi tugagandan so'ng, tigel mufel pechiga qo'yiladi va massasi o'zgarmay qolguncha qizdiriladi. Hosil bo'lgan magniy pirofosfat $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ massasidan P_2O_5 miqdori hisoblab topiladi.

Hisoblash. 1 g · mol magniy pirofosfat (molekulyar massasi

222,6 g) tarkibida 1 g · mol fosfor (V) oksid P_2O_5 (molekulyar massasi 142,0 g) bor. Aytaylik, cho'kma qizdirilgandan so'ng $Mg_2P_2O_7$ ning massasi 0,2815 g bo'lsin. U holda, tekshirilayotgan eritmadagi P_2O_5 miqdorini quyidagicha proporsiya yordamida hisoblash mumkin:

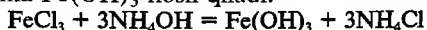
– 222,6 g $Mg_2P_2O_7$ tarkibida 142,0 g P_2O_5 bor;

– 0,2815 g $Mg_2P_2O_7$ tarkibida x g P_2O_5 bor.

Bundan tekshirilayotgan cho'kma tarkibidagi P_2O_5 ning foiz hisobidagi miqdorini ham topish mumkin.

11.10. Temir (III) xlorid tarkibidagi temir miqdorini aniqlash

Temir Fe^{3+} ionlari NH_4OH ta'sirida amalda erimaydigan amorf cho'kma $Fe(OH)_3$ hosil qiladi:



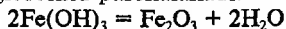
Temir (III) gidroksid kolloid holatga oson o'tishi mumkin. Shuning uchun, cho'ktirish jarayonini elektrolit – koagulyator ishtirokida va isitilgan eritmada o'tkazish shart.



Gidrolizlanishning oldini olish uchun temir tuzlari eritmaga ozgina HNO_3 qo'shiladi, Fe^{3+} ionini cho'ktirish jarayonida bu kislota ammoniy gidroksid bo'yicha neytrallanadi. Hosil bo'lgan NH_4NO_3 elektrolit-koagulyator vazifasini bajaradi.

Fe^{3+} ioni konsentrlangan eritmalar ta'sirida cho'ktiriladi, natijada hosil bo'lgan temir (III) gidroksidning amorf cho'kmasi kam hajmni egallaydi. Demak, qo'shimchalarni kam adsorbsiyalaydi, cho'kmani yuvish osonlashadi.

Filtrlab ajratilgan, yuvilgan va quritilgan cho'kma qizdirilganda temir (III) gidroksid parchalanadi:



Qizdirish jarayonida cho'kmani kuchli va uzoq muddat qizdirmagan ma'qul, chunki bunday sharoitda Fe_2O_3 qaytarilib, temirning aralash oksidi ($FeO \cdot Fe_2O_3$, ya'ni Fe_3O_4) hosil bo'lishi mumkin:



Natijada tortiladigan forma massasi kamayadi, analiz natijasi noto'g'ri bo'ladi.

Analiz o'tkazish tartibi. Cho'ktirish. Toza stakanga tarkibida temirning miqdori 0,1 g dan oshmagan FeCl_3 tuzi eritmasidan olinadi. Unga 3–5 ml 2 n HNO_3 eritmasidan qo'shiladi va asta-sekin qaynatib yubormasdan, qizdiriladi. Issiq eritmaga tomchilatib, ammoniy gidroksidning 10 %li eritmasidan qo'shiladi, tekshirilayotgan eritmada sezilarli darajada ammiak hidi kela boshlagandan keyin, cho'ktiruvchi reaktiv qo'shish to'xtatiladi. So'ngra, stakandagi aralashma shisha tayoqcha yordamida yaxshilab aralashtiriladi, 100–150 ml distillangan qaynoq suv bilan suyultiriladi va yana bir marta aralashtiriladi. Cho'kma ustidagi eritma tingandan keyin cho'kish to'liq bo'lganligi sinab ko'riladi. Buning uchun eritmaga stakan devorlari bo'ylab 1–2 tomchi NH_4OH – ammoniy gidroksid eritmasidan qo'shiladi.

Filtrlash va cho'kmani yuvish. Cho'kish to'liq bo'lganligiga ishonch hosil qilingandan keyin cho'kma filtrlab, eritmada ajratiladi. Buning uchun uncha zich bo'lmagan filtrdan foydalaniladi. Cho'kma ustidagi suyuqlik, filtrga to'kiladi, stakandagi cho'kma ustiga 2 %li NH_4NO_3 ning qaynoq eritmasidan quyib, cho'kma 2–3 marta yuviladi. Shundan so'ng cho'kma to'liq filtrga o'tkaziladi va filtratda Cl^- ioni yo'qligi aniqlanguncha yuviladi. Buning uchun filtratdan 5–6 tomchi olib, probirkaga solinadi, unga 1–2 tomchi HNO_3 va 4–5 tomchi AgNO_3 eritmasi qo'shiladi. Oq loyqaning hosil bo'lmasligi, eritmada Cl ionining yo'qligini bildiradi.

Cho'kmani quritish va qizdirish. Cho'kmali filtr quritish shkafida biroz quritiladi, keyin shkafdan olib, sekin buklanadi va oldindan doimiy massaga keltirib, qizdirilgan tigelga solinadi. Tigel mufel pechiga joylashtiriladi va doimiy massaga kelguncha qizdiriladi, bunda filtr kulga aylanadi.

Analiz natijalarini hisoblash. Fe_2O_3 cho'kmasining (tortiladigan formaning) og'irligini topib, uning tarkibida qancha temir (III) borligi hisoblab topiladi, bunda, ushbu proporsiyadan foydalaniladi:

$$M_{\text{Fe}_2\text{O}_3} - 2A_{\text{Fe}}$$

bu yerda: A – topilgan Fe_2O_3 og'irligi.

$M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ va A_{Fe} tegishlixa temirni molekulyar va atom og'irliklari.

Bundan:

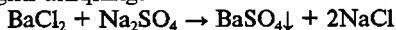
$$x = a \cdot \frac{2 A_{Fe}}{M_{Fe_2O_3}} = a \cdot f'$$
$$F = \frac{2 \cdot A_{Fe}}{M_{Fe_2O_3}} = \frac{2 \cdot 55,05}{159,7} = 0,6994$$

qayta hisoblash faktori.

Tarkibida temir bo'lgan turli obyektlarda *hain temir* dori xuddi shu yo'l bilan aniqlanadi.

11.11. O'zini o'zi tekshirish uchun savollar va mashqlar

1-masala. Gravimetriya usulida aniqlash uchun bariy xloridning og'irligini aniqlang.



Cho'kma forma va tortma formaning massasi $a = 0,5$ g ga teng bo'lishi kerak.

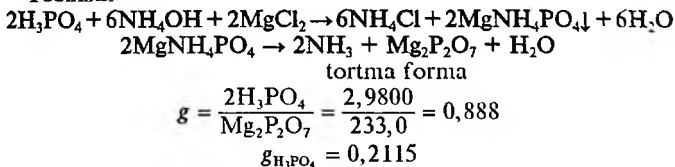
Yechish:

$$\begin{array}{l} BaCl_2 - BaSO_4 \\ 207 \text{ g} - 331 \text{ g} \rightarrow g - 0,5 \text{ g} \\ g = \frac{207 \cdot 0,5}{233} = 0,4444 \text{ g} \end{array}$$

demak, $BaCl_2$ og'irligi 0,4444 g.

2-masala. Agar tortma formula $Mg_2P_2O_7$ ning massasi $a = 0,2115$ g teng bo'lsa, analiz uchun fosfor kislotadan qancha miqdorda olish kerak.

Yechish:

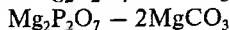
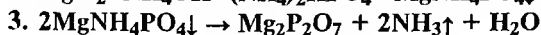


3-masala. 0,3986 g o'lchab olingan dolomit namunasidan gravimetrik analiz natijasida 0,1836 g $Mg_2P_2O_7$ olindi.

Namunada $MgCO_3$ necha %ni tashkil qiladi?

Yechish:





$$222 - 168,6$$

$$0,1836 - g$$

$$g = \frac{0,1836 \cdot 168,6}{222} = 0,1380 \text{ g}$$

$$C_{\text{MgCO}_3} = \frac{0,1397 \cdot 100}{0,3996} = 34,7 \%$$

4-masala. BaSO₄ cho'kmasini yuvish uchun 200 ml suv ket-di. Yuvishda necha gramm BaSO₄ yo'qotildi?

$$EK_{\text{BaSO}_4} = 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$



$$EK_{\text{BaSO}_4} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$$

$$E = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = \sqrt{1 \cdot 10^{-10}} = 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$\text{BaSO}_4 \text{ molekula massasi} = 233,0 \text{ g}$$

$$K_{\text{BaSO}_4} = \frac{10^{-5} \cdot 200 \cdot 233}{1000} = 4,66 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

5-masala. CaC₂O₄ cho'kmasi 250 ml 1 %li (NH₄)₂C₂O₄ eritmasida yuvildi. Bunda necha gramm CaC₂O₄ yo'qotildi.

($EK_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = 2 \cdot 10^{-9}$) 1 %li (NH₄)₂C₂O₄ eritmasining zichligi = 1,05 g/l

$$M_{(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4} = 124 \text{ g}$$

Yechish:



bu yerda: $[\text{Ca}^{2+}] \neq [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$ teng emas.

C₂O₄²⁻ anionini konsratsiyasiga teng bo'ladi.

$[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]_{\text{um}} = [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$, CaC₂O₄ dan + $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$, (NH₄)₂C₂O₄ dan $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$, C₂O₄ dan juda kichik son bo'lgani uchun hisobga olamiz.

Unda

$$E = \text{C}_2\text{O}_4 = [\text{Ca}^{2+}] = E \frac{\text{CaC}_2\text{O}_4}{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}$$

Muvozanatdagi $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$ anionlari konsratsiyasi tuzini

molyar konsentratsiyasiga teng bo'ldi. Molyar konsentratsiyasiga 1 %li $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ teng bo'ldi:

1 mol eritmada 124 g tuz bor 1 litrda

X ----- 10,5 g

$$[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 0,085 \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$E_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = [\text{Ca}^{2+}] = \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,085} = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

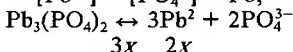
$$E_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 250}{1000} = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$E_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

6-masala. $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ cho'kmasi ustida uning to'yingan eritmasi bor. To'yingan eritmadagi Pb^{2+} va PO_4^{3-} larni g/l aniqlang.

$$EK_{\text{Pb}(\text{PO}_4)_2} = 10^{-32}$$

$$[\text{Pb}^{2+}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]^2 = EK;$$



$$3x \quad 2x$$

$$27x^3 \cdot 4x^2 = 10^{-32}$$

$$108x^5 = 10^{-32}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{10^{-32}}{108}} = 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{mol/l}$$

$$\text{Atom massa } A_{\text{Pb}^{2+}} = 207$$

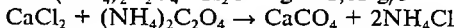
$$A_{\text{PO}_4^{3-}} = 95$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = 3 \cdot 10^{-7} \cdot 207 \text{ g/l}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 95 \text{ g/l}$$

7-masala. Kalsiy og'irligi $g_{\text{Ca}^{2+}} = 0,005 \text{ g}$ ni tashkil etgan CaCl_2 eritmasidagi Ca^{2+} ni cho'ktirishga $(\text{Na}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ ning 4 %li eritmasidan qancha hajm talab etiladi?

$$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = g = 1,03 \text{ g/l}$$



$$n_{\text{Ca}^{2+}} = n_{\text{oksolat}}$$

$$\frac{g_{\text{Ca}^{2+}}}{E_{\text{Ca}^{2+}}} = \frac{C \cdot g \cdot V_{\text{oksolat}}}{100 \cdot E_{\text{oksolat}}};$$

bundan

$$V = \frac{g_{\text{Ca}^{2+}} \cdot E_{\text{oksolat}} \cdot 100}{C \cdot g \cdot E_{\text{Ca}^{2+}}} = \frac{0,052 \cdot 71 \cdot 100}{20 \cdot 4 \cdot 1,03} = 4,3 \text{ ml}$$

$$V = 4,3 \text{ ml.}$$

Demak, berilgan CaCl_2 eritmasidan Ca^{2+} cho'ktirish uchun 4 % eritmadan 4,3 ml olish kerak.

Tekshirish uchun savollar

1. Miqdoriy analizning vazifalari nimalardan iborat?
2. Miqdoriy analizning mamlakatimiz xalq xo'jaligi uchun ahamiyati nimalar bilan ifodalanadi?
3. Miqdoriy analizda qo'llaniladigan usullar qanday turlarga bo'linadi?
4. Analizning kimyoviy usullaridan gaz analizining mohiyati?
5. Titrimetrik analizning mohiyati nimadan iborat?
6. Tekshiriladigan komponentning konsentrlash nima maqsadda bajariladi?
7. Konsentrlashning ekstraksiyalash usuli qanday amalga oshiriladi?
8. Aniqlanuvchi komponentning konsentratsiyasini oshirishda qo'llaniladigan xromatografik usul qanday bajariladi?
9. Miqdoriy analizda qo'llaniladigan isitish jihozlarini tavsiflab bering.
10. Tortma analizda qo'llaniladigan kimyoviy idishlarni nomlari va ular qanday maqsadlarda ishlatiladi?
11. Pipetkalar nima uchun xizmat qiladi va undan foydalanish qoidasi qanday?
12. Byuretkalardan foydalanish qanday amalga oshiriladi?
13. Kimyoviy idishlarni yuvish tartibini tushuntiring.
14. Chinni idishlar qanday yuviladi?
15. Gravimetrik (tortma) analizning ahamiyati nimalardan iborat?
16. Modda analizi qanday tayyorlanadi?
17. Olingan tortim qanday eritmaga o'tqaziladi?
18. Cho'kmaning cho'ktiriladigan va gravimetrik holat va ularga qo'yiladigan shartlar?
19. Cho'ktiruvchi reagent qanday talablarga javob beradi?
20. Amorf, kristall cho'kmalarni cho'kishining shart-sharoitlari?
21. Cho'kmani, filtrlashda qanday filtrlardan foydalaniladi?

22. Cho'kmani quritish, sovish va qizdirish qanday amalga oshiriladi?

23. Tortma analizda qanday analitik tarozilar ishlatiladi?

24. Gravimetrik analizining hisoblashlarida qanday formulalar ishlatiladi?

25. Kalsiyning quyidagi tuzlardan, qaysi biri, eng yaxshi cho'ktiradigan forma bo'ladi :

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($EK = 6,1 \cdot 10^{-5}$) mol/l

CaCO_3 ($EK = 4,8 \cdot 10^{-9}$) mol/l

$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($EK = 2,6 \cdot 10^{-9}$) mol/l

26. Gravimetrik analizda kalsiy miqdorini aniqlashda kalsiy birikmasi nima uchun $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ta'sir emas, balki $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ta'sirida cho'ktiriladi?

27. Ag^+ ionni NaCl eritmasi bilan cho'ktirish yaxshimi yoki NH_4Cl va BaCl_2 eritmasi bilanmi?

28. Eritmada 0,1 M konsentratsiyali KCl ning bo'lishi CaC_2O_4 ning eruvchanligiga qanday ta'sir qiladi?

29. Qanday sharoitda CaCO_3 eritmasi: a) to'yinmagan; b) to'yingan; d) o'ta to'yingan bo'ladi. To'yinmagan eritmaga qattiq tuz solmasdan turib uni CaCO_3 ga nisbatan to'yingan va o'ta to'yingan eritmaga aylantirish mumkinmi?

30. Eruvchanlik qoidasiga asosanib:

a) cho'kmani hosil bo'lishi;

b) cho'kmani erishi shart-sharoitlarini ta'riflab bering?

31. 0,7 g CaCO_3 eritishda hosil bo'lgan eritma Ca^{++} ni cho'ktirish uchun $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ning 0,25 M eritmasidan necha millilitr kerak bo'ladi ?

32. 200 ml eritmasida necha gramm BaSO_4 qoladi ($E_{\text{BaSO}_4} = 1 \cdot 10^{-10}$ mol/l).

33. Kristall cho'kmalar amorf cho'kmalardan qanday xususiyatlari bilan farq qiladi ?

34. Dekantatsiya deganda nima tushuniladi ?

35. CaSO_4 ning eruvchanligi 1,1 g/l. Uning EK qiymatini toping.

XII bob. TITRIMETRIK (HAJMIY) ANALIZ

12.1. Titrimetrik analizning ahamiyati

Titrimetrik analiz miqdoriy analiz usullaridan biri hisoblanadi, unda biror modda miqdorini topish uchun konsentratsiyasi aniq hajmiy o'lchashga asoslangan bo'ladi.

Kimyoviy analiz usullari orasida tortma analiz usuli eng aniq usuldir. Shu bilan birga, uning ishlatilish sohasi juda kengdir, chunki har qanday element (ba'zilaridan mustasno) qiyin eriydigan biror birikma hosil qiladi va uning miqdori tortma analiz usulidan foydalanib aniqlanadi. Lekin bu usulning katta kamchiligi ham bor. Bu shundan iboratki, modda va idishlarni tortishga ko'p vaqt ketadi. Bu usulda analizning natijasi qulay hollarda bir necha soatdan so'ng olinadi, ko'pincha esa analiz kelasi kungacha davom etadi.

Analizni bunday sekin bajarilishi amaliy ish talablariga ko'pincha javob berolmaydi. Masalan, biror texnologik jarayonni (masalan, domna yoki marten jarayonlari va hokazo) kimyoviy nazorat qilishda brakning oldini olib jarayonni kerakli tomonga yo'naltirish uchun analiz natijasini o'z vaqtida olish kerak. Analiz natijasini o'z vaqtida olish jarayonni eng yaxshi yo'l bilan olib borib, a'lo sifatli mahsulot ishlab chiqarishga imkon beradi. Aksincha, juda e'tibor bilan ishlangan analiz natijasi ham agar u o'z vaqtida olinmasa, mutlaqo befoyda bo'ladi.

Hajmiy analiz bajarilish tezligi jihatidan tortma analizga nisbatan katta afzalliklarga ega, hajmiy analizda reaksiya mahsulotini tarozida tortish o'rniga, reaksiyaga sarflangan va konsentratsiyasi yoki boshqacha aytganda, titri aniq ma'lum bo'lgan reaktiv eritmasining hajmi o'lchanadi va shuning uchun aniqlash tez bo'ladi.

Titrlar deb, odatda, 1 ml eritmadagi erigan moddaning gramm-lar soniga aytiladi. Masalan, H_2SO_4 ning titri 0,0049 g/ml ga teng deyilsa, bu sulfat kislota shu eritmasining har bir millilitrida 0,0049 g H_2SO_4 bo'lishini ko'rsatadi. Titrlar T harfi bilan

ifodalanadi va tegishli moddaning formulasi ko'rsatiladi. Masalan, ayni holda: $T_{H_2SO_4} = 0,0049 \text{ g/ml}$.

Titri aniq ma'lum bo'lgan eritma titrlangan eritma deyiladi.

Analizda reaktivning titrlangan eritmasi byuretkada deb ataladigan o'lchov idishga solinadi va aniqlanayotgan moddaga ekvivalent miqdorda sarflangani biror usul bilan aniqlanguncha, tekshirilayotgan eritmaga oz-ozdan qo'shiladi. Bu operatsiya titrlash deb ataladi.

Titrlashga sarflangan reaktiv eritmasining hajmini byuretkadan o'lchab, olingan miqdor eritmaning titriga ko'paytirilsa, reaktivning grammlarda ifodalangan miqdori topiladi. Bundan reaksiyaning tenglamasi bo'yicha eritmadagi aniqlanayotgan modda miqdorini, agar eritmaning hajmi ma'lum bo'lsa, uning titrini topish qiyin emas.

Hajmiy analiz bilan tortma analizni taqqoslash shuni ko'rsatadiki, tortma analizdagi cho'ktirish, (hosil bo'lgan cho'kmani yetiltirish), filtrlash, yuvish, bo'sh tigelni va cho'kma solingan tigelni qizdirish kabi uzoq vaqt talab qiladigan hamda serdiqqat operatsiyalar o'rniga hajmiy analizda faqat bitta operatsiya — titrlash o'tkaziladi, buni biroz tajribaga ega bo'lgan kishi bir necha daqiqada bajaradi.

Analitik tarozida tortish byuretkada hajm o'lchashga nisbatan aniqroq bo'lgani uchun, tortma analiz hajmiy analizga nisbatan aniqroq bo'ladi. Lekin to'g'ri ishlansa bu farq shunchalik oz bo'ladiki, ko'pincha uni nazarga olmaslik ham mumkin. Shuning uchun iloji bor bo'lsa, analizni tezroq bajariladigan hajmiy usul bilan olib borishga harakat qilinadi.

Titrimetrik (hajmiy) analizda ishlatiladigan analitik reaksiyalarga qo'yiladigan talablar:

1. Reaksiya amalda qaytmas bo'lishi kerak. Bu shart titrimetrik usulda gravimetrik analizdagidan yanada muhimroq, chunki bu yerda reaksiyaning muvozanatini reagentning ortiqcha miqdorini qo'shish bilan siljitish imkoniyati yo'q.

2. Reaksiyaning tamom bo'lish vaziyati (ekvivalent nuqta) yaxshi belgilanishi lozim. Ekvivalent nuqtada yo reaksiyaga kirishayotgan moddalar eritmalarining rangi o'zgarishi yoki bo'lmasa, oldindan tekshirilayotgan eritmaga juda oz miqdorda

qo'shilgan begona moddalar — indikatorlarning rangi o'zgarishi kerak.

3. Titrimetrik analizda qo'llaniladigan reaksiyalar tez, amalda bir zumda borishi lozim.

4. Reaksiya bajariladigan tashqi sharoitning o'zgarishi reaksiyaning borishiga va oxirgi mahsulotlar xossalari ta'sir qilmasligi kerak.

5. Titrimetrik aniqlashda qo'shimcha reaksiyalar bormasligi kerak.

6. Ekvivalent nuqtani aniqlashga va asosiy reaksiyaning borishiga halaqit beruvchi moddalar oldindan yo'qotilishi lozim.

Analizning titrimetrik usulini gravimetrik usuliga nisbatan farq qiladigan tomonlari bor va ular quyidagilardan iborat:

1) aniqlashlarni bajarishda massani o'lchash, hajmni o'lchash bilan almashtiriladi. Analitik tarozilarda tortishdan faqat tekshiriladigan moddaning tortimini olishda va ish eritmalari tayyorlashda foydalaniladi;

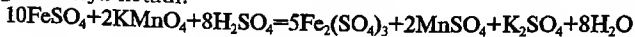
2) kimyoviy reaksiyaning mahsulotlari miqdorini aniq o'lchashga asoslangan gravimetrik analizdan farqli o'laroq, titrimetrik usulda boshlang'ich moddalar miqdori topiladi.

Hajmiy analizning tortma analizdan eng muhim farqi shundaki, titrlashda reaktiv ortiqcha miqdorda emas, balki reaksiya tenglamasiga aniq muvofiq keladigan aniqlanayotgan moddaga kimyoviy jihatdan ekvivalent bo'lgan miqdorda aniqlanadi. Analiz natijalarini hisoblash ham ekvivalentlikka asoslangandir.

Demak, titrlashda ekvivalent bo'lish paytini aniq bilib olish yoki boshqacha aytganda, ekvivalent nuqtani belgilab olish kerak.

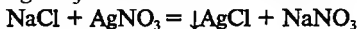
12.2. Titrimetrik analiz usullarida ekvivalent nuqtani aniqlash

Ba'zi hollarda, biror rangga bo'yalgan reaktiv reaksiya jaryonidan o'z rangini o'zgartirishiga qarab, ekvivalent nuqtani belgilab olish mumkin bo'ladi. Masalan, sulfat kislotasi qo'shilgan FeSO_4 eritmasini KMnO_4 eritmasi bilan titrlaganda quyidagi reaksiya ketadi:



Bunda tomizilayotgan har bir tomchi KMnO_4 ning rangi shu ondayoq yo'qoladi. Bu intensiv rangli MnO_4^- ionlarining Fe^{++} ionlari ta'sirida deyarli rangsiz Mn^{++} ionlarigacha qaytarilishidandir. Lekin FeSO_4 ning hammasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ gacha oksidlanib bo'lgach, tomizilgan bir tomchi KMnO_4 eritmani och pushti rangga kiritadi.

Xloridlarni AgNO_3 eritmasi bilan titrlashda



AgNO_3 ning titrlangan eritmasini tomizishni AgCl cho'kmasi tushishi to'xtaguncha davom ettirish mumkin.

Titrlashda, K_2CrO_4 ga o'xshash oson sezilarli o'zgarishga (masalan, rangining o'zgarishi, cho'kmaga tushishi va hokazo) uchraydigan va ekvivalent nuqtani belgilashga imkon beradigan moddalar indikatorlar deb ataladi. Neytrallanish reaksiyalarida ishlatiladigan lakmus, fenoltalein va metiloranj indikatorlari jumlasiga kiradi.

Yuqorida aytilganlardan ma'lum bo'ldiki, analizning hajmiy usulini qo'llashda zarur shartlardan biri biror usul bilan ekvivalent nuqtani aniqlab olishdir (lekin buni hamma vaqt ham aniqlab bo'lmaydi).

Titrimetrik usulning aniqligi gravimetrik usulni aniqlik darajasidan kamroq bo'lishiga qaramay, uning aniqlik darajasi texnik maqsadlar, shuningdek, ilmiy maqsadlar uchun yetarlidir.

Reaksiyaga qo'yiladigan talablar hajmiy analizning ishlatilish sohasini ancha cheklab qo'yadi. Biroq fanning rivojlanishi, yangidan yangi reaksiyalarning tatbiq etilishi, yangi indikatorlarning topilishi va boshqalar uning ishlatilish sohasini kengaytirib bormoqda.

12.3. Titrimetrik analiz usullarining sinflanishi

Hajmiy analizda foydalaniladigan reaksiyalar o'zining xarakteriga qarab turli tiplarga kiradi. Shunga asosan hajmiy aniqlashlarni quyidagi asosiy usullarga bo'lish mumkin: neytrallash usuli; oksidlanish-qaytarilish usullari; cho'ktirish va kompleks hosil qilish usullari.

1. Neytrallash usuli. Bunga kislota va ishqorlarning o'zaro

ta'siriga, ya'ni neytrallanish reaksiyalariga asoslangan hajmiy aniqlashlar kiradi:



Neytrallash usuli yordami bilan berilgan eritmadagi kislotalarning miqdori (alkalimetriya) yoki asoslarning miqdori (asidimetriya) aniqlanadi, shuningdek, neytrallash bilan bog'liq bo'lgan bir qator boshqa masalalar yechiladi.

2. Oksidlanish-qaytarilish (redoksimetrik) usuli. Aniqlanuvchi modda eritmasi bilan ishchi titrlangan eritma orasida boradigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan. Bu usuldan eritmalardagi turli qaytaruvchilar (Fe^{2+} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, NO_2^-) yoki oksidlovchilar ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, MnO_4^- , ClO_3^- , Fe^{3+})ni miqdoran aniqlashda foydalaniladi. Redoksimetriyaning ayrim usullarining nomi aniqlashda qo'llaniladigan ishchi titrlangan eritmalar nomlanishidan kelib chiqadi. Bu usullardan keng qo'llaniladiganlari quyidagilardir:

1. Permanganatometriya, bu usulda kaliy permanganat (KMnO_4) bilan oksidlanish reaksiyalaridan foydalaniladi.

2. Yodometriya, bu usulda erkin yod bilan oksidlash yoki I^- ionlar bilan qaytarish reaksiyalariga asoslaniladi.

3. Xromatometriyada kaliy bixromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bilan oksidlash reaksiyalaridan foydalaniladi.

4. Bromatometriyada kaliy bromat KBrO_3 bilan oksidlash reaksiyalaridan foydalaniladi.

Oksidlanish-qaytarilish usullariga serimetriya (Ce^{++++} ionlari bilan oksidlash), vanadatometriya (VO_3^- ionlari bilan oksidlash), titanometriya (Ti^{+++} ionlari bilan qaytarish) va boshqalar ham kiradi.

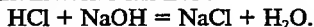
3. Cho'ktirish usuli almashinish reaksiyalariga asoslangan bo'lib, bu reaksiyalarda aniqlanuvchi element (ion) qandaydir qiyin eruvchan birikma holida cho'kmaga tushadi. Ekvivalent nuqta har xil usullar bilan aniqlanadi. Ishchi titrlangan eritma sifatida qanday reagent eritmasi qo'llanishiga bog'liq holda cho'ktirish usuli mutanosib nom bilan yuritiladi. Masalan, agar titrlash uchun kumush nitrat AgNO_3 eritmasi qo'llanilsa, usul argentometriya, rodanid NH_4SCN qo'llanilsa, rodanometriya nomi bilan ataladi.

4. Kompleks hosil bo'lishi (kompleksonometriya) usuli kam

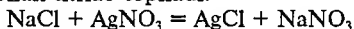
ionlanuvchi kompleks ionlar (yoki molekularlar) hosil bo'lishiga asoslangan titrimetrik aniqlashlarni o'z ichiga oladi. Bu usullar yordamida kompleks hosil qilish reaksiyalariga kirisha olish xossalariga ega bo'lgan har xil kationlar (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} , Al^{3+}) va anionlar (CN^- , P^- , Cl^-) miqdorini aniqlanadi. Keyingi vaqtlarda kationlarning organik reagentlar — kompleksonlar bilan o'zaro ta'siriga asoslantgan analiz usullari keng tarzda qo'llanilmoqda.

Titrlash jarayoni har xil usullar bilan bajarish mumkin:

1-to'g'ri titrlash, yoki bevosita titrlash usulida aniqlanuvchi modda ishchi titrlangan eritma bilan to'g'ridan to'g'ri titrlanadi. Bu usul bilan analiz qilishda bitta ishchi standart eritma yetarli hisoblanadi. pH indikatorlar ishtirokida



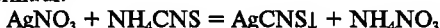
2-qayta titrlash (yoki uni qoldiq bo'yicha titrlash deb ham yuritiladi) usulida tekshiriladigan eritmaga reagent eritmasidan bir muncha mo'l qo'shiladi va ortiqcha qo'shilgani boshqa reagent eritmasi bilan titrlab topiladi.



ortiqcha qolgan miqdor.

Bu usulda ikkita asosiy va yordamchi titrlangan (konsentratsiyasi aniq bo'lgan) ishchi eritmalaridan foydalaniladi. Bu usul titrimetrik analizning har xil usullarida, jumladan, rodanometriyada qo'llaniladi.

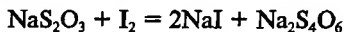
3-o'rnini almashib titrlash usuli (yordamchi eritma bilan titrlash) aniqlanuvchi ion ishchi eritma bilan bevosita ta'sirlashmasa, yoki ion stexiometrik bo'lmagan nisbatlarda reaksiyaga kirishsa yoxud indikatorlar bilan reaksiya bermagan holda qo'llaniladi.



Indikator sifatida Fe^{+3} tuzi ishlatiladi. Bu usul bo'yicha aniqlanuvchi modda ustiga reaksiyaga kirishuvchi maxsus reagent qo'shiladi. Mahsulotlardan biri ishchi eritma bilan titrlanadi. Masalan, yodometrik usulda aniqlanuvchi mis tuzi eritmasiga mo'l miqdorda **KI** qo'shiladi. Bunda ajralib chiqqan yod yordamchi natriy tiosulfatning titrlangan eritmasi bilan titrlab topiladi.

Titrimetrik aniqlashlarni qanday usulda bajarilishidan qat'iy

nazar hamma vaqt ishchi titrlangan eritmalar, reaksiyaga kiritiluvchi moddalar eritmaları hajmini aniq o'lchash, ekvivalent nuqtani aniq belgilash, analiz natijalarini to'g'ri hisoblash zarur bo'ladi.



12.4. Titrlangan va standart (etalon) eritmalar tayyorlash

Konsentratsiyasi (titri) aniq ma'lum bo'lgan eritmalar titrlangan eritmalar, deb ataladi. Titrlangan eritmalar tayyorlashning ikki usuli bor.

Berilgan moddadan kerakli miqdorda analitik tarozida aniq tortib olib o'lchov kolbasida eritiladi va eritmaning hajmi kolbaning belgisiga yetguncha suv bilan to'ldiriladi. Eritgan moddaning miqdorini (g) va eritmaning hajmini (V) bilgan holda uning titrini hisoblash oson. Eritmaning titriga teng bo'ladi:

$$T = \frac{g}{V}, \text{ g/ml}$$

shu usulda olingan titrlangan eritmalar tayyorlangan eritma deyiladi.

Ravshanki, titrlangan eritmalar tayyorlashning bu usulini hamma vaqt ham qo'llab bo'lmaydi. HCl , NaOH va boshqa shunga o'xshash moddalarning titrlangan eritmalarini tayyorlashda bu usulni qo'llab bo'lmaydi. Haqiqatan ham HCl suvdagi eritmalarining aniq konsentratsiyasi hamma vaqt noma'lum bo'ladi?

Demak, bu eritmadan juda aniq tortib olinganda ham unda necha gramm vodorod xlorid borligini hisoblab bo'lmaydi. Bu aytilganlar havodan CO_2 va suv bug'ini shiddatli ravishda yutishi natijasida og'irligi o'zgarib turadigan NaOH ga ham taalluqlidir. Shuning uchun tortib olingan miqdorda qancha NaOH borligini ham aniq bilib bo'lmaydi.

Bu misollardan ko'rinadiki, yuqorida bayon qilingan usullar bilan bir qator talablarga javob bera oladigan moddalarninggina titrlangan eritmalarini tayyorlash mumkin. Bu talablar quyidagilardan iborat.

Modda kimyoviy toza bo'lishi kerak, ya'ni tarkibidagi begona

qo'shimchalar analiz aniqligiga ta'sir etmaydigan miqdorda (0,05–0,1 %gacha) bo'lishi lozim.

Moddaning tarkibi uning formulasiga to'la mos kelishi lozim. Masalan, kristallogidratlarning formulasida qancha suv ko'rsatilgan bo'lsa, ularning tarkibida ham shuncha suv bo'lishi kerak.

Modda quruq holda saqlanganda ham, eritma holda saqlanganda ham barqaror bo'lishi lozim, aks holda yuqorida aytilgan modda tarkibi bilan formulasining qat'iy mos kelish sharti buziladi.

Moddaning gramm-ekvivalent qiymati mumkin qadar katta bo'lishi yaxshiroq, chunki bu eritmaning normalligini aniq topishga imkon beradi.

1. Ko'rsatilgan talablarga javob beradigan moddalar boshlang'ich moddalar deb ataladi, chunki ulardan foydalanib, qolgan boshqa moddalarning titri aniqlanadi.

2. Agar modda yuqorida ko'rsatilgan talablarga javob bermasa, avval uning zarur normallikdagi eritmasi taxminiy tayyorlanadi. Shu bilan bir vaqtda birorta to'g'ri keladigan boshlang'ich moddaning titrlangan eritmasini yuqorida bayon etilgan usulda tayyorlanadi. So'ngra, ko'rsatilgan moddalarning birini ikkinchisi bilan titrlanadi va boshlang'ich moddaning konsentratsiyasi ma'lum bo'lgani holda berilgan modda eritmasining aniq konsentratsiyasi (titri) hisoblab chiqariladi.

Masalan, NaOH eritmasini oksolat kislota eritmasi bilan titrlab, uning titrini aniqlash mumkin. Oksolat kislota kristall modda bo'lib, uni qayta kristallga tushirish yo'li bilan kimyoviy toza holda, ya'ni $N_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ formulaga qat'iy mos keladigan holda olish mumkin. Shunga asosan uning aniq tortib olingan miqdorini eritmasining hajmiga bo'lish yo'li bilan titrini topish mumkin.

Titri boshqa eritma bilan titrlash yoki eritmani tortma analiz qilish yo'li bilan topilgan eritmalar (NaOH ga o'xshash) aniqlangan eritmalar deyiladi.

Bundan boshlang'ich moddalarning hajmiy analizda qanchalik katta ahamiyati borligi o'z-o'zidan ma'lum bo'lib qoladi. Boshlang'ich modda yuqorida ko'rsatilgan talablarga qanchalik to'la javob bersa, «ish eritmasi» (ya'ni aniqlashlarda ishlatila-

digan titrlangan eritma)ning titri shunchalik aniq bo'ladi va analizda qilinadigan xato shunchalik kam bo'ladi.

Shuni ham aytish kerakki, ish eritmalarining titri hamma vaqt ham boshlang'ich moddalarga qarab aniqlanmaydi. Masalan, NaOH eritmasining titrini, titri tegishli boshlang'ich moddaga qarab aniqlangan HCl eritmasi bilan titrlab ham aniqlash mumkin. Bu usul yana shu jihatdan qulayki, unda ishlatiladigan boshlang'ich moddalarning soni kam bo'ladi, ularni tozalashga ketadigan vaqt tejaladi. Lekin ayrim-ayrim titrlarni aniqlashda yo'l qo'yiladigan xatolar jamlangani uchun bu usulning aniqligi kamroq bo'ladi.

Ba'zan titr eritmalarini tortma analiz qilish natijalariga asosan aniqlanadi. Masalan, HCl eritmasining titrini HCl ning ma'lum hajm eritmasiga AgNO_3 eritmasi ta'sir ettirilganda hosil bo'lgan AgCl cho'kmasining og'irligiga qarab aniqlash mumkin. Xuddi shunga o'xshash H_2SO_4 eritmasining titrini uning ma'lum hajmiga BaCl_2 eritmasi ta'sir ettirib va bunda hosil bo'lgan BaSO_4 cho'kmasini tortib aniqlash mumkin va hokazo.

Nihoyat, tabiiy birikmalar yoki sanoat mahsulotlarini analiz qilishda titrni aniqlash uchun boshlang'ich moddalar o'rniga ko'pincha standart namunalar ishlatiladi. Standart etalon namunalar ayni titrlangan eritma yordamida analiz qilinadigan materialning namunasi bo'lib, unda aniqlanayotgan element aniq miqdorda bo'ladi. Masalan, po'lat tarkibidagi marganesning miqdorini aniqlashda ishlatiladigan natriy arsenit Na_3AsO_3 eritmasining titri, tarkibidagi marganesning miqdori aniq ma'lum bo'lgan va tarozida tortib olingan standart po'lat namunasi bo'yicha aniqlanadi. Bronza tarkibidagi misning miqdorini aniqlash uchun ishlatiladigan natriy tiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasining titrini aniqlashda tarkibidagi misning miqdori aniq ma'lum bo'lgan bronzaning standart namunasi ishlatiladi va hokazo.

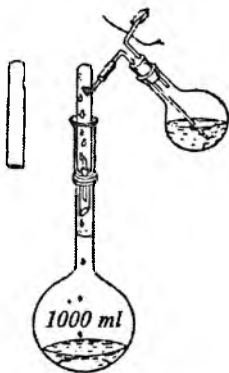
Titrni aniqlashda standart namunalarning ishlatilishi shu jihatdan qulayki, analizning titrlashdan oldingi hamma operatsiyalari va eritmadagi begona moddalar titrni aniqlashda va analizni bajarishda bir xilda bo'ladi. Shuning uchun ular analiz natijasiga ta'sir etmaydi va analizning aniqligi ortadi.

Titrni standart namunalar bo'yicha aniqlash to'g'risida aytilganlar hajmiy analiz asosiy qoidalaridan birining ahamiyatini

yaqqol ko'rsatib beradi. Bu qoida quyidagicha ta'riflanadi: analiz qaysi sharoitda bajariladigan bo'lsa, ish eritmalarining titrini ham iloji boricha shu sharoitda aniqlash kerak.

Haqiqatan bunday sharoitda aniqlashdagi barcha sistematik xatolar har ikki holda ham bir xilda bo'ladi va aniqlash natijasiga ta'sir etmaydi. Masalan, noto'g'ri kalibrlangan pipetka yoki o'lchov kolbadan foydalanib, ish eritmasining titri aniqlangan bo'lsa, shu idishlarning o'zini ishlatib, analiz natijalarini to'g'ri chiqarish mumkin. Shunday qilib, o'lchov idishni tekshirib ko'rmasdan ham ishlatish mumkin. Lekin ish jarayonida pipetka yoki o'lchov kolba sinib qolsa, analitik eritmalarining titrini qaytadan aniqlashi kerak. Bunday tasodifiy hollardan chetlanish uchun ham ishlatilayotgan o'lchov idishlari tekshiriladi.

Titrlangan eritmalar tayyorlash uchun amalda ko'pincha savdoda bo'lgan «fiksannalar»dan foydalaniladi. Ular 1 l aniq 0,1 *n* eritma tayyorlash uchun kerakli miqdorda aniq tortilib, yoki aniq o'lchanib, shisha ampulalarga solib kavsharlangan qattiq modda yoki titrlangan eritmalaridir. Fiksannadan titrlangan eritma tayyorlash ampuladagi moddani hajmi 1 l li kolbaga batamom o'tkazish, so'ngra uni eritib, eritmaning hajmi kolbaning chizig'iga yetguncha suyultirishdan iborat. Moddani ampuladan o'lchov kolbaga o'tkazish usuli 33-rasmda ko'rsatilgan.



33-rasm. Fiksannadan eritma tayyorlash

O'lov kolbaning bo'g'ziga nayzali voronka qo'yiladi va shu nayza yordamida ampulaning yupqa devorli tubi sindiriladi. Ampuladagi moddani kolbaga to'la o'tkazish uchun ampulaning yuqori qismidagi chuqurcha uchi o'tkir shisha tayoqcha bilan teshiladi. Teshikdan ampula ichiga yuvgich yordamida suv purkab yuviladi. So'ngra voronka yuviladi va uni olib qo'yib kolbadagi suyuqlikning hajmini suv qo'shib belgigacha yetkaziladi.

Titrlarni aniqlashda ham, analizni bajarishda ham ikki usulda titrlash mumkin.

1. Tarozida tortib olingan boshlang'ich (yoki analiz qilinadigan) moddani o'lov kolbasida eritiladi, so'ngra chiziqqa yetguncha suv bilan suyultiriladi va eritmani yaxshilab aralash-tiriladi. So'ngra eritmadan pipetka bilan olib titrlanadi. Pipetkada har gal olingan eritma tarkibida eritilgan moddadan ma'lum qism bo'ladi, buni *alikvot qism* ham deyiladi. Ishning bu usuli *pipetkalash usuli* deyiladi.

2. Boshlang'ich (yoki analiz qilinayotgan) moddadan ayrim-ayrim tortib olib, ularning har birini ixtiyoriy hajmdagi suvda eritiladi va hosil bo'lgan eritmaning hammasi titrlanadi. Ishning bunday usuli *ayrim-ayrim tortib olish usuli* deyiladi.

Ayrim-ayrim tortib olish usulida hajm bir marta o'lganligi (byuretkada) uchun hajm uch marta (o'lov kolbada, pipetkada va byuretkada) o'lganligi pipetkalash usuliga qaraganda ancha aniq natijalar beradi. Pipetkalash usulining afzal-ligi shundaki, bunda bir necha marta *bir xil* hajmdagi eritma titrlangani sababli ekvivalent nuqtani aniqlash oson bo'ladi. Bundan tashqari, bu usulda tarozida kam tortilganligi sababli ko'p vaqt talab qilmaydi.

12.5. Titrimetrik analiz usullarida suyuqliklar hajmini o'lchash asboblari

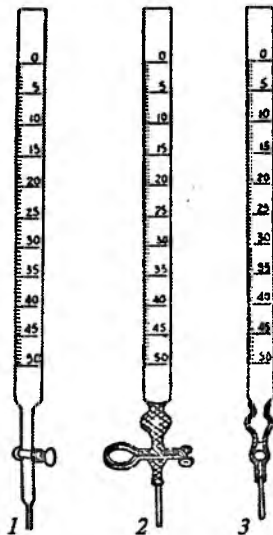
Ma'lumki, metrik sistemada sig'im birligining asosi litr, ya'ni 1 kg suvning uning eng yuqori zichlikka ega bo'lgan haroratdagi (3,98 °C) va normal atmosfera bosimidagi hajmidir. Litrlarning mingdan bir ulushi millilitr deyiladi. Bu miqdor kub detsimetrlarning mingdan bir ulushi bo'lgan kub santimetrga to'la

muvofoq kelmaydi, chunki bir detsimetr hajmdagi suv massasining og'irligi 1000 g emas, balki 1000,028 g bo'ladi.

Miqdoriy analizda hajmni aniq o'lchash uchun byuretkalar, pipetkalar va o'lchov kolbalari ishlatiladi.

Byuretkalar. Byuretkalar titrlash uchun ishlatiladi. Bu uzun silindr shaklidagi shisha nay bo'lib, bir uchi ingichka qilib cho'zilgan bo'ladi va unga rezina nay orqali uchi ingichka qilib cho'zilgan shisha nay ulanadi (34-rasm).

Rezina nayning bo'sh qismiga metalldan yasalgan. Qisqich (34-rasm, 2) o'rnatilgan bo'lib, qisqichning uchini barmoq bilan bosganda byuretkadagi suyuqlik oqib tushadi. Ba'zan rezina nayga qisqich o'rniga shishadan yasalgan kichkina sharcha o'rnatiladi (34-rasm, 3). Rezina nayning sharcha o'rnatilgan joyini qisilsa, rezina bilan sharcha orasida ingichka kanalcha hosil bo'lib, byuretkadagi suyuqlik shu kanalchadan oqib tushadi.



34-rasm. Byuretkalar

Rezinani emiradigan moddalar (masalan, yod eritmasi) eritmasi bilan titrlash uchun shisha jo'mrakli byuretkalar ishlatiladi (34-rasm, A).

Byuretka millilitrlarga (odatda, 25 yoki 50) va ularning har biri yana o'nga bo'lingan; nolinci daraja byuretkaning yuqori qismiga joylashgan.

Byuretkaning ingichka pastki uchiga havo kirib qolmasligi kerak. Kirib qolgan havoni chiqarib yuborish uchun qisqichni qattiq qisib, byuretkadan suyuqlikni stakan yoki kolbaga kuchli oqim bilan oqizish kerak. Shisha jo'mrakli byuretkalardan havoni bu usulda chiqarib bo'lmaydi. Bunday holda byuretkaning cho'zilgan uchi tegishli eritmaga botiriladi, so'ngra jo'mrak ochiladi va byuretkaning yuqori qismidan surib ozgina suyuqlik kiritiladi. Undan so'ng qolgan qismini odatdagicha to'ldiriladi.

Byuretkalar ifloslanmasligi uchun ularni suv bilan batamom to'ldiriladi va chang tushmasligi uchun ustiga shisha qalpoq yoki toza probirka yopib qo'yiladi.

Byuretkadagi suyuqlikning yuqorigi sirti yoyga o'xshash egilgandek bo'lib ko'rinadi (menisk). O'lchaganda, ko'zni menisk bilan bir tekislikda tutib, uning pastki cheti tegib turgan darajada hisobga olinadi.

Byuretkaning darajalari millilitrlarga va ularning undan bir ulushlariga to'g'ri keladi.

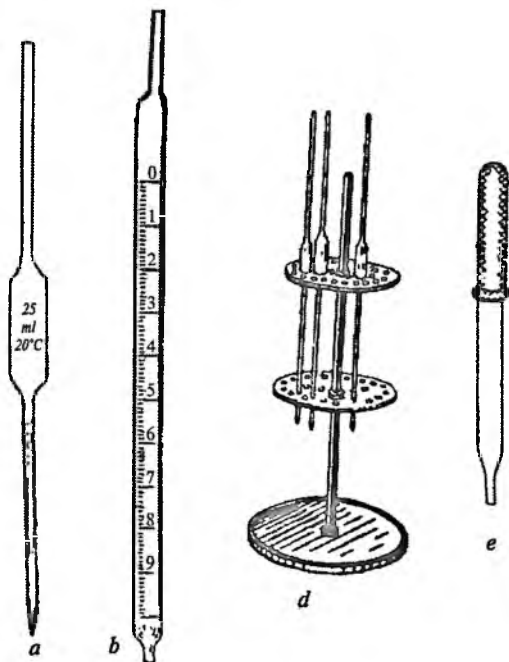
Har bir titrlashdan oldin, albatta, byuretkadagi suyuqlik sathning nolga keltirib olish, ya'ni hamma vaqt byuretkaning ma'lum bir qismidan foydalanish kerak.

Pipetkalar. Pipetkalar, odatda, tekshirilayotgan eritma (yoki reaktiv eritmasi)dan ma'lum hajmda aniq o'lchab olish uchun ishlatiladi; pipetka uzun ingichka nay bo'lib, o'rtasi kengaytirilgan bo'ladi (35- a rasm). Pipetkaning yuqorigi ingichka qismida aylana chiziqli bo'ladi va shu yergacha suyuqlik to'ldiriladi. Pipetkalarining sig'imi, odatda, 100, 50, 25, 20, 10 va 5 ml bo'ladi.

Oddiy pipetkalardan tashqari shakli byuretkaga o'xshash va xuddi byuretkaga kabi darajalangan hamda o'lchov pipetkasi (35- b rasm) deb ataluvchi pipetkalar ham ishlatiladi.

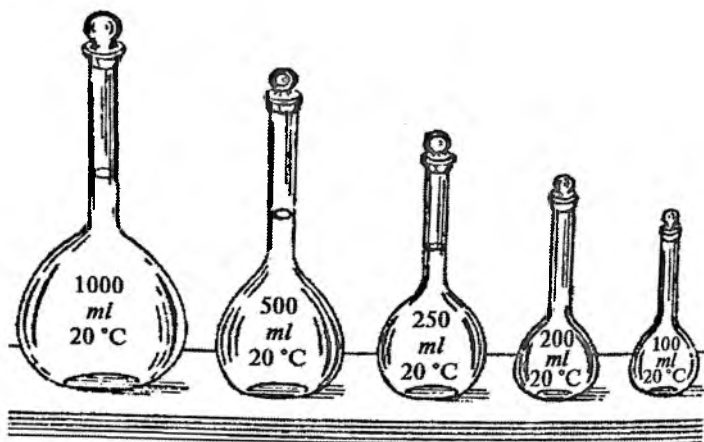
Ish tamom bo'lgach, pipetkalarni yuvib, maxsus shtativga (35- d rasm) qo'yiladi va ichiga chang tushmasligi uchun ustini

to'ng'rilgan probirka yoki paxtadan qilingan tampon bilan yopib qo'yiladi.



35-rasm. a — pipetka; b — o'lchov pipetkasi;
d — pipetkalar qo'yiladigan shtativ; e — tomizgich

O'lchov kolbalari. O'lchov kolbalari (36-rasm) tekshirilayotgan eritmani ma'lum hajmgacha suyultirib, uning ma'lum qismini pipetkalar yordamida titrlashga olishda, shuningdek, titrlangan eritmalar tayyorlashda foydalaniladi. Shunday qilib, o'lchov kolbalari byuretk va pipetkalar kabi ma'lum hajm suyuqlikni o'lchab olib boshqa idishga qo'yish uchun emas, balki ma'lum hajmdagi suyuqlikni solib qo'yishga mo'ljallangan.



36-rasm. O'lchov kolbalari

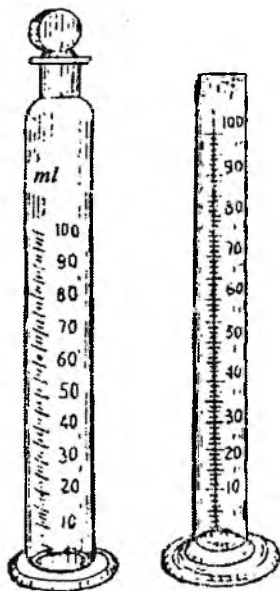
O'lchov kolbalari bo'yni ingichka va uzun kolbalar bo'lib, bo'ynida qayerigacha to'ldirilishi kerakligini ko'rsatuvchi doira shakldagi chiziq bo'ladi.

O'lchov kolbaga suyuqlik avval voronka orqali, suyuqlik chiziqqa yaqinlashgach esa tomizgich pipetka (35- e rasm) orqali quyiladi. Tomizgich pipetka bilan quyishda meniskning pastki cheti chiziqqa tekkuncha tomchilatib to'ldiriladi.

Bunda ko'zni chiziq bilan bir tekisda tutish, ya'ni chiziqning oldingi yarmi (ishlovchiga qaragan) uning keyingi yarmini bekitishi kerak.

O'lchov silindrlari (37-rasm) suyuqliklar hajmini hajmiy analizda talab qilinadigan darajada aniqlik bilan o'lchashga yaroqsizdir. Shuning uchun ular analiz natijalarini hisoblashda hajmlari hisobga olinmaydigan biror yordamchi reaktiv eritmalarini o'lchab olishdagina ishlatiladi.

Har qanday o'lchov idish ma'lum bir haroratda (odatda, bu idishda ko'rsatilgan bo'ladi) kalibrlanadi. 20 °C normal harorat, deb hisoblanadi.



37-rasm. O'lchov silindrlari

12.6. Titrimetrik analizda eritmalarining normalligi. Gramm-ekvivalent soni

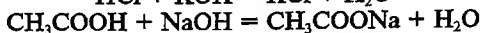
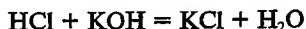
Hajmiy analizda titrlangan ish eritmalarining konsentrat-siyalari ko'pincha titr bilan ifodalanadi, ya'ni 1 ml eritma tarki-bida qancha gramm erigan modda borligi ko'rsatiladi. Ularni normallik bilan ifodalash yana ham qulayroqdir.

Ma'lumki, normallik deb, 1 l eritmada necha gramm-ekvi-valent erigan modda borligini ko'rsatadigan songa aytiladi.

Biror moddaning gramm-ekvivalenti deb, uning ayni reak-siyada bir gramm-atom (yoki gramm-ion) vodorodga kimyoviy ji-hatdan teng (ekvivalent) keladigan va grammlarda ifodalangan miqdoriga aytiladi.

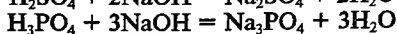
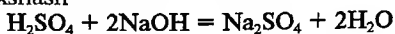
Gramm-ekvivalentni topish uchun reaksiya tenglamasi yoziladi va unga ayni moddaning necha grammi bir gramm-atom yoki bir gramm-ion vodorodga to'g'ri kelishi hisoblab chiqiladi.

Masalan,



tenglamalarda gramm-ekvivalent HCl ning bir gramm molekulasi (36,46 g)ga va CH₃COOH ning bir gramm-molekulasi (60,05 g)ga teng, chunki ko'rsatilgan kislotalarning miqdorlari reaksiyada bir gramm-iondan vodorod hosil qiladi va u ishqorning gidroksil ionlari bilan reaksiyaga kirishadi.

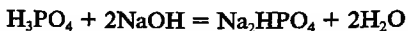
Shunga o'xshash



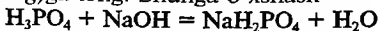
reaksiyalarda H₂SO₄ va H₃PO₄ ning bir gramm-molekulalari vodorodning ikki (H₂SO₄) va uch (H₃PO₄) gramm-ioniga to'g'ri keladi. Demak, H₂SO₄ ning gramm-ekvivalenti 1/2 gramm-molekula (49,04 g)ga, H₃PO₄ niki esa 113 gramm-molekula (32,67 g)ga teng.

Ma'lumki, ikki va ko'p negizli kislotalarning molekulari reaksiyalarda ion holiga o'ta oladigan vodorod atomlarining hammasi bilan emas, ularning bir qismi bilan qatnashadi. Bino-barin, ularning gramm-ekvivalentlari ham bu holda boshqacha bo'lishi kerak.

Masalan,



reaksiyada H₃PO₄ ning har bir molekulasi faqat 2 vodorod, ioni bergani uchun uning gramm-ekvivalenti x/s emas, x/g gramm-molekula (49,00 g)ga teng. Shunga o'xshash



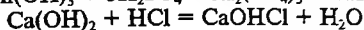
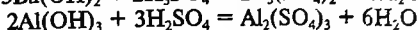
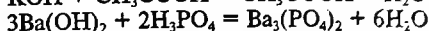
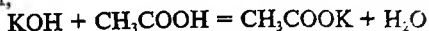
reaksiyada u H₃PO₄ ning bir gramm-molekulasi (98,00 g) ga teng.

Shunday qilib, gramm-ekvivalent, gramm-molekuladan farqli ravishda, doimiy son bo'lmasdan, modda qatnashayotgan reaksiyaga qarab o'zgarib turadi. Shuning uchun gramm-ekvivalentning yuqorida keltirilgan ta'rifidagi ayni reaksiyada degan so'zga alohida e'tibor berish kerak.

Bir gramm-ion OH⁻ bir gramm-ion H⁺ bilan reaksiyaga

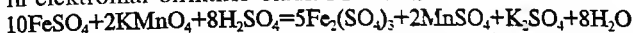
kirishgani va vodorodga ekvivalent bo'lgani uchun asoslarning gramm-ekvivalentlari ham yuqoridagiga o'zlash usulda topiladi. Farqi faqat shundaki, bu holda ularning gramm-molekulasini reaksiyaga ishtirok etgan OH^- ionlari soniga bo'linadi.

Masalan,

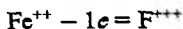


reaksiyalarda asoslarning gramm-ekvivalentlari tegishli KOH ning bir gramm-molekulasiga, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ning $1/2$ gramm-molekulasiga, $\text{Al}(\text{OH})_3$ ning $1/3$ gramm-molekulasiga va $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning bir gramm-molekulasiga teng.

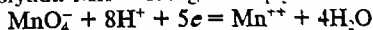
Kislota va asoslarning gramm-ekvivalentlarini topish bilan tanishdik, endi oksidimetriyada uchraydigan oksidlovchilar va qaytaruvchilarning gramm-ekvivalentlarini hisoblash metodikasini ko'rib chiqamiz. L.V. Pissarjevskiy tomonidan fanga kiritilgan hozirgi zamon tushunchalari bo'yicha oksidlanish-qaytarilish jarayonlarining mohiyati reaksiyaga qatnashayotgan modda tarkibidagi atom yoki ionlar orasida elektronlarning qayta taqsimlanishidan iborat. Qaytaruvchining atomlari (yoki ionlari) oksidlanadi, ya'ni o'zining valent elektronlarining bir qismini yo'qotadi, oksidlovchining atomlari (ionlari) esa qaytariladi, ya'ni elektronlar biriktirib oladi. Masalan.



reaksiyada qaytaruvchi FeSO_4 yoki aniqrog'i Fe^{++} ionlaridir, bu ionlar bittadan elektron yo'qotib oksidlanadi va Fe^{+++} ionlariga aylanadi.



Oksidlovchi KMnO_4 yoki aniqrog'i uning tarkibidagi MnO_4^- ionidir, u reaksiyada Mn^{++} ionigacha qaytariladi.

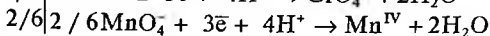
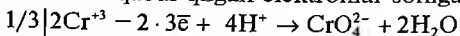


Elektronlar erkin holda qola olmasligi uchun qaytaruvchining atomlari qancha elektron bersa, oksidlovchining atomlari shuncha elektron qabul qilib olishi kerak. Shu shartga asosan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining ko'effitsiyentlari va ular-dagi elementlarning og'irlik nisbatlari topiladi. Demak, oksidlovchi va qaytaruvchining gramm-ekvivalentini hisoblashda ham

bir molekula modda yo'qotgan yoki qabul qilib olgan elektronlar soniga asoslanish kerak.

Yuqorida aytib o'tilgan ediki, FeSO_4 (kislotali muhitda) oksidlanganda KMnO_4 molekulasi 5 elektron, ya'ni 5 ta H^+ ionlari biriktirib olishi mumkin bo'lgan miqdorda elektron qabul qiladi. Demak, ushbu reaksiyada bir gramm-ion vodorodga KMnO_4 ning $1/5$ gramm-molekulasi (ya'ni 31,61 g) ekvivalent bo'ladi. Bu miqdor shu moddaning oksidlash gramm-ekvivalenti bo'ladi.

Demak, oksidlash gramm-ekvivalentini topish uchun oksidlovchining gramm-molekulyar og'irligini shu reaksiyada uning bir molekulasi qabul qilgan elektronlar soniga bo'lishi kerak.

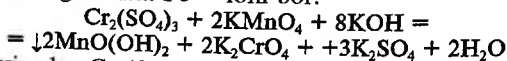


Demak,

$$E_{\text{KMnO}_4} = \frac{M.m. \cdot \text{KMnO}_4}{3}; \quad E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{M.m. \cdot \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{6}$$

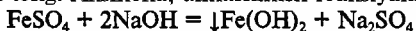
bu yerda: E_{KMnO_4} ; $E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$ – KMnO_4 va $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ uchun ekvivalent massasi.

Qaytaruvchilarning qaytarish gramm-ekvivalenti ham shunday topiladi, farqi shundaki, ushbu holda gap qabul qilingan elektronlar haqida emas, balki bir molekula qaytaruvchining bergan elektronlari haqida boradi. Masalan, ko'rilayotgan reaksiyada FeSO_4 ning qaytarish gramm-ekvivalenti uning bir gramm-molekulasiga teng. Chunki FeSO_4 molekulasida 1 elektron yo'qotadigan bitta Fe^{++} ion bor.

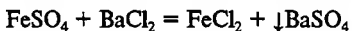


Reaksiyada $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ning qaytarish gramm-ekvivalenti uning $1/3$ gramm-molekulasiga teng, chunki har bir xrom atomi o'z valentini +3 dan +6 ga orttiradi, ya'ni 3 elektron yo'qotadi. KMnO_4 ning oksidlash gramm-ekvivalenti esa bu reaksiyada marganes o'zining valentini +7 dan +4 gacha kamaytirgani, ya'ni 3 ta elektron qabul qilgani uchun $1/5$ emas, balki $1/3$ gramm-molekulaga teng. Demak, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida gramm-ekvivalent shu modda ishtirok etayotgan reaksiyaga bog'liqdir.

Moddalarning oksidlash yoki qaytarish gramm-ekvivalentlarini ularning almashinish reaksiyalaridagi gramm-ekvivalentlaridan farq qila bilish kerak. Masalan, FeSO_4 ning qaytarish gramm-ekvivalenti, yuqorida ko'rganimizdek, uning gramm-molekulasiga teng. Aksincha, almashinish reaksiyalarida



yoki



FeSO_4 ning gramm-ekvivalenti $1/2$ gramm-molekulaga teng.

Turlicha zaryadlangan ionlarning o'zaro birikishidan iborat bo'lgan almashinish reaksiyalarida og'irlik nisbatlari va demak, gramm-ekvivalent qiymatlari shu reaksiyada ishtirok etayotgan zaryadlar soni bilan aniqlanadi. Xuddi shuningdek, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida ular elektronlar soni bilan aniqlanadi. Bu esa yuqorida keltirilgan gramm-ekvivalentni topish qoidasini almashinish reaksiyalariga tatbiq etishga imkon beradi va bu qoida shunday ta'riflanadi: *biror moddaning gramm-ekvivalenti (E) ni topish uchun uning gramm-molekulyar og'irligi (M)ni shu modda bir molekulasining ayni reaksiyada ishtirok etishi bilan bog'liq bo'lgan zaryadlar yoki elektronlar soni (n)ga bo'lish kerak, ya'ni*

$$E = \frac{M}{n}$$

1 litrida 1 g-ekv modda bo'lgan eritmalar normal (yoki 1 normal) eritmalar deb ataladi. Masalan, sulfat kislota bir normal eritmasining 1 l da $98,08 : 2 = 49,04$ g H_2SO_4 bo'ladi, bir normal permanganat eritmasining bir litrida $158,04 : 5 = 31,61$ g KMnO_4 bo'ladi va hokazo. Ko'rsatilgan moddalarning 1 mg-ekv ularning 0,001 g-ekv ini tashkil etadi va bu miqdor ularning bir normal eritmasining 1 ml eritmada bo'ladi. Demak, eritmaning normalligi 1 l eritmada necha gramm-ekvivalent yoki 1 ml eritmada necha miligramm-ekvivalent modda borligini ko'rsatadi.

Agar eritmalarning normalligi turlicha bo'lsa, titrlashga normalligi katta bo'lgan eritmadan shuncha marta kam hajm sarflanadi. Masalan, kislota 20 ml 0,1 n eritmasini neytrallash uchun ishqorning 0,1 n eritmasidan 20 ml, 0,2 n eritmasidan 10 ml yoki 0,4 n eritmasidan 5 ml sarflanadi va hokazo.

Demak, *titrlashga sarflanadigan eritmalarining hajmi ularning normalligiga teskari proporsionaldir*. Agar titrlashda reaksiyaga kirishayotgan eritmalaridan birining hajmini V_1 va normalligini N_1 bilan, ikkinchisini esa V_2 va N_2 bilan ifodalasak, shunday yozish mumkin:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

yoki

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

Boshqacha aytganda, titrlashda sarflanadigan eritma hajmi-ning uning normalligiga ko'paytmasi, reaksiyaga kirishayotgan ikkala modda uchun ham doimiy miqdordir. Bu $N_1 V_1$ va $N_2 V_2$ ko'paytmalar reaksiyaga kirishayotgan har ikki moddaning titrlashda sarflanadigan milligramm-ekvivalent miqdori ekanligidan ham ko'rinadi. Shuning uchun bu ko'paytmalar o'zaro teng bo'lishi kerak.

12.7. Titrimetrik analizdagi natijalarini hisoblash

Ish eritmalarining konsentratsiyalarini turli usullarda ifodalangandagi hajmiy analiz natijalarini hisoblash tartibini ko'rib chiqamiz. Buni ma'lum normallikdagi eritmalar ishlatishga asoslangan va eng ko'p qo'llaniladigan usulidan boshlaymiz. Normal konsentratsiya — 1 l (1000 ml) eritmada erigan modda miqdorining gramm-ekvivalentlar soni, eritmaning normal konsentratsiyasi C_n yoki N bilan belgilanadi. Quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$C_n = N = \frac{g}{E \cdot V} \cdot 1000$$

bu yerda: C_n yoki N — normal konsentratsiya, g-ekv/l;

g — modda miqdori, g;

E — erigan moddaning gramm-ekvivalentlar soni, g;

V — eritma hajmi, ml.

Misol: Agar 250 ml eritmada 32,66 g H_3PO_4 borligini ma'lum bo'lsa, fosfat kislota eritmasining normalligini hisoblang?

Yechish: 32,66 g fosfat kislota eritmasining gramm-ekvivalenti bo'lsa, unda — 1 l eritmada 1 g · mol erigan bo'lsa, 250 ml eritmada qancha bo'ladi?

$$32,66 \text{ g} - 250 \text{ ml}$$

$$x \text{ g} - 1000 \text{ ml}$$

$$x = \frac{1000 \cdot 32,66}{250};$$

$$x = 128 \text{ g.}$$

Demak, 128 g kislota berilgan eritmada bo'lsa, unda porsiya tuzamiz.

$$32,66 \text{ g} - 1 \text{ n bo'lsa};$$

$$128 \text{ g H}_3\text{PO}_4 - x \text{ n}$$

unda,

$$x = \frac{128 \cdot 1}{32,66};$$

$$x = 4 \text{ n.}$$

Demak, berilgan H_3PO_4 4 n bo'ladi.

Konsentratsiya normallik bilan ifodalangandagi hisoblash.

Aniqlashda qo'llanilgan usul pipetkalash yoki ayrim-ayrim tortib olish usuli bo'lishiga qarab hisoblash tartibi har xil bo'ladi.

Pipetkalash usulidagi hisoblash. 250,0 ml li o'lchov kolbaga $\text{Ba}(\text{OH})_2$ solib eritildi va eritmaning hajmi kolbaning chizig'iga yetguncha suv bilan suyultirildi. Agar hosil bo'lgan eritmaning 20,00 ml ini titrlashga HCl ning 0,09834 n eritmasidan 22,40 ml sarflangan bo'lsa, qancha $\text{Ba}(\text{OH})_2$ eritilgan?

Titrlashda reaksiyaga kirishayotgan har ikki modda eritmalarining hajmlarini normalliklariga ko'paytmasi bir xil son bo'lishi kerakligi yuqorida aytib o'tilgan edi. Demak, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ eritmasining normalligini N bilan belgilab shunday yozish mumkin:

$$20,00 \cdot N = 22,40 \cdot 0,09884$$

bundan,

$$N = \frac{22,40 \cdot 0,09884}{20,00} = 0,1108.$$

Agar $\text{Ba}(\text{OH})_2$ eritmasi titrlangan eritma bo'lsa, ya'ni biror boshqa eritmani titrlash uchun ishlatilsa, olingan natija uning konsentratsiyasini ifodalab, boshqa hisoblash o'tkazilmasa ham bo'lar edi.

Lekin bu yerda tekshirilayotgan 250 ml eritmadagi $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ning miqdorini topish kerak. Buning uchun $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ning

topilgan normalligidan uning titrini hisoblab, olingan natijani 250 ga ko'paytirish kerak.

$\text{Ba}(\text{OH})_2$ ning gramm-ekvivalenti $M : 2$, ya'ni 85,69 g ga teng bo'lganligidan uning 0,1108 n l eritmasida $0,1108 \cdot 85,69$ g $\text{Ba}(\text{OH})_2$ bo'ladi. Demak, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ eritmasining titri:

$$T_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = \frac{0,1108 \cdot 85,69}{1000} = 0,009493 \text{ g/ml.}$$

Bu eritmaning 250,0 ml da

$$Q = V \cdot T = 250,0 \cdot 0,009493 = 2,373 \text{ g Ba}(\text{OH})_2$$

bu yerda titrni topish shart emas, 250 ml (ya'ni 0,25 l) eritmadagi $\text{Ba}(\text{OH})_2$ miqdorini quyidagicha to'g'ridan to'g'ri hisoblash mumkin:

$$Q = 0,1108 - 85,69 - 0,2500 = 2,373 \text{ g.}$$

Bunday hisoblashlarni katta aniqlik bilan bajarish lozim.

Ayrim-ayrim tortib olish usulidagi hisoblashlar. 1) 0,1590 g kimyoviy toza oksolat kislota $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ni (ixtiyoriy hajmdagi suvda eritilgan) titrlashga NaOH ning 24,60 ml eritmasi sarflangan. NaOH eritmasining normalligi va titrini toping.

Ko'rilayotgan masalani yechishda, $N_1 V_1 = N_2 V_2$ tenglamani qo'llab bo'lmaydi, chunki faqat bitta eritma (NaOH) ning hajmi ma'lum, oksolat kislota eritmasining normalligi o'rniga esa uning tortib olingan miqdori berilgan. Har qanday titrlashda reaksiyaga kirishayotgan moddalarning reaksiyaga sarflanadigan gramm-ekvivalentlari soni bir xil bo'lgani uchun NaOH va $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ larning gramm-ekvivalentlarini hisoblashda ularni bir-biriga tenglash kerak. Bunda NaOH eritmasining normalligini oson aniqlash mumkin bo'lgan tenglama kelib chiqadi.

Bu reaksiyada oksolat kislota o'rta tuz — $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ga aylanadi, ya'ni u reaksiyada ikki negizli kislota sifatida ishtirok etadi. Demak, oksolat kislota eritmasining gramm-ekvivalenti uning 112 gramm-molekulasiga, ya'ni 63,04 g ga teng. Oksolat kislota eritmasining tortib olingan miqdorida esa 0,1590 : 63,04 g-ekv bo'ladi.

Ikkinchi tomondan, agar NaOH eritmasining aniqlanayotgan normalligi N bo'lsa, bu uning 1 l da N g-ekv, 1 ml da esa $N : 1000$ g-ekv NaOH bo'ladi.

Demak, o'yuvchi natriyning titrlashga sarflangan 24,60 ml eritmasida

$$\frac{24,60 \cdot N}{1000} g \cdot ekv$$

NaOH bo'ladi.

Tenglama tuzamiz:

NaOH ning *g-ekv* soni = $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ning *g-ekv* soni, ya'ni

$$\frac{24,60 \cdot N}{1000} = \frac{0,1590}{63,04}.$$

Bu tenglamani yechsak:

$$N = \frac{0,1590 \cdot 1000}{24,60 \cdot 63,04} = 0,1025.$$

Shunday qilib, NaOH eritmasining konsentratsiyasi 0,1025 *n* ga teng. Bundan NaOH ning titrini topish oson:

$$T_{NaOH} = \frac{0,1025 \cdot 40,01}{1000} = 0,004101.$$

Arap sirka kislota eritmasini titrlashga NaOH ning 0,1145 *n* eritmasidan 20,50 ml sarflangan bo'lsa, eritmadagi sirka kislotaning miqdori qancha?

Yuqoridagicha mulohaza yuritib, titrlashga

$$\frac{20,50 \cdot 0,1145}{1000} g \cdot ekv$$

NaOH sarflanganini topamiz.

Eritmada sirka kislotadan ham shuncha gramm-ekvivalent bor edi. Uning gramm-ekvivalenti 60,05 g ga teng, bundan:

$$Q_{CH_3COOH} = \frac{20,50 \cdot 0,1145 \cdot 60,05}{1000} = 0,4101 g.$$

Ba'zan analiz natijalarini hisoblashda sarflangan eritmaning hajmini xuddi shu modda 1 *n* eritmasining ekvivalent hajmiga aylantirish qulay bo'lib qoladi. Buning uchun *berilgan eritmaning hajmini uning normalliliga ko'paytirish kerak*.

Masalan, biror ishqor eritmasini titrlashga HCl ning 0,25 *n* eritmasidan 20,00 ml sarflangan bo'lsa, bu shu eritmaga nisbatan 4 marta konsentrlangan (1 *n*) eritmadan $20,00 \cdot 0,25 = 5$ ml ishlatish bilan baravar bo'ladi.

Eritmaning konsentratsiyasini titr bilan ifodalangandagi hisoblash

$$T = \frac{g}{V} \text{ g/ml.}$$

Titr deb, bir millilitrdagi moddaning gramm miqdoriga aytiladi.

T – titr, konsentratsiya, g/ml ;

g – moddaning gramm, g ;

V – eritmaning hajmi, ml .

Eritmaning titri va normal konsentratsiyasi o'rtasida quyidagi bog'lanish mavjud;

$$T = \frac{N \cdot E}{1000};$$

$$N = \frac{T \cdot 1000}{E} = \frac{g \cdot 1000}{E \cdot V};$$

bunda: N – eritmaning normalligi;

g – modda miqdori, g ;

T – eritma titri, g/ml ;

V – eritmaning hajmi, ml ;

E – erigan moddaning ekvivalenti.

Ayrim paytda moddaning titri aniqlanayotgan modda bo'yicha hisoblanadi (A/B moddalar uchun):

$$T_{A/B} = \frac{N_A \cdot E_B}{1000}.$$

Bunda eritma titri shu eritmaning 1 ml aniqlanayotgan modda miqdorining necha grammiga to'g'ri kelishini ko'rsatadi.

1-misol. Na_2CO_3 tayyorlangan eritmasining titri $T = 0,005312 \text{ g/ml}$, uning 1 n konsentratsiyasi eritmasining titri $T_1 = 53 : 1000 = 0,053 \text{ g/ml}$ bo'lsa, normalligi quyidacha bo'ladi.

$$N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{0,005312}{0,05300} = 0,1002 \text{ n};$$

$$N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,1002 \text{ n}$$

aksincha, eritmaning normaligini bilgan holda, uning titrini quyidagi formulaga ko'ra hisoblash mumkin:

$$T = N \cdot T_1$$

$$T = 0,1002 \cdot 0,5300 = 0,005312 \text{ g/ml.}$$

Standart eritmalarning konsentratsiyasini hisoblash.

Buning uchun dastlabki hajmi aniq, lekin normalligi taxminiy bo'lgan eritma tayyorlanadi. So'ngra titrlash yo'li bilan uning aniq normalligi topiladi.

2-misol. 20 °C da zichligi 1,84 g/sm ga teng konsentrlangan kislotalardan konsentratsiyasi taxminan 0,1 n bo'lgan 500 ml eritma tayyorlandi. Uning aniq normalligi topilsin. Bunda standart ish eritmasi sifatida NaOH eritmasidan foydalaniladi.

Yechish. Sulfat kislota to'liq neytrallanganda uning ekvivalent massasi 98,04 : 2 = 49,02 g/mol ga teng. Konsentratsiyasi taxminan 0,1 n bo'lgan 0,5 l eritma tayyorlash uchun suvsiz sof H₂SO₄ dan kerak bo'ladigan miqdori quyidacha hisoblab topiladi:

$$E \cdot N \cdot V = 49,02 \cdot 0,1 \cdot 0,5 = 2,46 \text{ g.}$$

Ma'lumotnomadan zichligi, 1,84 g/sm³ bo'lgan, sulfat kislotalarning konsentratsiyasi 96 % ekanligi topiladi, so'ngra 96 %li kislotalarning qanday miqdorida 2,46 g sof H₂SO₄ borligi hisoblanadi:

100 g 96 %li H₂SO₄ da 96 g sof kislota bor;

x g 96 %li H₂SO₄ da 2,46 g.

$$x = \frac{100 \cdot 2,46}{96} = 2,55 \text{ g.}$$

Suyuqliklarni tarozida tortish qiyin, shuning uchun massani hajmlarda ifodalagan ma'qul. Bunda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$V = \frac{x}{p} = \frac{2,55}{1,84} = 1,39 \text{ ml}$$

Shunday qilib, 0,1 n konsentratsiyali 500 ml sulfat kislota eritmasini tayyorlash uchun pipetka yordamida 1,39 ml konsentrlangan (p = 1,84 g/sm³) sulfat kislota olinadi va uni yarmiga qadar distillangan suv quyilgan o'lchov kolbasiga solib chayqatiladi va so'ngra kolba belgisiga qadar suv to'ldiriladi.

Tayyorlangan ushbu eritmaning haqiqiy normalligi standart moddalar (Na₂CO₃ · 10H₂O; Na₂B₄O₇ · 10H₂O) yoki titri aniq o'yuvchi natriy yordamida titrlash yo'li bilan aniqlanadi.

3-misol. 0,3 n Al₂(SO₄)₃ eritmasining molyarligi nimaga teng?

Yechish. Al₂(SO₄)₃ ning gramm-ekvivalenti 1/6 g/mol ga

teng. Demak, bu tuzning $0,3 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3$ *ekv* da necha mol bor ekanligini bilish uchun $0,3$ ni $1/6$ ga ko'paytirish kerak. Shunday qilib,

$$M = N \cdot 1/6 = 0,3 \cdot 1/6 = 0,05$$

ya'ni $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ eritmasi molyarligi $0,05$ ga teng.

4-misol. HCl ning $50 \text{ ml } 2 \text{ n}$ eritmasini $0,3 \text{ n}$ eritmaga aylantirish uchun qanday hajmgacha suyultirish kerak?

Yechish. Eritmaning hajmini uning normalligiga ko'paytmasi eritmaning shu hajmidagi tegishli moddaning milligramm-ekvivalentlar sonini ko'rsatadi. Agar eritma suyultirilsa, uning hajmi va normalligi o'zgaradi, lekin undagi erigan moddaning umumiy milligramm-ekvivalentlar miqdori o'zgarmasdan qoladi:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

Misolga tatbiq etsak:

$$V \cdot 0,3 = 50,0 \cdot 2,0$$

bundan,

$$V = \frac{50,0 \cdot 0,2}{0,3} = 333 \text{ ml}$$

Shunday qilib, HCl ning $2 \text{ n } 50 \text{ ml}$ eritmasini $0,3 \text{ n}$ li eritmaga aylantirish uchun eritma hajmini 333 ml ga yetguncha suv bilan suyultirish kerak.

5-misol. $30 \text{ ml } 0,2 \text{ n}$ eritmadagi modda, 1 n eritmaning qancha hajmida bo'ladi?

Yechish. Ikkala eritmada ham erigan modda miqdori bir xil bo'lgani uchun ular hajmining normalliklariga ko'paytmasi ham bir xil bo'lishi kerak:

$$V \cdot 1 = 30 \cdot 0,2$$

$$V = 6 \text{ ml}$$

Normalligi ma'lum bo'lgan, berilgan eritma 1 n eritmaning qanchasiga ekvivalent ekanligini topish uchun berilgan eritmaning hajmini uning normalligiga ko'paytirish kerak.

Elementni ko'p namunalardan aniqlashga to'g'ri keladigan laboratoriyalarda juda ko'p qo'llaniladi. Aksincha, ko'plab analiz qilinmasa va ayni titrlangan eritma faqat bitta elementni emas, turli elementlarni aniqlashda ishlatilsa, analiz natijalarini eritmaning normalligiga asosan hisoblash qulaydir.

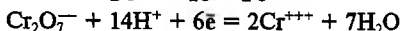
Konsentratsiyani eritmaning aniqlanayotgan modda bo'yicha titri bilan ifodalangandagi hisoblashga yana bir necha misol ko'rib chiqamiz.

1. $K_2Cr_2O_7$ eritmasining titri 0,005000 g/ml ga teng. Shu eritmaning temir bo'yicha titri $T_{K_2Cr_2O_7/Fe}$ ni hisoblang.

Eritmaning turli moddaning grammlar miqdori bilan ifodalanigan titri o'zaro shu moddalarning gramm-ekvivalentlari nisbati kabi bo'ladi. Shuning uchun bunday yozish mumkin:

$$\frac{T_{K_2Cr_2O_7/Fe}}{T_{K_2Cr_2O_7}} = \frac{E_{Fe}}{E_{K_2Cr_2O_7}}$$

lekin shu reaksiyada qatnashayotgan qaytaruvchi va oksidlovchi uchun tuzilgan elektron-ionli tenglamalardan



ko'rinadiki,

$$E_{Fe} = A_{Fe} = 55,85 \text{ g}$$

va

$$E_{K_2Cr_2O_7} = \frac{M}{6} = 49,03 \text{ g}.$$

Demak,

$$T_{K_2Cr_2O_7/Fe} = T_{K_2Cr_2O_7} \cdot \frac{E_{Fe}}{E_{K_2Cr_2O_7}} = 0,005000 \cdot \frac{55,85}{49,03} = 0,005696 \text{ g} \cdot Fe/ml.$$

2. Tarkibida 0,1170 g Fe bo'lgan eritmani titrlash uchun $KMnO_4$ ning 20,0 ml eritmasi sarflanadi. $KMnO_4$ eritmasining temir bo'yicha titrini aniqlang.

Agar $KMnO_4$ ning 20,00 ml eritmasi bilan 0,1170 g Fe^{++} titrlansa, uning bir millilitri bilan 20 marta kam miqdor Fe^{++} ni titrlash mumkin. Demak:

$$T_{KMnO_4/Fe} = \frac{0,1170}{20,00} = 0,005850 \text{ g} \cdot Fe/ml.$$

3. Agar sirka kislota eritmasini titrlash uchun NaOH ning 0,1145 n eritmasidan 20,50 ml sarflangan bo'lsa, eritmada qancha sirka kislota bo'lgan?

Avvalo, NaOH eritmasining sirka kislota bo'yicha titrini topamiz:

$$T_{NaOH/CH_3COOH} = \frac{0,1145 \cdot 60,05}{1000}.$$

Shuncha gramm miqdordagi CH_3COOH , NaOH ning 1 m eritmasi bilan reaksiyaga kirishadi. NaOH ning 20,50 ml eritmasi sarflangani uchun sirka kislotaning izlanayotgan miqdori:

$$Q_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{0,1145 \cdot 60,05 \cdot 20,50}{1000} = 0,1410 \text{ g.}$$

Shunday qilib, analiz natijalarini ayrim-ayrim tortib olish usuli bilan hisoblashda aniqlanayotgan elementning miqdorini ikki xil usulda topish mumkin. Birinchi usulda oldin ish eritmasining titrlashga sarflangan gramm-ekvivalenti hisoblanadi va uni aniqlanayotgan moddaning gramm-ekvivalentiga ko'paytirib topiladi. Ikkinchi usulda ish eritmasining normalligini uning aniqlanayotgan modda bo'yicha titriga aylantiriladi va bu titrni ish eritmasining sarflangan hajmiga ko'paytirib aniqlanayotgan elementning miqdori topiladi. Ikkala usul ham bir xilda qulay bo'lib, Q ni topishda bitta ifodaga olib keladi.

Eritmalar tayyorlash va suyultirishdagi hisoblashlar

Moddalar miqdorini aniqlashda titr va normalligini hisoblashdan tashqari, eritmalar tayyorlash yoki suyultirishda, ularning konsentratsiyalarini ifodalashning bir usulidan ikkinchi usuliga o'tishda va hokazolarda ham turli xil hisoblashlar o'tkaziladi. Bu hisoblashlarga mukammalroq to'xtalib o'tamiz.

Ma'lumki, eritmaning konsentratsiyasi deganda, odatda, eritmaning hajm (yoki og'irlik) birligida erigan moddaning miqdori tushuniladi. Hajm birligi qilib 1 l qabul qilinadi, erigan moddaning miqdori esa ko'pincha yo mol (gramm-molekula) yoki gramm-ekvivalent bilan ifodalanadi.

Miqdoriy analiz amaliyotida ko'pincha eritmalar konsentratsiyalarini ifodalashning bir usulidan ikkinchi usuliga o'tish bilan bog'liq bo'lgan, titrlash natijalarini, aniqlashga doir hisoblashlarni o'tkazishga to'g'ri keladi.

1-misol. Xlorid kislotaning 0,1 N eritmasida 10 litr tayyorlash uchun konsentrlangan HCl ($\rho = 1,19 \text{ g/ml}$) dan necha millilitr kerak?

Yechish:

Xlorid kislotaning ekvivalenti massasini topamiz:

$$E_{\text{HCl}} = \frac{M_{\text{HCl}}}{1} = \frac{36,46}{1} = 36,46 \text{ g.}$$

0,1 N 10 l eritma tayyorlash uchun zarur bo'ladigan HCl massasi quyidagi formuladan hisoblaymiz:

$$g_{\text{HCl}} = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000} = \frac{0,1 \cdot 36,46 \cdot 1000}{1000} = 36,46 \text{ g.}$$

Ma'lumotnomadagi jadvaldan zichligi 1,19 g/ml bo'lgan HCl ning foiz konsentratsiyasini 38,30 % ekanligini topib, 36,46 g HCl shunday kislota eritmasining necha grammida bo'lishini hisoblaymiz.

100 g eritmada 38,30 g HCl bor;

x g eritmada 36,46 g;

$$x = \frac{100 \cdot 36,46}{38,30} = 95,20 \text{ g.}$$

Va nihoyat shuncha miqdor massadagi eritmaning hajmini hisoblab topamiz.

$$g_{\text{HCl}} = \frac{g}{\rho} = \frac{95,2}{1,19} = 80 \text{ ml}$$

Binobarin, 10 litr 0,1 N eritma tayyorlash uchun 80 ml konsentrlangan HCl ($\rho = 1,19 \text{ g/ml}$) o'lchab olib, uning hajmini distillangan suv qo'shib, hajmini 10 litrga yetkaziladi.

2-misol. 0,2 N 1 litr eritma tayyorlash uchun natriy karbonat Na_2CO_3 necha gramm kerak bo'ladi?

Yechish: Natriy karbonatning ekvivalent massasini uni molekulyar massasini ($M_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$) bilgan holda hisoblaymiz:

$$E_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{106}{2} = 53 \text{ g.}$$

Ekvivalent massasi qiymatidan foydalanib, 1 litr 0,2 N eritma tayyorlashga kerak bo'ladigan Na_2CO_3 tortimi massasini hisoblaymiz:

$$g_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000} = \frac{0,2 \cdot 53 \cdot 1000}{1000} = 10,6 \text{ g.}$$

Demak, analitik tarozida 10,6 g Na_2CO_3 tortimi o'lchanib, 1 litrli o'lchov kolbasida distillangan suvda eritiladi.

3-misol. 0,2 N eritma hosil qilish uchun xlorid kislotaning 0,8 N 100 ml eritmasiga qancha suv qo'shish kerak?

Yechish: 0,8 N 100 ml HCl eritmasidan necha ml 0,2 N eritma tayyorlash mumkinligini hisoblaymiz:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{0,8 \cdot 100}{0,2} = 400 \text{ ml.}$$

400 ml 0,2 N eritma tayyorlash uchun HCl ning 0,8 N 100 ml eritmasiga qancha suv qo'shish lozim ekanligini quyidagicha topamiz:

$$V = V_2 - V_1 = 400 - 100 = 300 \text{ ml.}$$

4-misol. 40 %li 800 g eritma hosil qilish uchun sulfat kislotaning 90 %li va 10 %li eritmalarini qanday massalarda aralashtirish kerak?

Yechish: Bu holda «diagonal qoidasi»ning grafik usulidan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Bu qoidaga asosan, quyidagi grafik ko'rinishni tuzamiz:

$$\begin{array}{ccccc} 90 & & 30 & & 40 - 10 = 30 \text{ massa qism} \\ & \searrow & & \nearrow & \\ & 40 & & & \\ & \nearrow & & \searrow & \\ 10 & & 50 & & 90 - 40 = 50 \text{ massa qism} \end{array}$$

demak, 90 %li va 10 %li eritmalar nisbati:

$$g_A = \frac{800 \cdot 30}{30 + 50} = \frac{24000}{80} = 300 \text{ g};$$

$$g_B = \frac{800 \cdot 50}{30 + 50} = \frac{40000}{80} = 500 \text{ g.}$$

Binobarin, 90 %li eritmadan 300 g va 10 %li eritmadan 500 g olish kerak.

Konsentratsiyani yuqorida aytib o'tilgan usullarda ifodalash bilan bir qatorda, amalda, ko'pincha, *foiz konsentratsiya* ham ishlatiladi. Bunda eritmalarining konsentratsiyasi bilan bog'liq bo'lgan hisoblashlar birmuncha murakkablashadi. Agar alohida ko'rsatmalar bo'lmasa, *foiz konsentratsiya deganda, 100 og'irlik qism eritmada erigan moddaning og'irlik qismi tushuniladi*. Masalan, NaCl ning «3 %li eritma» deyilsa, bu eritmaning har 100 grammida 3 g NaCl va 97 g suv borligini ko'rsatadi.

Hajmiy foiz konsentratsiyasi — 100 ml eritmada erigan modda miqdoriga (grammlar soniga) foiz *C*, % konsentratsiya deyiladi.

1-misol. 25 g Na_2CO_3 250 ml suvda eritilsa, Na_2CO_3 eritmasining konsentratsiyasini toping, foiz miqdorda?

Yechish: 25 g Na_2CO_3 eritmada erigan bo'lsa, 100 ml da qancha erigan bo'ladi?

Proporsiya tuzamiz:

25 g — 250 ml

x g — 100 ml

$$x = \frac{25 \cdot 100}{250}; \quad x = 10,$$

ya'ni 10 g Na_2CO_3 100 ml da erigan bo'lsa, berilgan tuz 10 %li bo'ladi.

2-misol. 10 %li NaOH eritmasini 200 ml da qancha NaOH erigan?

Yechish: Foiz konsentratsiya deganda, 10 % NaOH da 100 ml eritmada erigan bo'ladi:

100 ml — 10 g

200 ml — x g

$$x = \frac{200 \cdot 10}{100}; \quad x = 20,$$

demak, 10 % NaOH ning 200 ml da 20 g NaOH erigan bo'ladi.

Foiz konsentratsiyadan molyar yoki normal konsentratsiyaga o'tishda eritmaning solishtirma og'irligini (zichligini) ham hisobga olish kerak. Fizikadan ma'lumki, jismning og'irligi (P), uning solishtirma og'irligi (d) va hajmi (V) orasida quyidagi nisbat mavjud:

$$P = V \cdot d$$

yoki

$$V = \frac{P}{d}.$$

Raqamli misollarni ko'rib chiqamiz.

3-misol. Sulfat kislotaning 20,0 %li eritmasining normalligi qanchaga teng?

Yechish. Avvalo, jadvaldan (V ilova) H_2SO_4 20 %li eritmasining solishtirma og'irligini topamiz. U (yaxlitlanganda) 1,14 ga teng. So'ngra H_2SO_4 ning 20 %li 100 g eritmasi egallagan hajmini hisoblaymiz:

$$V = \frac{P}{d} = \frac{100}{1,14} = 87,7 \text{ ml}.$$

Endi sulfat kislota 20,0 %li eritmasining 1 litrida necha gramm H_2SO_4 borligini topamiz:

87,7 ml da 20,0 g H_2SO_4 bor

$$1000 \text{ ml} \times g \text{ H}_2\text{SO}_4$$

$$x = \frac{1000 \cdot 20,0}{87,7} = 228 \text{ g.}$$

Endi H_2SO_4 ning topilgan miqdori necha gramm-ekvivalentni tashkil etishini hisoblaymiz. H_2SO_4 ning gramm ekvivalenti uning gramm-molekulyar og'irligining yarmiga, ya'ni 49,04 ga teng bo'lganligidan:

$$N = \frac{228}{49,04} = 4,65.$$

Shunday qilib, sulfat kislotaning 20 %li eritmasi taxminan 4,65 n bo'ladi. Bu eritmaning molyarligi esa $4,65 : 2 = 2,32 \text{ g}$ teng.

Kislotalarning titrlangan eritmalarini, masalan, HCl yoki H_2SO_4 ning 0,1 n eritmasini tayyorlashda ularning konsentrlangan eritmalaridan foydalaniladi. Bunda ularning solishtirma og'irligi va unga to'g'ri keladigan protsent konsentratsiya asosida ish eritmasidan ko'rsatilgan hajmda tayyorlash uchun konsentrlangan kislotadan qancha olish kerakligi hisoblanadi. Eritma tayyorlangandan so'ng uning titrini tegishli usullar bilan aniqlanadi. Bunday hollardagi hisoblash metodikasi bilan quyidagi raqamli misolda tanishib chiqamiz.

4-misol. H_2SO_4 ning taxminan 0,1 n eritmasidan 5 l tayyorlash uchun solishtirma og'irligi 1,84 bo'lgan 93 %li konsentrlangan sulfat kislotadan necha millilitr olish kerak?

Yechish. Avvalo, berilgan hajmda 0,1 n eritma tayyorlash uchun necha gramm suvsiz H_2SO_4 kerakligini hisoblab topamiz. H_2SO_4 ning gramm-ekvivalenti $M : 2 = 49 \text{ g}$, 1 l 0,1 n eritmada esa 0,1 g · ekv bo'lgani uchun zaruriy H_2SO_4 ning umumiy miqdori:

$$x = 0,1 - 49 \cdot 5 \approx 25 \text{ g}$$

ga teng.

So'ngra bu miqdor suvsiz H_2SO_4 96 %li sulfat kislotaning qancha miqdorida bo'lishini hisoblab topamiz:

100 g 96 %li kislotada 96 g H_2SO_4 bor

x g 96 %li kislotada 25 g H_2SO_4 , bundan

$$x = \frac{25 \cdot 100}{96} = 26 \text{ g.}$$

Endi 96 %li sulfat kislotaning topilgan og'irlik miqdorini hajmga aylantiramiz:

$$V = \frac{26}{1,84} = 14 \text{ ml.}$$

Demak, taxminan 0,1 *n* sulfat kislota eritmasidan 5 l tayyorlash uchun solishtirma og'irligi 1,84 bo'lgan konsentrlangan H₂SO₄ dan 14 ml o'lchab olib (kichkina menzurkada), uni hajmi 5 l ga yetguncha suv bilan (kislotani suvga quyib) suyultiriladi.

5-misol. HCl ning 50 ml 2 *n* eritmasidan 5 l tayyorlash uchun qanday hajmgacha suyultirish kerak?

Yechish. Eritmaning hajmini uning normalligiga ko'paytmasi eritmaning shu hajmidagi tegishli moddaning milligramm-ekvivalentlar sonini ko'rsatadi. Agar eritmani suyultirilsa, uning hajmi va normalligi o'zgaradi, lekin undagi erigan moddaning umumiy milligramm-ekvivalentlar miqdori o'zgarmasdan qoladi.

Bundan ko'rinadiki, eritmani suyultirilganda, titrlashdagi kabi

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

tenglik o'z kuchini saqlab qoladi.

Buni ko'rilayotgan misolga tatbiq etsak:

$$V \cdot 0,3 = 50,0 \cdot 2$$

bundan

$$V = \frac{50,0 \cdot 2}{0,3} = 333 \text{ ml.}$$

Shunday qilib, HCl ning 2 *n* 50 ml eritmasini 0,3 *n* li eritmaga aylantirish uchun eritmani hajmi 333 ml yetguncha suv bilan suyultirish kerak.

6-misol. 30 ml 0,2 *n* eritmada erigan modda 1 *n* eritmaning qancha hajmida bo'ladi?

Yechish. Ikkala eritmada ham erigan moddaning miqdori bir xil bo'lgani uchun ularning hajmini normalliklariga ko'paytmasining qiymati ham bir xil bo'lishi kerak. Demak:

$$V \cdot 1 = 30 \cdot 0,2 \quad \text{va} \quad V = 6 \text{ ml.}$$

Normalligi ma'lum bo'lgan berilgan eritma 1 *n* eritmaning qanchasiga ekvivalent ekanligini topish uchun berilgan eritmaning hajmini uning normalligiga ko'paytirish kerak.

7-misol. Nitrat kislotaning 20 %li eritmasini tayyorlash uchun uning 54 %li (solishtirma og'irligi 1,33) va 14 %li (solishtirma og'irligi 1,08) eritmalaridan qanday hajm va og'irlik nisbatlarda aralashtirish kerak.

Yechish. Birinchi eritmaning og'irligini x bilan, ikkinchi eritmaning og'irligini esa y bilan belgilaymiz. Aralashmaning umumiy og'irligi $(x + y)$ g bo'ladi. x g 54 %li kislotada necha gramm toza (suvsiz) HNO_3 borligini hisoblab topamiz. Uning 100 g da 54 g, 1 g da $-\frac{54}{100}$ g, x g da esa $-\frac{54 \cdot x}{100}$ g HNO_3 bor. Xuddi shunga o'xshash y g 14 %li kislotada $\frac{14 \cdot y}{100}$ g HNO_3 va $(x + y)$ g 20 g 20 %li eritmada (aralashmada) $\frac{(x + y) \cdot 20}{100}$ g borligini topamiz. Lekin HNO_3 aralashtirmasdan oldin qancha bo'lsa, aralashtirilgandan so'ng ham shuncha bo'ladi. Demak, quyidagicha tenglama tuzish mumkin:

$$\frac{54 \cdot x}{100} + \frac{14 \cdot y}{100} = \frac{10 \cdot (x + y)}{100}$$

yoki

$$54 \cdot x + 14 \cdot y = 20 \cdot x + 20 \cdot y.$$

Uni soddalashtirsak:

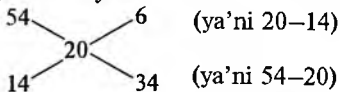
$$\frac{x}{y} = \frac{20 - 14}{54 - 20}.$$

Topilgan natija, HNO_3 ning 20 %li eritmasini tayyorlash uchun 54 %li kislotadan $20 - 14 = 6$ og'irlik qism, 14 %li kislotadan $54 - 20 = 34$ og'irlik qism olib, ularni aralashtirish kerakligini ko'rsatadi. Topilgan og'irlik nisbatlardan hajmiy nisbatga o'tish oson. Haqiqatan ham 6 g 54 %li kislotada $\frac{6}{1,33} = 4,5$ ml hajmni, 34 g 14 %li kislotada esa $\frac{14}{1,08} = 31,5$ ml li hajmni egallaydi. Demak, har 4,5 ml 54 %li HNO_3 ga 31,5 ml, 14 %li HNO_3 qo'shish kerak.

Aralashtiriladigan eritmalar orasidagi hajmiy nisbatlarni bila turib, berilgan hajmdagi bir eritmaga boshqa eritmadan qancha qo'shish kerakligini hisoblash qiyin emas. Masalan, 100 ml

54 %li HNO_3 ga $\frac{31,5 \cdot 100}{4,5}$, ya'ni 700 ml 14 %li HNO_3 qo'shish kerak.

Amalda aralashtiriladigan eritmalarning og'irlik nisbatlarini topish uchun quyidagi sxemada tasvirlangan va juda qulay bo'lgan grafik usuldan foydalaniladi.

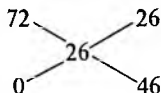


Sxemadan ko'rinib turibdiki, uni tuzishda chap tomonga ikkala boshlang'ich eritmalarning foiz konsentratsiyalarini, o'r-tacha tayyorlanishi kerak bo'lgan aralashmaning konsentra-tsiyasini, o'ng tomondagi diagonallarning uchiga esa boshlan-g'ich eritmalarning konsentratsiyalari bilan tayyorlanadigan erit-ma konsentratsiyasining (yoki aksincha) ayirmasi yoziladi, lekin katta sondan kichik son ayiriladi. Olingan ayirmaning har biri shu horizontal qatorda yozilgan foiz konsentratsiyaning og'irlik miqdorini ko'rsatadi. Masalan, ayni holda sxema 54 %li kislotaning og'irlik qismiga 14 %li kislotadan 34 og'irlik qism olish kerakligini ko'rsatadi.

Bu usuldan eritmalarni suv bilan quyultirishda ham foydala-nishi mumkin. Suvga to'g'ri keladigan foiz konsentratsiya nol, deb olinadi. Bu aytilganlarni quyidagi misolda ko'rib chiqamiz.

8-misol. 100 ml 72 %li sulfat kislotani (solishtirma og'irligi 1,63) 26 %liga aylantirish uchun unga qancha suv qo'shish ke-rak?

Yechish. Yuqorida bayon etilgan grafik usuldan foydalanib, 72 %li kislota eritmasi bilan suv orasidagi og'irlik nisbatlarni topamiz:



Shunday qilib, kislota 72 %li eritmasining 26 og'irlik qismi-ga 46 og'irlik qism suv olish kerak. Endi hajmiy nisbatlarga o'tamiz;

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} : V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{26}{1,63} : \frac{46}{1} = 16 : 46.$$

Proporsiya tuzamiz.

16 ml H_2SO_4 ga 46 ml suv qo'shish kerak.

100 ml H_2SO_4 ga x ml

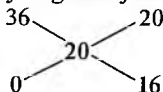
va nihoyat:

$$x = \frac{46 \cdot 100}{16} \approx 290 \text{ ml.}$$

9-misol. Solishtirma og'irligi 1,18 bo'lgan 200 ml xlorid kislotadan solishtirma og'irligi 1,10 bo'lgan kislota hosil qilish uchun unga qancha suv qo'shish kerak?

Yechish. Bu masala yuqorida ko'rilgan masalaga butunlay o'xshashdir. Farqi faqat shundaki, bu yerda protsent ko'rsatkichlari berilmagan va ularni jadvaldan (V ilova) topishga to'g'ri keladi. Shu jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinadiki, solishtirma og'irligi 1,18 bo'lgan kislotada 36 % HCl, solishtirma og'irligi 1,10 bo'lgan kislotada esa 20 % HCl bo'ladi.

Buni bilgan holda quyidagicha yozish mumkin:



Demak, HCl ning solishtirma og'irlik 1,18 bo'lgan 20 g eritmasiga 16 g suv olish kerak. Uni hajmga aylantirsak, HCl ning hajmi $20 : 1,18 = 17 \text{ ml}$, qo'shiladigan suvning hajmi esa 16 ml ekanligini topamiz.

Proporsiya tuzamiz:

17 ml HCl ga 16 ml H_2O olish kerak.

200 ml HCl ga x ml H_2O

va nihoyat:

$$x = \frac{200 \cdot 16}{17} = 190 \text{ ml.}$$

2. Titrlash natijalari normallik bilan bog'liq hisoblashlar.

Eritmalar konsentratsiyalari normallik bilan ifodalangandagi analitik hisoblashlarda ikki usul qo'llaniladi: pipetka usuli va ayrim tortimlar usuli. Analizning qanday usulda o'tkazishga bog'liq holda hisoblash tartibi turlicha bo'ladi.

Pipetka usulini qo'llanilgandagi hisoblashlar. Bu usulda ma'lum bo'lgan tenglamadan foydalaniladi:

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

Misol. Na_2CO_3 ning tortimi 250,0 ml hajmli o'lekov kolbasida eritildi. Bu eritmada pipetkada 25,0 ml olib, uni titrlash uchun xlorid kislotani 0,1010 N eritmasidan 20,20 ml sarflangan bo'lsa, olingan Na_2CO_3 tortimi massasini hisoblang.

Yechish: Tenglama $V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$ dan foydalanib, natriy karbonat eritmasi normalligini topamiz:

$$V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}$$

Bundan,

$$N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}}{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \frac{20,20 \cdot 0,1010}{25,00} = 0,08160.$$

Na_2CO_3 eritmasi normalligi topilgach, bu eritma titri hisoblanadi:

$$\begin{aligned} T_{\text{Na}_2\text{CO}_3} &= \frac{N(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot E(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{1000} = \\ &= \frac{0,08160 \cdot 53,00}{1000} = 0,004325 \text{ g/ml}. \end{aligned}$$

Titrlash qiymatidan foydalanib, 250,0 ml eritmada eritilgan Na_2CO_3 massasi topiladi:

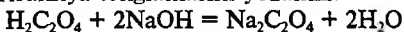
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = T \cdot V = 0,004325 \cdot 250 = 1,081 \text{ g}.$$

Bunday hisoblashlarni mutanosib aniqlik bilan olib borish lozim: byuretk bilan hajmni o'lchashda 0,02 ml gacha aniqlikda, normallik va titrlash qiymatlari to'rtta raqamdan kam bo'lmasligi kerak.

1. Ayrim tortimlar usuli bilan titrimetrik analiz qilingandagi hisoblashlar. Bu usuldagi hisoblashlarda ekvivalentlar qonuniga asoslanadi.

Misol. Oksolat kislotasi $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning 0,1590 g tortimini (ma'lum miqdordagi suvda eritilgan) titrlashda 24,60 ml natriy gidroksid eritmasi sarflangan bo'lsa, natriy gidroksid eritmasining normalligi va titrini hisoblang.

Yechish. Reaksiya tenglamasini yozamiz:



$$E_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{126,06}{2} = 63,03 \text{ g}.$$

Oksolat kislotasi tortimi (0,1590 g) ning ekvivalenti $\frac{0,1590}{63,03} \text{ g}$

teng bo'лади. Boshqa tomondan natriy gidroksid eritmasining normalligini $N(\text{NaOH})$ bilan belgilasak:

$$\frac{N(\text{NaOH}) \cdot 24,60}{1000}$$

kelib chiqadi.

Natriy gidroksidning ekvivalent miqdori oksolat kislotaning ekvivalentlar miqdoriga teng bo'лади (ekvivalentlar qonuniga binoan):

$$\frac{N(\text{NaOH}) \cdot 24,60}{1000} = \frac{0,1590}{63,03}$$

Bundan,

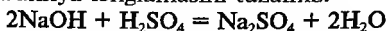
$$N(\text{NaOH}) = \frac{1000 \cdot 0,1590}{24,60 \cdot 63,03} = 0,1026$$

$$T(\text{NaOH}) = \frac{N(\text{NaOH}) \cdot E(\text{NaOH})}{1000} = 0,004105 \text{ g/ml.}$$

2. Eritmaning konsentratsiyasi ishchi eritmaning titri bilan ifodalangandagi hisoblashlar.

Misol. Sulfat kislotasi eritmasining 25,00 ml ni titrlash uchun titri $T(\text{NaOH}) = 0,004316 \text{ g/ml}$ bo'lgan NaOH eritmasidan 27,15 ml sarflanadi. Sulfat kislotasi eritmasining 500,0 ml da necha gramm H_2SO_4 borligini hisoblang.

Yechish: Reaksiya tenglamasini tuzamiz:



Reaksiya uchun sarf bo'lgan NaOH massasi topiladi:

$$g(\text{NaOH}) = T(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,004316 \cdot 27,15 = 0,1172 \text{ g.}$$

Moddalar ekvivalent nisbatda reaksiyaga kirishganligi uchun:

49,04, g H_2SO_4 bilan 40,01 g NaOH reaksiyaga kirishdi;

g₂ g H_2SO_4 bilan 0,1172 g NaOH reaksiyaga kirishadi.

$$g_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1172 \cdot 49,04}{40,01} = 0,1437 \text{ g.}$$

Bundan,

$$T(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1437}{25,00} = 0,005748 \text{ g/mm.}$$

500 ml eritmadagi erigan H_2SO_4 massasi topiladi:

$$g(\text{H}_2\text{SO}_4) = T(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{eritma}) = 0,005748 \cdot 500,0 = 2,874 \text{ g.}$$

3. Eritma konsentratsiyasi aniqlanuvchi modda bo'yicha titr bilan ifodalangandagi hisoblashlar.

Bu usul eritmadagi modda miqdorini ommaviy analizlarda aniqlash uchun qulay. Aniqlanuvchi modda bo'yicha titr deb, ayni moddaning 1 ml ishchi eritma bilan reaksiyaga kirisha oladigan grammlar miqdoriga aytiladi. Aniqlanuvchi modda bo'yicha titr quyidagi formuladan topiladi:

$$T = \frac{N \cdot E}{1000},$$

bu yerda: T — ishchi eritmaning aniqlanuvchi modda bo'yicha titri;

N — ishchi eritma normalligi;

E — aniqlanuvchi modda ekvivalenti.

Misol. Sirka kislota eritmasining 25,00 ml ni titrlash uchun NaOH 0,1145 N eritmasidan 20,50 ml sarflangan bo'lsa, 500 ml eritmada necha gramm sirka kislota bor?

Yechish: a) natriy gidroksidning CH_3COOH bo'yicha titr topamiz:

$$\begin{aligned} T_{(\text{NaOH}/\text{CH}_3\text{COOH})} &= \frac{N(\text{NaOH}) \cdot E(\text{CH}_3\text{COOH})}{1000} = \\ &= \frac{0,1145 \cdot 60,05}{1000} = 0,006876 \text{ g/ml.} \end{aligned}$$

Ma'lum hajmdagi erigan aniqlanuvchi modda massasi ishchi eritmaning aniqlanuvchi modda bo'yicha titri asosida quyidagidek tenglamadan topilishi mumkin;

$$g_{(\text{aniq eritma})} = T_{(\text{ishchi eritma}/\text{aniq modda})} \cdot V_{(\text{ishchi eritma})} \cdot \frac{V_{\text{eritma}}}{V_{\text{pipetka}}}$$

bu yerda: g — eritmadagi aniqlanuvchi modda massasi, g.

T — ishchi eritmaning aniqlanuvchi modda bo'yicha titri, g/ml;

$V_{\text{ishchi eritma}}$ — titrlash uchun sarflangan ishchi eritmaning hajmi, ml;

$V_{\text{o'lchov kolba}}$ — aniqlanuvchi modda eritmasining umumiy hajmi, ml;

V_{pipetka} — titrlash uchun pipetkada o'lchab olingan aniqlanuvchi modda eritmasining hajmi, ml.

b) sirka kislota ning umumiy miqdori topiladi:

$$\begin{aligned} g_{(\text{CH}_3\text{COOH})} &= T_{(\text{NaOH}/\text{CH}_3\text{COOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} \cdot \frac{V_{\text{o'lov ko'ra}}}{V_{\text{pipetka}}} = \\ &= 0,006876 \cdot 20,50 \cdot \frac{500}{25} = 2,819 \text{ g.} \end{aligned}$$

XIII bob. KISLOTA-ASOSLI NEYTRALLASH USULI

13.1. Neytrallash usulining ahamiyati

Neytrallash reaksiyasi: $H^+ + OH^- \leftrightarrow H_2O$ ga asoslangan barcha hajmiy aniqlashlar neytrallash usuliga kiradi.

Bu usulda biror kislota ning titrlangan eritmasidai foydalanib, ishqorlarning miqdori (asidimetriya) yoki ishqorning titrlangan eritmasidan foydalanib, kislotalarning miqdorini (alkalimetriya) aniqlash mumkin.

Bu usuldan foydalanib, neytrallash reaksiyasi bilan bog'liq bo'lgan boshqa hajmiy aniqlashlar ham o'tkaziladi. Masalan, gidrolizlanishi natijasida kuchli ishqoriy muhitga ega bo'ladigan va shuning uchun ham kislotalar bilan titrlanadigan Na_2CO_3 va $Na_2B_4O_7$ ga o'xshash ba'zi tuzlarni, suvning kattiqligini, ammoniyli tuzlarni, organik birikmalar tarkibidagi azotni aniqlash va hokazo.

Neytrallash usulining asosiy ish eritmalari kislota (odatda, HCl yoki H_2SO_4) va ishqor ($NaOH$ yoki KOH) eritmasidir.

Bu moddalar boshlang'ich moddalarga qo'yiladigan talablarga javob bermaydi va shuning uchun ulardan ma'lum miqdorda tortib olib eritish va so'ngra ma'lum hajmgacha suyultirish bilan titrlangan eritmalar tayyorlab bo'lmaydi. Ular eritmalarining titrini titrlash (yoki tortish) yo'li bilan aniqlashga to'g'ri keladi.

Kislotalarning titrini aniqlashda boshlang'ich modda sifatida, ko'pincha, bura $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ yoki soda Na_2CO_3 ishlatiladi. Bu moddalarni qayta kristallga tushirish yo'li bilan formulasiga aniq javob beradigan holda olish mumkin. Ularning eritmalari, yuqorida aytib o'tilganidek, kuchli ishqoriy muhitga ega bo'ladi va ularni kislotalar bilan titrlash mumkin.

Ishqorlarning titrini aniqlashda, ko'pincha, oksolat kislota $N_2C_4O_4 \cdot 2H_2O$ yoki kahrabo kislota $H_2C_4H_4O_6$ dan foydalaniladi. Bu kislotalarning ikkalasi ham qattiq kristall moddadir. Ular ham qayta kristallga tushirilgach, formulasiga aniq javob

beradigan darajada toza holda olinadi. Kahrabo kislota tarkibida kristallizatsiya suvi yo'qligi va saqlanganda qurib qolish xavfi bo'lmaganligi uchun boshlang'ich modda sifatida ishlatishda oksolat kislotaga nisbatan ancha qulaydir.

Sifat analizi kursidan ma'lumki, har qanday suvdagi eritmada, u qanday muhitga ega bo'lishidan qat'iy nazar, suvning dissotsiylanishi natijasida H^+ va OH^- ionlari bo'ladi. Ko'rsatilgan ionlar konsentratsiyalarining ko'paytmasi o'zgarmas haroratda (taxminan) doimiy qiymatga ega bo'ladi. 22 °C haroratda suvdagi har qanday eritmada

$$[H^+] \cdot [OH^-] = K_{H_2O} = 10^{-14} \quad (8)$$

$K_{H_2O} = 10^{-14} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$, doimo 22 °C o'zgarmas bo'ladi.

Elektrolitik dissotsiatsiya nazariyasiga asosan, eritmalarining kislotali xossalari H^+ ionlariga, asosli xossalari esa OH^- ionlariga bog'liq. Suvda va suvdagi neytral eritmalarining hammasida ham bu ionlarning konsentratsiyalari o'zaro teng bo'lishi kerak. Demak, 22 °C da bu konsentratsiyalar:

$$[H^+] = [OH^-] = \sqrt{K_{H_2O}} = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{ion/l}.$$

Eritmaning muhiti kislotali bo'lganda:

$$[H^+] > [OH^-], \text{ ya'ni } [H^+] > 10^{-7} \text{ va } [OH^-] < 10^{-7}.$$

Eritmaning muhiti ishqoriy bo'lganda:

$$[OH^-] > [H^+], \text{ ya'ni } [OH^-] > 10^{-7} \text{ va } [H^+] < 10^{-7}.$$

(8) tenglama bilan ifodalanadigan H^+ va OH^- ionlarining konsentratsiyalari orasidagi teskari proporsional bog'liqlik istalgan eritmaning muhitini miqdoriy jihatdan xarakterlashga imkon beradi. Bunda shu eritmada H^+ va OH^- ionlaridan faqat bittasining konsentratsiyasi ko'rsatiladi, chunki ikkinchisining konsentratsiyasi ham shu bilan to'liq belgilanadi. Masalan, eritmada H^+ ionlarining konsentratsiyasi

$$10^{-14} : 10^{-10} = 10^{-4}$$

va eritmaning muhiti ishqoriy bo'ladi.

Eritmaning muhitini xarakterlashda H^+ yoki OH^- ionlarining konsentratsiyalarining o'rniga ularning vodorod ko'rsatkich va gidroksil ko'rsatkichlar (pH va pOH) deb ataladigan manfiy logarifmlardan foydalanish qulaydir. Shunday qilib,

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\lg[H^+]; \\ \text{pOH} &= -\lg[OH^-]. \end{aligned}$$

Agar (8) tenglamani logarifmlab, $\log$ ni har ikki tomonidan olinganda, quyidagilarni teskariisiga o'zgartirsak:

$$-\lg[H^+] + (-)\lg[OH^-] = -\lg 10^{-14}$$
$$pH + pOH = 14$$

Eritmalardagi H^+ va OH^- ionlarning konsentratsiyasi har ikki tomonidan teng va hamda pH va pOH qiymatlari bilan bog'lanish tenglamasidir.

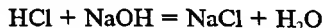
a) neytral eritmalarida pH (shuningdek, pOH ham) 7 ga teng; b) kislotali eritmalarida pH 7 dan kichik va eritma qancha ko'p kislotali bo'lsa, pH shuncha kichik bo'ladi; c) asosli eritmalarida pH 7 dan katta va eritma qancha asosli bo'lsa, pH shuncha katta bo'ladi; e) pH ning bir birlikka o'sishi H^+ ionlari konsentratsiyasining 10 marta kamayishiga to'g'ri keladi.

Istalgan kislota eritmasini ishqor eritmasi bilan titrlasa, ishqorning OH^- ionlari kislotaning H^+ ionlarini bog'laydi va uning konsentratsiyasi borgan sari kamayadi, eritmaning pH qiymati esa ortib boradi. pH ning ma'lum bir qiymatida ekvivalent nuqtaga etiladi va shunda ishqor qo'shishni to'xtatish lozim.

Ishqor eritmasini kislota eritmasi bilan titrlashda OH^- ionlari H^+ ionlari bilan bog'lanadi va eritmada uning konsentratsiyasi asta-sekin ortadi, eritmaning pH qiymati esa kamayib boradi. pH ning ma'lum bir qiymatida ekvivalent nuqtaga yetiladi va titrlashni shu onda to'xtatiladi.

Ekvivalent nuqtadagi pH ning qiymati reaksiyaga kirishayotgan moddalar (kislota va asos)ning tabiatiga va ularning konsentratsiyasiga bog'liq.

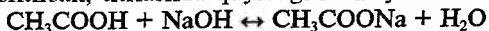
Masalan, kuchli kislotani kuchli ishqor bilan titrlash quyidagi sxema bo'yicha boradi:



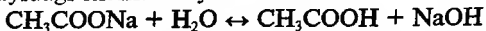
Bu holda ekvivalent nuqtaga yetilganda qo'yilgan ishqorning miqdori titrlanayotgan kislotaning miqdoriga ekvivalent bo'ladi, ya'ni bu paytda eritmada reaksiya natijasida hosil bo'lgan tuz ($NaCl$) bo'ladi xolos, ortiqcha kislota ham ishqor ham bo'lmaydi. Lekin kuchli kislota va kuchli ishqordan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizga uchramaydi va shuning uchun ularning eritmaları neytral muhitga ega bo'ladi ($pH = 7$).

Demak, ko'rilayotgan holda ekvivalent nuqtada pH 7 ga teng bo'lishi kerak. Istalgan boshqa kuchli kislota bilan biror kuchli ishqor bilan titrlashda, shuningdek, kuchli ishqorni kuchli kislota eritmasi bilan titrlashda xuddi shunday bo'ladi.

Agar kuchli kislota kuchsiz kislota, masalan, sirka kislota bilan almashtirsak, titrlashda quyidagi reaksiya ketadi:



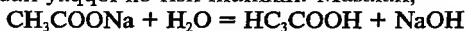
Ekvivalent nuqtada eritmada CH_3COONa tuzi bo'lib, uning gidrolizi quyidagi sxema bo'yicha boradi:



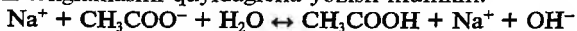
Bu sxemadan ko'rinib turibdiki, *gidroliz neytrallanish reaksiyasiga teskari bo'lgan reaksiyadir. Titrlashda boradigan reaksiya bu holda qaytar bo'ladi va oxirigacha bormaydi.* Unga ishlatilayotgan kislota va ishqorning bir qismi eritmada erkin holda qoladi. Ekvivalent nuqtada eritmadagi CH_3COOH va NaOH ning reaksiyaga kirishmay qolgan miqdori, albatta, bir-biriga ekvivalent bo'ladi. Lekin shu bilan birga eritmada asosan dissotsiylanmagan molekula CH_3COOH holida bo'ladiran sirka kislota eritmaga juda oz miqdorda ozod H^+ ionlarini beradi; deyarli to'la dissotsiylanadigan o'yuvchi natriy esa eritmada OH^- ionlarining konsentratsiyasini ancha oshirib yuboradi.

Demak, titrlashni, HCl ni titrlashdagi kabi $\text{pH} = 7$ da emas, balki $\text{pH} > 7$ da tamomlash kerak.

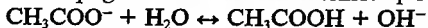
Kuchsiz kislota va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuzlarning eritmalari ishqoriy muhitga ega bo'lishini gidrolizning ionli tenglamasidan yaqqol ko'rish mumkin. Masalan,



gidroliz tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

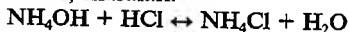


O'zgarmsdan qolgan Na^+ ionlarni tushirib qoldirsak:

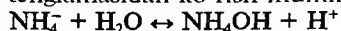


Chiqarilgan ionli tenglamadan ko'rinishicha gidroliz eritmada OH^- ionlarining ko'payishi bilan boradi va natijada eritma ishqoriy muhitga ega bo'ladi.

Kuchsiz asoslarni kuchli kislotalar bilan titrlaganda ham xuddi shunday bo'ladi, masalan:



Ekvivalent nuqtada eritmaning muhiti eritmada H^+ ionlarini ko'paytiruvchi NH_4Cl ning gidroliziga bog'liq bo'ladi. Buni gidrolizning ionli tenglamasidan ko'rish mumkin:



Demak, bu holda ekvivalent nuqtada pH 7 dan kichik bo'lishi kerak.

Aytilganlardan shunday xulosa kelib chiqadi: *turli hollarda titrlashni eritma pH ining reaksiyaga kirishayotgan kislota va asosning tabiatiga (hamda ularning konsentratsiyasiga) bog'liq bo'lgan turli qiymatlarida tamomlashga to'g'ri keladi.*

13.2. Kislota-asosli usulida ishlatiladigan indikatorlar

Ma'lumki, neytrallash reaksiyasida ko'z bilan ko'rib bo'ladigan o'zgarishlar bo'lmaydi, masalan, eritmaning rangi o'zgar olmaydi. Shuning uchun ekvivalent nuqtani topishda titrlanayotgan eritmaga birorta mos keladigan indikator qo'shishga to'g'ri keladi.

Yuqorida eritma pH ining ma'lum bir qiymatga kelishi ekvivalent nuqtaga yetilganligini ko'rsatadi, deyilgan edi. Shuning uchun neytrallash usulining indikatorni sifatida eritmaning pH qiymati o'zgartiruvchi moddalar bilan o'z rangini o'zgartiruvchi moddalar ishlatiladi. Bularga lakmus, metiloranj, fenolftalein va ko'pgina boshqa moddalar kiradi. Bulardan har birining rangi pH ning ma'lum bir kichik oralig'ida o'zgaradi; bu interval faqat ayni indikatorning xossasiga bog'liq bo'lib, reaksiyaga kirishayotgan kislota va asosning tabiatiga bog'liq emas. Shunga ko'ra, indikatorning rangi aniq ekvivalent nuqtada o'zgarmasdan, balki undan biroz chetlanadi. Bunday chetga chiqish biroz xatolikka olib keladi va u *titrlashdagi indikator xatosi* deyiladi. Bu xatolik qanday indikator olinganligiga va qanday kislota bilan asos reaksiyaga kirishayotganligiga qarab turlicha bo'ladi. Indikator to'g'ri tanlab olinsa, xato odatdagi analitik xatodan tashqariga chiqmaydi va uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Aksincha, agar indikator to'g'ri tanlab olinmasa, xato ancha katta bo'ladi.

Eng ko'p qo'llaniladigan indikatorlardan biri metiloranj bo'lib, u ishqoriy muhitda eritmani sariq kislotali muhitda esa

och qizil rangga bo'yaydi. Agar uning ishtirokida sirka kislotaning 0,1 *n* eritmasini NaOH ning 0,1 *n* eritmasi bilan titrlansa, CH_3COOH ning 15 foizi neytrallanishi bilanoq indikatorning pushti rangi to'q sariq rangga o'tadi. Bunda titrlashdagi indikator xatosi juda katta (85 %) bo'ladi.

Bunday qaraganda analiz natijasini to'g'ri chiqarish mumkindek ko'rinadi. Chunki olingan kislotaning 15 %ini neytrallashga qancha ishqor sarflanganligi aniq ma'lum bo'lsa, uning 100 %ni neytrallash uchun qancha ishqor kerakligini hisoblab topish qiyin emas.

Haqiqatda esa ish ancha murakkab, chunki ko'rilayotgan holda indikatorning rangi birdaniga (ya'ni bir tomchi ishqor bilan) o'zgarmaydi, balki asta-sekin o'zgaradi. Darhaqiqat, CH_3COOH ning 25 ml 0,1 *n* eritmasini NaOH ning xuddi shunday konsentratsiyali eritmasi bilan titrlashda indikatorning pushti rangi to'q sariq rangga o'tishi uchun NaOH ning 4 ml ga yaqin eritmasi sarflanadn. Bunda titrlashni qay paytda tamomlashni aniq bilish mumkin bo'lmagani uchun CH_3COOH ni metiloranj bilan titrlab bo'lmaydi. Aksincha, xuddi shu titrlashni fenolftalein bilan o'tkazilsa, titrlash oxirida eritmaning rangi bir tomchi ishqor qo'shilganda birdan o'zgaradi va indikator xatosi 0,0296 ni tashkil etadi, ya'ni tajriba xatosi chegarasidan chiqmaydi.

Bu misoldan, *titrlashda indikatorni to'g'ri tanlash qanchalik katta ahamiyatga ega ekanligi ko'rinib turibdi*. Hajmiy analizdagi bu asosiy masalani aniq tushunib olish uchun avvalo indikatorlar nazariyasi bilan tanishib chiqish kerak.

Indikatorlar nazariyasi

1894-yilda Ostvald indikatorlar nazariyasini yaratdi. Bu nazariyaga ko'ra neytrallash usulining indikatorlari molekula va ionlar turli rangga ega bo'lgan organik kislota yoki asoslardir.

Ichki va tashqi indikatorlar. Ko'pincha, indikator titrlanayotgan eritmaga qo'shiladi. Titrlash jarayonida indikator titrlanayotgan eritmada bo'ladi. Bunday indikatorlar ichki indikatorlar deyiladi.

Ba'zan, titrlash jarayonida titrlanayotgan moddadan bir tomchi olib, indikator qog'ozi ustiga tomiziladi yoki uni soat

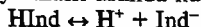
oynasi ustida, chinni plastinka yoki oq qog'oz ustida indikator eritmasi bilan aralashtiriladi va reaksiyalarda o'zgarish kuza-tiladi. Bunday indikatorlar tashqi indikatorlar deyiladi. Tashqi indikatorlar bilan titrlashda analiz qilinayotgan modda albatta sarf bo'ladi va analiz natijasida xatolikka olib keladi.

Qaytar va qaytmas indikatorlar. Indikator qaytar sistemani tashkil qilib, eritmaning pH qiymati o'zgarishi bilan, ya'ni muhitning kislotali yoki ishqoriyligiga qarab, bir necha marta o'z rangini o'zgartirishi mumkin.

Shu bilan birga qaytmas indikatorlar ham mavjud bo'lib, ular yordamida titrlashning oxirgi nuqtasi faqat bir marta kuza-tiladi. Ko'pgina, kislota-ishqoriy indikatorlar shunday indikatorlar turiga kiradi. Ular oksidlanish-qaytarilish jarayonida kimyoviy jihatdan parchalanadi. Ba'zi organik bo'yoqlar ham shunday xususiyatga ega.

Indikator ishtirokida titrlashda indikator vazifasini, ko'pincha, reaksiyada qatnashayotgan moddalardan biri yoki titrlash jarayonida hosil bo'ladigan moddalardan biri bajaradi. Bunday titrlashga quyidagilar misol bo'la oladi: 1) qaytaruvchilarni permanganat eritmasi yordamida titrlash, bunda uning ortiqcha miqdori titrlanayotgan eritmani pushti rangga kiritadi; 2) bromat eritmasi yordamida kislotali muhitda titrlash, bunda bromatning ortiqcha miqdori elementar brom hosil qilishi natijasida eritma qo'ng'ir-sariq rangga kiradi.

Umumiy holda neytrallash usulida kuchsiz elektrolitlardir:



bu yerda: $HInd$ – indikatorning molekulyar shakli;

H^+ – vodorod ion;

Ind^- – indikatorning ion shakli (anion).

Shunday qilib, neytrallash usulida ishlatiladigan indikatorlar qaytar kislota-ishqoriy sistemadir, shuning uchun ular kislota-ishqoriy indikatorlar degan umumiy nom bilan ataladi. Bunday indikatorlarning kislotali shaklidagi rangi ishqoriy shaklidagi rangidan farq qiladi.

Kislota-ishqoriy indikator kislota yoki ishqorlar ta'sirida o'z rangini o'zgartiradi. Indikator rangining o'zgarishiga vodorod ionlari konsentratsiyasining yoki eritma pH ning o'zgarishi sabab bo'ladi.

Indikatorlarning turli nazariyalari mavjud bo'lib, ularning har biri kislota-ishqoriy indikatorlarning kislotali yoki ishqoriy muhitlardagi xususiyatini turlicha tushuntiradi (23-jadval).

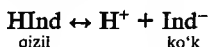
Bu nazariyaga asosan neytrallash usulining indikatorlari dissotsiyanmagan molekulalari va ionlari turli rangga ega bo'lgan kuchsiz organik kislota yoki asoslardir. Masalan, lakmusning tarkibida maxsus (azolitmin) kislota bo'lib, uning dissiotsiyanmagan molekulasi qizil, ionlari esa ko'k rangli bo'ladi.

23-jadval

Neytrallash usulida ishlatiladigan eng muhim indikatorlar

Indikator nomi	Rang o'zgarishi intervali, Ri	pH ning rangi		10 ml titrlanadigan eritmaga tomiziladigan indikator miqdori
		pastki chegarasiga qadar	yuqori chegarasidan so'ng	
metiloranj	3,1–4,4	pushti	sariq	Suvdagi 0,05 %li eritmasi
metilqizil	4,2–5,2	qizil	sariq	Erituvchi sifatida 90 %li spirtidan foydalaniladi. 0,2 %li eritmadan 1 tomchi
lakmus	5,0–8,0	qizil	sariq	Suvdagi 0,5 %li eritmasidan 1 tomchi
fenolftalein	8,2–10,0	rangsiz	qizil	70 %li spirtida tayyorlangan 0,5 %li eritmasidan 1–2 tomchi

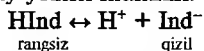
Lakmusning dissotsiyanlash tenglamasini shunday yozish mumkin:



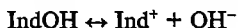
Lakmus suvda eriganda uning dissotsiyanmagan molekulalari ionlari bilan birga eritmani oraliq rang, ya'ni binafsha rangga kiritadi. Agar lakmusning binafsha rangli eritmasiga bir tomchi kislota, masalan, HCl qo'shilsa, yuqoridagi tenglamada ko'rsatilgan muvozanat chapga siljiydi. Boshqacha aytganda, kiritilgan H^+ ionlari eritmadagi Ind^- ionlarining ko'p qismini dissotsiyanmagan molekula HInd holida bog'laydi va eritma qizaradi.

Aksincha, agar lakmus eritmasiga ishqor qo'shilsa, uning OH ionlari indikatorning H^+ ionlarini dissotsiyanmagan H_2O holidagi bog'laydi. Natijada indikatorning dissotsiyanlash muvozanati o'ng tomonga, ya'ni eritmada Ind^- ionlarining ko'payishi tomoniga siljiydi va eritma ko'karadi.

Lakmusda uning ikkala formasi (H_{Ind} molekullari va Ind^- ionlari) ham rangli bo'ladi. Bunday indikator, ikki rangli indikatorlar deyiladi. Faqat bir holati rangli, ikkinchisi esa rangsiz bo'lgan bir rangli indikatorlar ham bor. Masalan, fenolftalein kislotali eritmalarda rangsiz, ishqoriy eritmalarda esa qizil rangga kiradi. Ko'rilayotgan nazariyaga asosan fenolftaleinning dissotsiyanlashini shunday yozish mumkin:



Indikatorlarning ion nazariyasiga binoan asos (ishqoriy) indikatorlar rangining o'zgarishini ham xuddi shunday tushuntirish mumkin. Bunday indikatorlarning dissotsiyanmagan molekullarini $IndOH$, kationlarini esa Ind^+ bilan belgilasak, indikatorning eritmada dissotsiyanlash sxemasini shunday ifodalash mumkin:



Eritmaga ishqor qo'shilsa, indikatorning dissotsiyanlash muvozanati, chapga siljiydi va eritma dissotsiyanmagan molekula $IndOH$ rangiga kiradi. Kislotaga qo'shilganda (ya'ni OH^- ionlari bog'langanda dissotsiyanlash muvozanati, o'ngga siljiydi va eritma Ind^+ kationlari rangiga kiradi. Demak, indikatorlarning ion nazariyasi eritmaga $[H^+]$ yoki $[OH^-]$ ionlari kiritilganda indikatorlar rangining o'zgarish sabablarini sodda va yaqqol tushuntirib beradi. Bu nazariyaning afzalligi yana shundaki, u indikatorlar rangining o'zgarishini miqdoriy jihatdan izohlab beradi. Kislotaga ishqoriy indikatorlarning rangining eritma pH ga bog'liqligi Indikatorning elektrolitik dissotsiyanlash konstantasi quyidagi formula bilan ifodalanadi. Masalan, ta'sir qonuni asosida kuchsiz elektrolitini hisobga olib yoziladi.

$$K_{ind} = \frac{[H^+] \cdot [Ind^-]}{[HInd]}$$

K_{ind} — doimiy kattalik bo'lganligi tufayli eritmaga kislota qo'shilsa $[\text{H}^+]$ va $[\text{HInd}]$ ortadi, $[\text{Ind}^-]$ kamayadi, ya'ni indikatorlarning molekulyar shakliga xos rangi kuchayadi. Eritmaga ishqor qo'shilsa, teskari ta'sir ko'rsatadi — indikatorning ion shakliga xos ranglar kuchayadi.

Umuman, indikatorlarning rangi eritmaga $[\text{H}^+]$ yoki $[\text{OH}^-]$ ionlari kiritilganda o'zgaradi. Bu ionlar eritmaga kiritilganda, eritmaning pH o'zgaradi. Demak, indikatorlarning rangi eritmaning pH qiymatiga bog'liq. Indikator qanchalik kuchsiz bo'lsa, ya'ni K_{ind} qancha kichik yoki uning pK_{HInd} , qancha katta bo'lsa u eritmaga qo'shilayotgan ishqor ta'sirida pH ning shuncha katta qiymatida o'z rangini o'zgartiradi. Masalan, metilpushtining $pK_{\text{HInd}} = 3,7$ ga, fenolftaleinniki esa 9,2 ga teng. Shuning uchun metilpushti eritmaning pH kichik bo'lganda (3,1—4,4), fenolftalein esa pH ning (8,0—10,0) qiymatlarida o'z rangini o'zgartiradi.

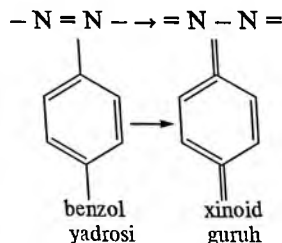
Indikatorlarning ion nazariyasi eritmaga H^+ yoki OH^- ionlari kiritilganda indikatorlar rangining o'zgarish sabablari sodda va yaqqol tushuntirib beradi. Bu nazariyaning avzalligi shundaki, u indikatorlarning rangini o'zgarishini miqdoriy jihatdan izohlab beradi.

Biroq, keyingi tekshirishlar bu nazariyani haqiqatga to'liq javob bermaydi. Organik birikmalarning rangi ularning molekularining tuzilishiga bog'liq.

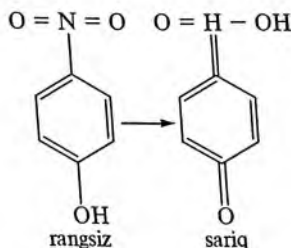
Demak, molekula ichida biror o'zgarish bo'lganda indikatorning tuzilishi o'zgarib natijada uning rangi ham o'zgaradi. Bu tekshirishlar natijasida indikatorlarning xromofor nazariyasi kelib chiqdi.

Organik birikmalarning rangi ularning molekulasida xromoforlar, deb ataluvchi maxsus guruhlar bo'lishiga sabab, xromoforlar jumlasiga $\text{O} = \text{N} - \text{OH}$ guruhiga aylana oladigan nitr

guruh $\text{O} = \text{N} = \text{OH}$ va ma'lum sharoitda $= \text{N} = \text{NH}$ guruhiga aylanadigan azotguruh — $\text{N} = \text{N}$ — kiradi.



$>C=O$, karbonil guruh.
 paranitrofenol:



Sxemadan ko'rinib turibdiki, bu o'zgarishning mohiyati benzol yadrosining xinoidga o'tishidir. Paranitrofenol eritmasiga ishqor qo'shilganda, eritma rangini sabab ham xinoid yadrosining hosil bo'lishidir. Kislota qo'shilganda eritma sariq rangdan rangsizlanadi.

Auksixromlarning o'zi xromoforlar kabi birikmalarni biror rangga kiritmaydi, lekin, xromoforlar ularning ta'sirini kuchaytirib, eritmaning rangini quyuqlashtiradi. Eng muhim auksixromlar $-OH=NH$ guruhlar hamda $-NH_2$ guruhidagi vodorod atomlarining turli radikallar bilan almashinishidan hosil bo'lgan mahsulotlardir, masalan:

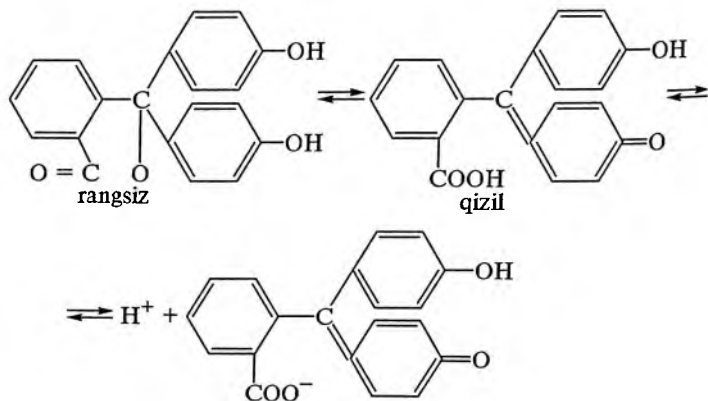


va boshqalar.

Eritma, muhitining o'zgarishi jarayonida xromofor guruhi-ning qayta guruhlanishi, ya'ni uning ichki tuzilishining o'zgarishi kuzatiladi. Buning oqibatida indikatorning rangi o'zgaradi. Bir xil rangli indikatorlarda rangi yo'qolishi yoki paydo bo'lishi xromofor guruhning mavjudligi yoki yo'qolishi bilan tushuntir-

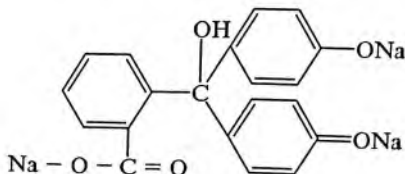
riladi. Ikki rangli indikatorlarda esa rangining o'zgarishiga sabab bir xromofor guruhning boshqachasiga qayta guruhlanishidir.

Fenoltalein bir rangli indikatorlarnipg tipik vakilidir. Eritmaning muhiti $\text{pH} < 8$ bo'lganda fenoltalein molekulasida xinnoidli guruh mavjud emas, shuning uchun uning eritmasi rangsiz. Ammo eritmaga ishqor tomchilari qo'shilsa ($\text{pH} = 8 \div 10$), fenoltalein molekulasi tarkibidagi anionda xinnoidli guruh paydo bo'ladi va shu tufayli eritma qizil rangga kiradi:

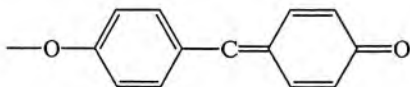


Gidroksil ionlari konsentratsiyasining eritmada keyingi ko'payishi ($\text{pH} = 13-14$) yangi qayta guruhlanishiga sabab bo'ladi, natijada fenoltalein molekulasidagi uchinchi vodorod atomi ham ishqoriy metall ioniga almashinadi.

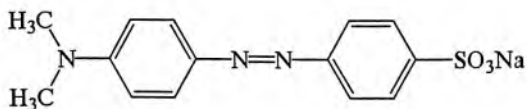
Hosil bo'lgan tuz tarkibidagi xinnoidli guruh yo'qoladi va natijada eritma rangsizlanadi:



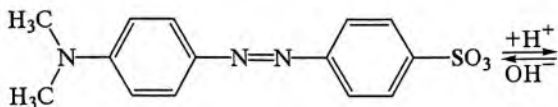
Fenoltaleinning qizil rang hosil qilishi, molekulada xromofor sistemaning hosil bo'lishi bilan bog'liq:



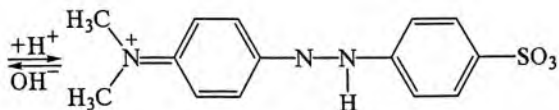
Metiloranj (geliangan, *h*-demitilaminoazobenzolsulfokislotaning natriyli tuzi) ikki rangli indikator:



Suvdagi eritmalarda metiloranj pushti rangda, $\text{pH} < 3,1$ bo'lganda qizil, $\text{pH} > 4,4$ dan katta bo'lgan sariq rangga o'tadi. Indikator azotguruhidagi azotga kislotaning vodorod H^+ kationining birikishi tufayli qizil rangli ion hosil bo'ladi. Shunday qilib, metiloranj eritmasiga tomchilatib kislota eritmasi qo'shilganda, uning sariq rangi qizil tusga o'zgaradi. Aksincha, indikator eritmasiga asta-sekin ishqor qo'shilsa, uning rangi pushtidan sariqqa aylanadi.



sariq, neytral yoki ishqoriy muhit



qizil, kislotali muhit

Xulosa qilib aytganda, indikator molekulalari murakkab tuzilishi ega bo'lgan organik moddalardir. Ular rangining o'zgarishiga kelganda, sharoitga qarab molekulaning dissotsiyalanishiga bog'liq muvozanat jarayoni yoki molekuladagi ichki qayta guruhlanish natijasida hosil bo'lgan shakllar orasidagi muvozanat jarayoni asosiy omil bo'lishi mumkin.

13.3. Indikator rangining o'zgarish sohasi, indikator ko'rsatkich

Neytrallash usuli indikatorlarining rangi eritmaga H^+ va OH^- ionlari kiritilganda o'zgaradi. Bu ionlar eritmaga kiritilganda eritmaning pH o'zgaradi. Demak, indikatorlarning rangi pH ning qiymatiga bog'liq va ularni pH — indikatorlar deb ataladi.

Kislota-asosli indikatorlar kuchsiz elektrolit ekanligini e'tiborga olib, umumiy holda quyidagicha qonuniga asoslanib, massalar ta'sirini yozish mumkin:

$$HInd = H^+ + Ind^-,$$
$$K_{ind} = \frac{[H^+] \cdot [Ind^-]}{[HInd]}.$$

Indikatorning rangi uning dissotsiyalangan va dissotsiyalanmagan shakllarining konsentratsiyalari nisbatiga bog'liq ravishda o'zgaradi:

$$\frac{[Ind^-]}{[HInd]} = \frac{K_{HInd}}{[H^+]}$$

yoki

$$\frac{[HInd]}{[Ind^-]} = \frac{[H^+]}{K_{HInd}}.$$

Ushbu holda indikatorning dissotsiyalangan shaklining konsentratsiyasi dissotsiyalanmagan shaklining konsentratsiyasiga bog'liq. Agar $\frac{K_{HInd}}{[H^+]} > 1$ bo'lsa, eritmada indikatorning dissotsiyalangan shakli ko'p bo'ladi. Agar $\frac{K_{HInd}}{[H^+]} < 1$ bo'lsa, eritmada dissotsiyalanmagan shakli bo'ladi.

Vodorod ionlarini konsentratsiyasi bir xil bo'lganda $\frac{K_{HInd}}{[H^+]}$ ning qiymati pH ga bog'liq bo'ladi:

$$K = \frac{[H^+] \cdot C_{ishqor.f.}}{C_{kisl.f.}} \quad (10)$$

bunda: K — indikatorning ko'rinma dissotsiatsiya konstantasi;

$$C_{kisl.f.} = [HInd];$$

$$C_{ishqor.f.} = [Ind^-].$$

Tenglama (10) ni $[H^+]$ ga nisbatan yechsak:

$$[H^+] = K \cdot \frac{C_{\text{kisl.f.}}}{C_{\text{ishqor.f.}}} \quad (11)$$

Uni logarifmlab, har ikki tomonni (-1) ga ko'paytiramiz:

$$-\lg[H^+] = -\lg K - \lg \frac{C_{\text{kisl.f.}}}{C_{\text{ishqor.f.}}}$$

bu yerda: $pK = -\lg K$ indikatorning kuch ko'rsatkichi, deb ataladi.

$$pH = pK - \lg \frac{C_{\text{kisl.f.}}}{C_{\text{ishqor.f.}}}$$

Tenglama (11) indikatorlar nazariyasining asosiy tenglamasi bo'lib, indikatorning rangi bilan eritmaning pH qiymati orasidagi munosabatni ifodalaydi.

Indikatorning kuch ko'rsatkichi pK ayni indikator uchun (o'zgarmas temperaturada) doimiy son bo'lgani sababli (11)

tenglamadan eritma pH qiymati o'zgarganda, $\frac{C_{\text{kisl.f.}}}{C_{\text{ishqor.f.}}}$ nisbat

ham o'zgaradi, degan xulosa kelib chiqadi.

Yuqoridagi nisbatning har qanday o'zgarishi ham rang o'zgarishi bo'lib sezilavermaydi. Inson ko'zining rangni sezish qobiliyati cheklangan bo'lib, indikatorning rangli holatlari ham birining konsentratsiyasi ikkinchisining konsentratsiyasidan 10 marta ko'p bo'lsa, eritmada ikkinchi holatining borligini ko'zimiz sezmaydi. Shuning uchun istalgan indikatorning rangi pH qiymatning har qanday o'zgarishida ham o'zgaravermay, balki pH ning ma'lum qiymatlari oralig'ida o'zgaradi va bu indikator rangining o'zgarish sohasi deb ataladi.

Indikator rangining o'zgarish oralig'ini hisoblash

Indikator konstantasini bilgan holda, (masalan, bu qiymat fenoltalein uchun $K_{\text{HInd}} = 10^{-9}$ ga teng, indikator rangining o'zgarish oralig'ini, ya'ni pH ning qiymatlarini hisoblab topish mumkin.

Indikatorning turli shakllari orasidagi, qiymat 1 : 10 bo'lganda, uning rang o'zgarishini oddiy ko'z bilan kuzatish mumkinligi tajriba yo'li bilan aniqlangan. Masalan, fenoltalein indikator uchun rangning o'zgarishi

$$\frac{[H^+] \cdot 1}{10} = K_{HInd} \approx 10^{-9};$$

$$[H^+] = K_{HInd} \cdot 10;$$

$$pH = pK_{HInd} - \lg pK_{HInd} - 1;$$

$$\frac{[H^+] \cdot 1}{10} = K_{HInd} \approx 10^{-9},$$

ya'ni

$$\frac{[H^+] \cdot 1}{10} = K_{HInd} = \frac{10^{-9}}{10};$$

$$pH = pK_{HInd} + \lg 10 = pK_{HInd} + 1$$

Indikator rangining o'zgarishini oddiy ko'z bilan kuzatish mumkin bo'lgan pH qiymatlarini formula yordamida hisoblash mumkin:

Shunday qilib, indikator rangining o'zgarish sohasi, odatda, uning pK qiymatidan u yoki bu tomonga bir birlik pH ga suriladi.

Masalan, **fenolftalein** uchun rang o'zgarish chegarasi $pH = 8$ bilan $pH = 10$) oralig'ida bo'ladi. $pH = 9$ gacha indikator kislotasining rangi kuzatiladi, ya'ni eritma rangsiz bo'ladi, $pH = 10$ dan boshlab ishqoriy formaning qizil rangi kuzatiladi. $pH = 8$ bilan $pH = 10$ oralig'ida rangsiz eritma asta-sekin och qizil rangga kira boshlaydi.

Metiloranjning pangli holatlaridan birining konsentratsiyasi, ikkinchi holatning konsentratsiyasidan 4 marta kam bo'lishi bilan birinchi holatni, ko'z sezmay qo'yadi. Shuning uchun, bu indikator rangining o'zgarish chegarasi boshqa indikatorlarnikiga qaraganda ancha kichik: $pH = 3,1$ bilan $pH = 4,4$ oralig'ida bo'ladi. $pH = 3,1$ yoki undan kichik bo'lganda indikator kislotasining rangini (ya'ni pushti rangi), $pH = 4,4$ yoki undan katta bo'lganda, esa ishqoriy holatining rangini (ya'ni sariq rang) ko'z bilan ko'rish mumkin. pH ning ko'rsatilgan qiymatlari oralig'ida esa metiloranj pushti rangdan asta-sekin sariq rangga o'ta boshlaydi va pH ning bu oralig'idagi har bir qiymatga ranglarning ma'lum tusi to'g'ri keladi.

pH ning ayni indikator bilan titrlash to'xtatiladigan qiymati shu indikatorning titrlash ko'rsatkichi deyiladi va pT bilan belgilanadi.

Quyida eng ko'p ishlatiladigan indikatorning indikator ko'rsatkichi pT qiymati keltirilgan:

pT

Metiloranj 4,0;

Metilrot 5,5;

Lakmus 7,0;

Fenolftalein 9,0.

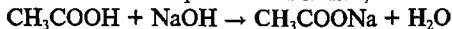
pT ning bu qiymatlari indikatorning oraliq ranglaridan biriga to'g'ri kelgani uchun u indikator rangining o'zgarishi chegarasi orasida bo'ladi. Shuning uchun agar pT berilmagan bo'lsa, uni ko'rsatilgan chegaraning o'rtasida, ya'ni taxminan indikatorning kuch ko'rsatkichi pK ga teng deb qabul qilish mumkin.

13.4. Titrlash egri chiziqlari.

Kuchli kislotalarni kuchli ishqor bilan titrlash

Titrlash jarayonida analiz uchun eng muhim bo'lgan masala indikator aniq tanlab olish. Titrlashda ekvivalent nuqtadagi pH reaksiyaga kirishayotgan kislota va asosning tabiatiga bog'liq bo'ladi ... qarang, masalan, kuchli kislotalarni kuchli asos bilan yoki asosga titrlasak, reaksiya natijasida gidrolizlanmaydigan tuz hosil bo'ladi. EN (ekvivalent nuqtasi) $pH = 7$ ga teng bo'ladi. Lakmusni titrlash ko'rsatkichi 7 ga teng bo'lgani sababli, bu titrlashda mos indikator bo'ladi.

Agar kuchsiz kuchli ishqor bilan titrlansa, masalan,



hosil bo'lgan tuz gidrolizlanishi tufayli eritmaning muhiti ishqoriy bo'ladi. Titrlashni $pH > 7$ da tamomlash kerak (indikator fenolftalein eng qulay bu titrlash uchun).

Aksincha, $NH_4OH + HCl \rightarrow NH_4Cl + H_2O$ titrlashda hosil bo'lgan tuz gidrolizlanish natijasida, eritma kislotali muhitga ega bo'ladi, shuning uchun indikator metiloranj ($pT = 4$) yoki metilrot ($pT = 5$) bu titrlashda to'g'ri keladi.

Titrlashda mos indikator tanlashda titrlash egri chizig'ining muhim ahamiyati bor. Shu sababli titrlash egri chizig'ini tuzish usulini ko'rib chiqamiz. Masalan, HCl ning 100 ml 0,1 n erit-

masi NaOH ning 0,1 *n* eritmasi bilan titrlanadi, deylik. Titrlashning turli paytidagi eritmaning pH ini hisoblab topamiz; kuchli kislotasi yoki ishqor eritmasining pH ini hisoblashda, (ular hozirgi tushunchalarga binoan eritmada, amalda to'la dissiatsiyalangan bo'lgani uchun) H^+ yoki OH^- ionlarining konsentratsiyasini kislotaning (yoki ishqorning) umumiy konsentratsiyasiga tenglash mumkin.

Titrlashdan oldin HCl ning 0,1 *n* eritmasi berilgan bo'lib, uning pH qiymati 1 ga teng:

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg C_{HCl} = -\lg 10^{-1} = 1$$

Endi, HCl ning 100 *ml* 0,1 *n* eritmasiga, NaOH ning 50; 99; 99,9 *ml* 0,1 *n* eritmasidan qo'shilganda nima bo'lishini ko'rib chiqamiz. 0,1 *n* NaOH eritmasidan 50,0 *ml* qo'shilganda, neytrallanmagan 50 *ml* HCl qoladi; 90 *ml* NaOH qo'shilganda, 10 *ml* HCl, 99 *ml* NaOH qo'shilganda, 1 *ml* HCl; 99,9 *ml* NaOH qo'shilganda 0,1 *ml* HCl qolishi kerak. Lekin qo'shilgan NaOH eritmasi hisobiga titrlash uchun olingan 100 *ml* HCl ning hajmi o'zgaradi; 50 *ml* NaOH qo'shilganda, 150 *ml* gacha, 90 *ml* NaOH qo'shilganda, 190 *ml* gacha; 99 *ml* NaOH qo'shilganda 199 *ml* gacha, 99,9 *ml* NaOH qo'shilganda 199,9 *ml* gacha ko'payadi. Hosil bo'lgan eritmaning H^+ konsentratsiyasi va pH qiymati ham o'zgaradi.

Aniqlanadigan modda konsentratsiyasi C_{HCl} ni titrlash jarayonida aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$C_{HCl} = \frac{V_{HCl} - V_{NaOH}}{V_{HCl} + V_{NaOH}} \cdot N_{HCl}$$

bu yerda: V_{HCl} — titrlash uchun olingan aniqlanayotgan modda eritmasining hajmi, *ml*;

N_{HCl} — HCl ning normalligi;

V_{NaOH} — titrlangan (standart) eritmaning aniqlanadigan eritmaga qo'shilgan hajmi, *ml*.

HCl ning yarmini neytrallashda, xlorid kislotaning konsentratsiyasi shunchalik o'zgaradiki, u 50 bilan 150 orasidagi musbatga teng bo'ladi:

$$C_{HCl} = [H^+] = \frac{50}{150} \cdot 0,1 = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$pH = -\lg C_{HCl} = -\lg[H^+] = 2 - \lg 3,3 = 1,5.$$

90 ml 0,1 n NaOH qo'shilganda eritmaning pH quyidagiga teng bo'ladi:

$$C_{\text{HCl}} = [\text{H}^+] = \frac{10}{190} \cdot 0,1 = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{HCl}} = -\lg[\text{H}^+] = 3 - \lg 5,3 = 2,3.$$

Titrlanayotgan eritmaga 99 ml NaOH qo'shilganda, erkin HCl ning konsentratsiyasi yana 10 marta, ya'ni 10^{-4} mol/l gacha kamayadi, eritmaning pH esa, 3,3 gacha ortadi.

$$C_{\text{HCl}} = [\text{H}^+] = \frac{0,1}{199,9} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{HCl}} = -\lg[\text{H}^+] = 4 - \lg 5 = 3,3.$$

99,9 ml NaOH qo'shilganda, $C_{\text{kisl.}} = 10^{-5} \text{ mol/l}$ gacha kamayib, pH qiymati 4,3 bo'ladi.

$$C_{\text{HCl}} = [\text{H}^+] = \frac{0,1}{199,9} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{HCl}} = -\lg[\text{H}^+] = 5 - \lg 5 = 4,3.$$

Titrlashga olingan 100 ml HCl ga shu normallikdagi eritmasidan 100 ml qo'shilganda eritmadagi kislotaga ekvivalent miqdorda ishqor qo'shilgan bo'ladi, ya'ni ekvivalentlik nuqtasiga erishiladi. Bu paytda eritmada faqat reaksiya natijasida hosil bo'lgan tuz — NaCl bo'ladi. Bu tuz gidrolizlanmagani uchun eritmaning pH qiymati 7 ga teng bo'ladi. Xuddi shu paytda titrlashni tamomlash lozim. Lekin kislotani ishqor bilan titrlashda pH ning o'zgarishini kuzatib borish uchun hisoblashni ortiqcha qo'shilguncha davom ettiramiz.

Ishqor kerakli miqdordan (ekvivalentlik nuqtasidan) keyin 0,1 ml ortiqcha, ya'ni 100,1 ml qo'shilgan bo'lsin: NaOH ning konsentratsiyasi HCl niki kabi bo'lgani uchun ortiqcha qo'shilgan ishqor OH^- ionlarini hosil qiladi.

Unda:

$$C_{\text{NaOH}} = [\text{OH}^-] = \frac{0,1}{200,1} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$\text{pOH} = 5 - \lg 5 = 4,3$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 4,3 = 9,7$$

101 va 110 ml NaOH eritmasidan qo'shilganda:

$$C_{\text{NaOH}} = [\text{OH}^-] = \frac{1}{201} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$\text{pOH} = 4 - \lg 5 = 3,3;$$

$$\text{pH} = 14 - 3,3 = 10,7;$$

$$C_{\text{NaOH}} = [\text{OH}^-] = \frac{10}{210} \cdot 0,1 = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l};$$

$$\text{pOH} = 3 - \lg 4,8 = 2,3; \quad \text{pH} = 14 - 2,3 = 11,7.$$

Olingan natijalar 24-jadvalda taqqoslangan hamda 38-rasm-da egri chiziq shaklida ifodalangan.

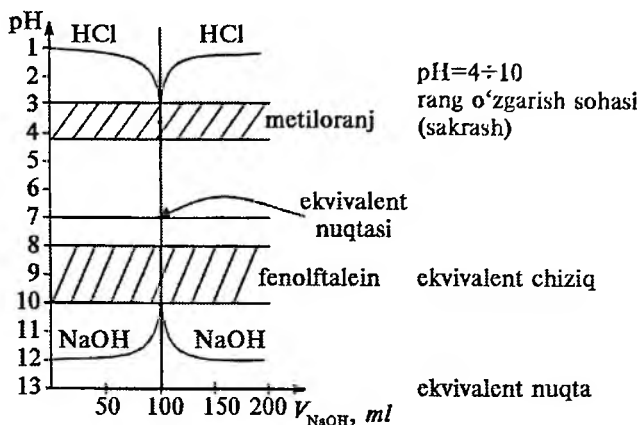
Titrlash egri chizig'ini yasash uchun abssissalar o'qiga ish eritmasi NaOH ning qo'shilgan miqdori (*ml*) ordinatalar o'qiga esa pH qiymatlari qo'yiladi.

38-rasmdan ko'rinib turibdiki, titrlashning boshida kislotaga NaOH eritmasidan 90 *ml* qo'shilganda pH qiymati juda kam o'zgaradi: qolgan 10 *ml* NaOH eritmasi qo'shilganda, ya'ni ekvivalentlik nuqtasiga yaqinlashgan sari pH qiymati keskinroq ortadi.

24-jadval

HCl ning 100 *ml* 0,1 *n* eritmasini NaOH ning 0,1 *n* eritmasi bilan yoki (aksincha) titrlashda pH ning o'zgarish tartibi

Qo'shilgan NaOH ning miqdori, <i>ml</i>	Qolgan HCl miqdori, <i>ml</i>	[H ⁺]	pH	[OH ⁻]	pOH	$\frac{\Delta \text{pH}}{\Delta C}$
0	100	10 ⁻¹	1	10 ⁻¹³	13	—
50	50	3,3·10 ⁻²	1,5	3,0·10 ⁻¹³	12,5	$\frac{0,5}{50} = 0,01$
90	10	3,3·10 ⁻²	2,3	1,9·10 ⁻¹²	11,7	$\frac{0,8}{40} = 0,02$
99	1	5,3·10 ⁻⁴	3,3	2,0·10 ⁻¹¹	10,7	$\frac{1}{9} = 0,11$
99,9	0,1	5,0·10 ⁻⁵	4,3	2,0·10 ⁻¹⁰	9,7	$\frac{1}{0,9} = 1,1$
100	0	1·10 ⁻⁷	7	2,0·10 ⁻⁷	7	$\frac{2,7}{0,1} = 27$
100,1	0,1 ortiqcha NaOH	2,0·10 ⁻¹⁰	9,7	2,1·10 ⁻⁵	4,3	$\frac{2,7}{0,1} = 27$
101	1,0 ortiqcha NaOH	2,0·10 ⁻¹¹	10,7	2,0·10 ⁻⁴	3,3	$\frac{1}{0,9} = 1,1$
110	10 ortiqcha NaOH	2,1·10 ⁻¹²	11,7	2,0·10 ⁻³	2,3	$\frac{1}{9} = 0,11$



38-rasm. HCl ning 0,1 n eritmasini NaOH ning 0,1 n eritmasi bilan (yoki aksincha) titrlash egri chizig'i

Bu vaqtda egri chiziq keskin pasayadi, bu hol xlorid kislotaning hammasi neytrallanib bo'lganini ko'rsatadi. Shundan keyin, NaOH eritmasi qo'shilganda pH qiymati avval keskin, so'ngra sekin o'zgaradi.

Titrlashda pH ning qanday o'zgarishini ko'rsatadigan, shunga o'xshash egri chiziqlar titrlash egri chiziqlari deb ataladi.

Kislota titrlash egri chizig'ini tuzishda absissa o'qiga titrlashning turli paytida eritmada bo'lgan ortiqcha yoki ishqorning miqdori, ordinatalar o'qiga esa eritmaning ularga to'g'ri keladigan pH qiymatlari qo'yiladi. O'ngdan chapga tomon borilganda titrlash chizig'i ishqorni kislota bilan titrlagandagi pH qiymatning o'zgarishini ko'rsatadi.

Xlorid kislotaning 0,1 n eritmasini o'yuvchi natriyning 0,1 n eritmasi bilan titrlash egri chizig'idan ko'rinib turibdiki, ekvivalentlik nuqtasi neytral nuqta ($\text{pH} = 7$) bilan mos kelgan. Undan keyin titrlash oxirida pH ning keskin o'zgarishini (sakrashni) kuzatamiz. Haqiqatan ham deyarli hamma ishqorni (99,9 ml) qo'shguncha, pH bor-yo'g'i 3 birlikka (1 dan 4 gacha) o'zgaradi, eritmada 0,1 ml ortiqcha kislota qolgan holdan

0,1 ml ortiqcha ishqor bo'lgan holga o'tishda esa (ya'ni 99,9 ml dan 100,1 ml NaOH qo'shilguncha) pH 6 birlikka (4 dan 10 gacha) o'zgaradi.

$$\text{pH} = -\lg K - \lg \frac{C_{\text{kisl.f.}}}{C_{\text{ishqor.f.}}}$$

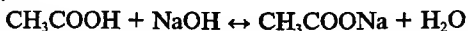
Tenglamadan ko'rinib turibdiki, oxirgi 1–2 tomchi ishqor qo'shilganda, eritma pH ning keskin o'zgarishi $\frac{C_{\text{kisl.f.}}}{C_{\text{ishqor.f.}}}$ nisbatining keskin o'zgarishiga sabab bo'ladi. Agar titrlash egri chizig'ida pH bunday keskin o'zgarishida eritmaning rangi asta-sekin o'zgarib, titrlashni qay paytda tamomlash kerakligini bilib bo'lmas edi.

Kuchli kislotani kuchli ishqor bilan titrlash egri chizig'idap ko'rinib turibdiki, pH ning keskin o'zgarishini hisobga olsak, titrlash pH = 7 da emas, balki pH = 4 da tugaydigan metiloranj kabi indikatorlardan foydalanish mumkin. Ortiqcha miqdorda ishqor qo'shilganda eritmaning pH qiymati 10 ga teng bo'ladi, shuning uchun fenolftalein bilan ham titrlash mumkin; bunda pH = 9 da titrlash tamomlanadi. Aytilganlarning hammasidan indikator tanlashning asosiy qoidasi kelib chiqadi: har qanday titrlashda titrlash ko'rsatkichi titrlash egri chizig'ida pH ning keskin o'zgarishi oralig'ida bo'lgan indikatorlarnigina ishlatish mumkin.

Kuchli kislotalarning 0,1 n eritmalarini kuchli ishqorlar bilan (yoki aksincha) titrlashda (pT = 4,0) dan boshlab fenolftalein (pT – 10,0) gacha hamma indikatorlar bilan titrlansa bo'ladi.

13.5. Kuchsiz kislotani kuchli ishqor bilan titrlash egri chiziqlari

Masalan, CH₃COOH ning 100 ml 0,1 n eritmasini NaOH ning 0,1 n eritmasi bilan titrlashni ko'rib chiqamiz. Reaksiya tenglamasi:



Bu holda, pH ning qiymatini hisoblashda H⁺ ionlarining konsentratsiyasini eritmadagi kislotaning umumiy konsentra-

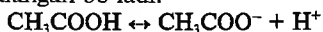
tsiyasiga teng deb olish mumkin emas, chunki kislotaning, ko'p qismi eritmada dissotsiyanmagan molekular hoida bo'ladi va ozginasigina dissotsiyanib, H^+ ionlarini beradi.

Shuning uchun bu yerda pH hisoblashda berilgan kuchsiz kislotaning dissotsiyanish konstantasi tenglama bilan foydalaniladi:

$$K_{CH_3COOH} = \frac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$K_{CH_3COOH} = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Sirka kislota u dastlab eritmada quyidagi tenglama bo'yicha qisman dissotsiyanlangan bo'ladi:



Tenglamadan ko'rinib turibdiki, har bir H^+ ioniga bitta CH_3COO^- ioni to'g'ri keladi. Demak, ularning konsentratsiyasi o'zaro teng:

$$[CH_3COO^-] = [H^+]$$

Sirka kislotaning dissotsiyanish darajasi juda kichik bo'lgani uchun

$$[CH_3COO^-] \approx C_{kisl}$$

deb hisoblash mumkin. C_{kisl} — eritmada sirka kislotaning umumiy konsentratsiyasi bo'lib, ushbu misolda 0,1 M ga teng.

(8) tenglamadan

$$[H^+]^2 = K_{kisl} \cdot C_{kisl}$$

yoki

$$[H^+]^2 = \sqrt{K_{kisl} \cdot C_{kisl}} \quad (12)$$

Tenglama (11) ni logarifmlab va (12) ikkala tomonini (-1) ga ko'paytirib, quyidagi tenglamaga o'tamiz:

$$-\lg[H^+] = -\frac{1}{2} \lg K_{kisl} - \frac{1}{2} \lg C_{kisl}$$

yoki

$$-\text{pH} = -\frac{1}{2} \text{p}K_{kisl} - \frac{1}{2} \lg C_{kisl}$$

bu yerda: $\text{p}K_{kisl} = -\lg K_{kisl}$ kislotaning kuch ko'rsatkichi.

Bunda:

$$\text{p}K = -\frac{1}{2} \lg 1,86 \cdot 10^{-5} = -(0,27 - 5) = 4,73$$

Demak, formula (3)ga asosan quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \cdot 4,73 + \frac{1}{2} \lg 0,1 = 2,37 + 0,5 = 2,87$$

Sirka kislota ning 0,1 n eritmasini titrlash egri chizig'ining boshlanish nuqtasidagi pH ning qiymati 2,87 ga teng bo'ladi.

Endi titrlash egri chizig'ining oraliq nuqtalarini hisoblab topishda ishlatiladigan formulalarni chiqamiz. Bu nuqtalar titrlanayotgan kislota umumiy miqdorining bir qismi titrlangan, ya'ni tuzga aylangan paytga to'g'ri keladi. Demak, bu paytda eritmada erkin holdagi kislota CH_3COOH va uning tuzi CH_3COO^- hosil bo'ladi. Bunday eritmalarining pH ini hisoblab topish uchun sirka kislota ning dissotsiyanlash konstantasi tenglamasini $[\text{H}^+]$ ioniga nisbatan yechamiz:

$$[\text{H}^+] = K_{\text{kisl}} \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

Lekin CH_3COOH kuchsiz kislota va uning deyarli hammasi eritmada dissotsiyanlanmagan molekulalar CH_3COOH holida bo'ladi. Shuning uchun dissotsiyanlanmagan molekulalarning konsentratsiyasini eritmada gi kislota ning umumiy konsentratsiyasiga teng deb olish mumkin:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx C_{\text{kisl}}$$

Ikkinchi tomondan, CH_3COONa tuzi to'liq dissotsiyanlangani, sirka kislota esa juda oz dissotsiyanlangani uchun, eritmada gi CH_3COO^- ionlarining deyarli hammasi tuzning dissotsiyanlanishidan hosil bo'ladi va dissotsiyanlangan tuzning har bir molekulasiga bittadan CH_3COO^- ionini hosil qiladi. Bundan, anionlarning konsentratsiyasini tuzning umumiy konsentratsiyasiga teng deb olish mumkin:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx C_{\text{tuz}}$$

Aytilganlarni hisobga olib, yuqoridagi tenglamani $[\text{H}^+]$ ioniga nisbatan yozamiz:

$$[\text{H}^+] = C_{\text{kisl}} \cdot \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}} \quad (13)$$

(13) tenglamani logarifmlab, ishoralari teskariga o'zgartirsa:

$$-\lg[\text{H}^+] = -\lg K_{\text{kisl}} - \lg \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}} \quad (14)$$

$$\text{pH} = \text{p}K - \lg \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}}$$

Titrlashning oraliq nuqtalari shu formula bo'yicha hisoblab chiqariladi. Masalan, titrlanadigan sirka kislotaga 50, 90, 99, 99,9 ml 0,1 n NaOH qo'shilganda ko'rib chiqamiz.

50 % sirka kislotaga titrlanganda H^+ ionining konsentratsiyasini aniqlaymiz:

50 ml NaOH qo'shilganda:

$$pH = pK_{kisl} - \lg \frac{50}{100} \cdot 0,1 + \lg \frac{50}{100} \cdot 0,1$$

$$pH = 4,74$$

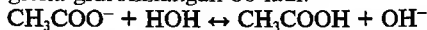
90 ml NaOH qo'shilganda:

$$pH = 4,74 + \lg \frac{10}{100} \cdot 0,1 - \lg \frac{90}{100} \cdot 0,1 = 4,74 + 2 - 1,05 = 5,69$$

99,9 ml NaOH qo'shilganda:

$$pH = 4,74 - \lg \frac{0,1}{99,9} \cdot 0,1 = 4,74 - (-3) = 7,74$$

Endi ekvivalentlik nuqtasidagi pH ni hisoblashda foydalaniladigan, formulani chiqaramiz. Eritmada CH_3COONa tuzi bo'lib, u quyidagicha gidrolizlangan bo'ladi:



Bu qaytar reaksiyaga massalar ta'siri qonunini tatbiq etsak:

$$K = \frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-] \cdot [HOH]} \quad (15)$$

yoki

$$K \cdot [H_2O] = K_{gidr} \cdot \frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

bu yerda, $K - [H_2O]$ ko'paytma doimiy son bo'lib, dissotsiylanish konstantasi deyiladi va K_{gidr} bilan belgilanadi:

$$K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14} \quad 22^\circ C \text{ da}$$

$$[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

$[OH^-]$ qiymatini (15) tenglamaga qo'ysak:

$$\frac{[CH_3COOH] \cdot 10^{-14}}{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]} = K_{gidr}$$

Lekin

$$\frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-]} = \frac{10^{-14}}{K_{gidr}}$$

kasr K_{kisl} ga teskari miqdordir va u $1 : K_{kisl}$ ga teng.

Demak,

$$K_{\text{gidr}} = \frac{10^{-14}}{K_{\text{gidr}}}$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{10^{-14}}{K_{\text{gidr}}} \quad (16)$$

Reaksiyaning ionli tenglamasiga binoan, gidrolizda, bitta H^+ ioni paydo bo'lishi bilan bitta molekula CH_3COOH hosil bo'ladi, bundan $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{OH}^-]$. Shu bilan bir vaqtda, CH_3COOH dissotsiyalanib, juda kam CH_3COO^- ionlarini bergani uchun $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = C_{\text{tuz}}$ deb qabul qilish mumkin:

Unda (16) tenglamadan quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{[\text{OH}^-]^2}{C_{\text{tuz}}} = \frac{10^{-14}}{K_{\text{gidr}}}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot C_{\text{tuz}}}{K_{\text{gidr}}}} \quad (17)$$

Logarifmlab va logarifmlarning ishorasini teskarisiga almashtirsak:

$$-\lg[\text{OH}^-] = 7 + \frac{1}{2} \cdot \lg K_{\text{kisl}} - \frac{1}{2} \cdot \lg C_{\text{tuz}}$$

$$\text{pOH} = 7 + \frac{1}{2} \cdot \text{p}K_{\text{kisl}} - \frac{1}{2} \cdot \lg C_{\text{tuz}} \quad (18)$$

CH_3COOH ning 0,1 *n* eritmasini NaOH ning 0,1 *n* eritmasi bilan titrlashda ekvivalent nuqtasidagi pH ni shu formula yordamida hisoblab chiqamiz:

$$\text{pH} = 7 + \frac{4,74}{2} + \frac{1}{2} \cdot \lg 0,1 = 7 + 2,37 - 0,5 = 8,87$$

Kuchsiz kislotani kuchli asos bilan, masalan, sirka kislotani o'yuvchi natriy bilan titrlaganda ekvivalentlik nuqtasi neytrallanish nuqtasi bilan mos tushmaydi va bu nuqta ishqoriy muhitga to'g'ri keladi ($\text{pH} = 8,87$). Ortiqcha miqdorda ishqor qo'shilsa, titrlanayotgan modda tarkibidagi erkin holdagi NaOH pH miqdori bilan belgilanadi. NaOH ning 0,1 *n* eritmasidan 0,1; 0,2; 1,0 va 10 ml ortiqcha qo'shilsa, OH^- ionlarining konsentratsiyasi mos ravishda quyidagilarga teng bo'ladi:

$$\frac{0,1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{ion/l}; \quad \frac{0,2}{100} \cdot 0,1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{ion/l};$$

$$\frac{1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{ion/l}; \quad \frac{10}{100} \cdot 0,1 = 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{ion/l}.$$

Yuqorida keltirilgan $[\text{OH}^-]$ qiymatlariga mos keladigan vodorod ionlarining konsentratsiyasi va eritma – pH qiymati quyidagilarga teng.

25-jadval

CH_3COOH ning 100 ml 0,1 n eritmasini NaOH ning 0,1 n eritmasi bilan titrlashda pH ning o'zgarish tartibi

Qo'shilgan NaOH, ml	Ortiqcha CH_3COOH , ml	$[\text{H}^+]$	pH	$\frac{\Delta \text{pH}}{\Delta C}$
0	100	$3,5 \cdot 10^{-3}$	2,87	—
50	50	$1,82 \cdot 10^{-5}$	4,74	$\frac{1,87}{50} = 0,037$
90	10	$2,0 \cdot 10^{-6}$	0,69	$\frac{0,05}{40} = 0,001$
99	1	$1,82 \cdot 10^{-7}$	6,74	$\frac{1,05}{9} = 0,117$
99,8	0,2	$3,6 \cdot 10^{-6}$	7,44	$\frac{0,70}{0,80} = 0,9$
99,9	0,1	$1,82 \cdot 10^{-8}$	7,74	$\frac{0,3}{0,1} = 3$
100	0	$1,35 \cdot 10^{-9}$	8,87	$\frac{1,113}{0,1} = 11,13$
100,1	0,1 NaOH ortiqcha	$10 \cdot 10^{-10}$	10	$\frac{1,113}{0,1} = 11,3$
100,2	0,2 NaOH ortiqcha	$5,0 \cdot 10^{-11}$	10,3	$\frac{0,3}{0,1} = 3$
101	1 NaOH ortiqcha	10^{-11}	11,0	$\frac{0,70}{0,80} = 0,9$
110	10 NaOH ortiqcha	10^{-12}	12	$\frac{1}{9} = 0,11$

$$[\text{H}^+] = 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{ion/l},$$

$$[\text{H}^+] = 5 \cdot 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{ion/l},$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-11} \text{ g} \cdot \text{ion/l},$$

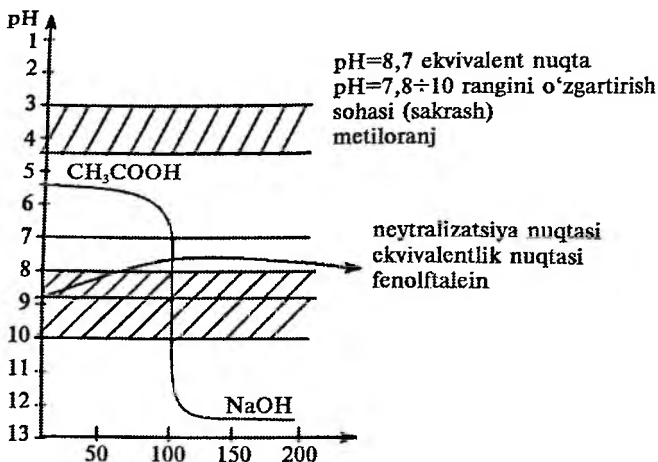
$$[\text{H}^+] = 10^{-12} \text{ g} \cdot \text{ion/l},$$

$$\text{pH} = 10$$

$$\text{pH} = 10,5$$

$$\text{pH} = 11$$

$$\text{pH} = 12$$



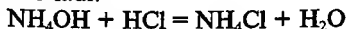
39-rasm. CH₃COOH ning 0,1 *n* eritmasini NaOH ning 0,1 *n* eritmasi 100 li bilan titrlash egri chizig'i

pH ning hisoblab topilgan qiymatlari 25-jadvalda ko'rsatilgan. Ushbu qiymatlar asosida titrlash egri chizig'i chizilgan. Titrlash egri chizigida sakrash intervali (39-rasm) pH = 7,8 dan boshlanadi va pH = 10,0 da tugallanadi. Ekvivalentlik nuqtasi ishqoriy muhitda (pH = 8,87). Bu holda, pH = 7,0 da; o'z rangini o'zgartiradigan indikatorlar ishlatish kerak. Titrlash ko'rsatkichi (ya'ni indikator o'z rangini o'zgartiradigan) pT = 9 ga teng bo'ladigan fenolftalein ishlatiladi.

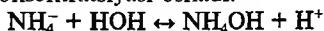
Titrlanayotgan kislota qancha kuchsiz bo'lsa, titrlash egri chizig'ida pH ning keskin o'zgarishi ham shunchalik kichik bo'ladi.

13.6. Kuchsiz asosni kuchli kislota bilan titrlash

Kuchsiz asosni kuchli kislota bilan titrlaganda ekvivalentlik nuqtasida muhit reaksiyasi kislotali bo'lib, eritmaning pH miqdori 7 dan kichik bo'ladi:



Hosil bo'lgan tuzning gidrolizlanishi natijasida eritmadagi H^+ ionlarinsh konsentratsiyasi oshadi:



Faraz qilaylik, masalan, NH_4OH ning 100 ml 0,1 n eritmasi ($K = 1,8 \cdot 10^{-5}$; $pK = 4,75$) HCl ning 0,1 n eritmasi bilan titrlanadi. Titrlashning boshlanishida kuchsiz asos NH_4OH ning 0,1 n eritmasi bo'lib, uning pH quyidagi tenglama bilan hisoblab topiladi:

$$\frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_4OH]} = K_{hid} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$[NH_4^+] = [OH^-] \text{ va } [NH_4OH] \approx C_{asos}$$

bo'lgani uchun

$$[OH^-] = \sqrt{K_{asos} \cdot C_{asos}}$$

$$pOH = \frac{1}{2} pK_{asos} - \frac{1}{2} \lg C_{asos} \quad (19)$$

bundan,

$$pH = 14 - pOH = 14 - \frac{1}{2} pK_{asos} + \frac{1}{2} \lg C_{asos} \quad (20)$$

formulani chiqarish jarayonida olingan (19) formula kuchsiz kislotalar uchun chiqarilgan formulaga juda o'xshaydi. Farqi faqat shundaki, bu yerda pH qiymatining o'rniga pOH qiymati topiladi.

Titrlashning boshqa oraliq nuqtalarini va ekvivalentlik nuqtasini hisoblashda ham xuddi shunday bo'ladi. Tegishli formulalarni chiqarish usullari yuqorida bayon qilingan usullarga aynan o'xshaydi.

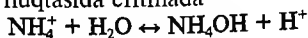
Titrlashning oraliq nuqtalarida eritmada erkin holdagi titrlanmagan asos NH_4OH bilan birga reaksiya natijasida hosil bo'lgan tuz NH_4Cl ham bo'ladi. Shuning uchun:

$$pOH = pK_{asos} - \lg \frac{C_{asos}}{C_{tuz}}$$

va

$$pH = 14 - pK_{asos} + \lg \frac{C_{asos}}{C_{tuz}}$$

Ekvivalentlik nuqtasida eritmada



tenglama bo'yicha gidrolizlanadigan tuz bo'lsa, gidrolizlangan konstantasi tenglamasidan:

$$\frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{10^{-14}}{K_{\text{asos}}}$$

$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{asos}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}}$$

$$\text{p}K_{\text{NH}_4\text{OH}} = -\lg K_{\text{NH}_4\text{OH}} - \lg 1,8$$

$$\text{p}K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 5 - 0,26 = 4,74$$

$$\text{pH} = 14 - \frac{1}{2} \cdot 4,75 + \frac{1}{2} \lg 0,1 = 11,3$$

$$\text{pH} = 14 - 2,37 - 0,5 = 11,3$$

Demak, 0,1 n NH_4OH ning $\text{pH} = 11,3$

Shunga e'tibor berish kerakki, bu formula kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar eritmalarining pH ini hisoblashdagi oldingi chizilgan formuladan farq qiladi. Avvalgi holda pH qiymati 7 dan katta bo'lishi kerak. Bo'lgani uchun $1/2 \text{p}K$ va $1/2 \lg C_{\text{tuz}}$ qiymatlar 7 ga qo'shilar edi, bu holda esa pH 7 dan kichik, shuning uchun ko'rsatilgan qiymatlar 7 dan ayiriladi.

Titrlashning ortiqcha HCl qo'shilgan paytga to'g'ri kelgan nuqtalari uchun pH ning qiymati, uning eritmadagi umumiy konsentratsiyasidan bizga ma'lum bo'lgan oldingi usul bilan hisoblab topiladi.

Titrlash egri chizig'ini hisoblash natijalari 26-jadvalda, egri chiziq esa 40-rasmda keltirilgan.

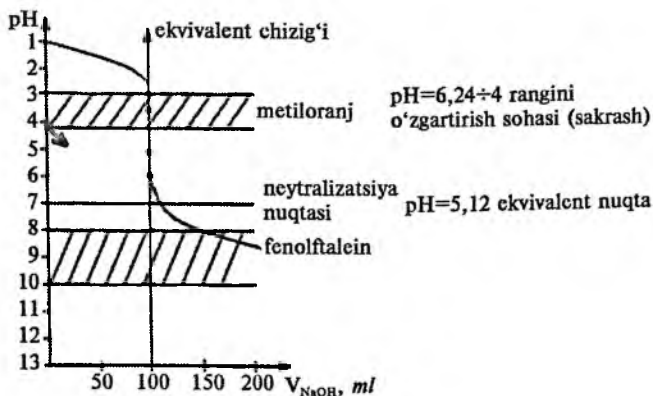
26-jadval

NH_4OH ning 100 ml 0,1 n eritmasni HCl ning 0,1 n eritmasi bilan titrlaganda pH qiymatining o'zgarishi

Qo'shilgan NH_4OH ml	Qolgan NH_4OH	Hisoblash	pH
0	100	$\text{pH} = 14 - 4,75/2 \cdot 1/2 - \lg 0,1$	11,3
65	35	$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg 35 - \lg 65$	9,02
90	10	$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg 10 - \lg 90$	8,30
99	1	$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg 1 - \lg 99$	7,25
99,9	0,1	$\text{pH} = 14 - 4,75 + \lg 0,1 - \lg 99,9$	6,26

100	—	$\text{pH} = 7 - 4,75/2 \cdot 1/2 - \lg 0,1$	5,12
100,1	0,1 HCl ortiqcha	$[\text{H}^+] = 10^{-4}$	4,0
101,0	1,0 ortiqcha	$[\text{H}^+] = 10^{-3}$	3,0
110,0	10 ortiqcha	$[\text{H}^+] = 10^{-2}$	2,0
200,0	100 ortiqcha		1

26-jadvaldan ko‘rinadiki; a) ekvivalentlik nuqtasi kislotali eritmalar sohasida yotadi ($\text{pH} = 5,12$); b) pH ning keskin o‘zgarish chegarasi $\text{pH} = 6,24$ bilan $\text{pH} = 4,0$ oralig‘ida, ya’ni 2,24 pH birligiga teng, o‘yuvchi natriyning 0,1 *n* eritmasini xlorid kislotaning 0,1 *n* eritmasi bilan titrlaganda esa pH ning qiymati 6 ga teng edi.



40-rasm. NH_4OH ning 0,1 *n* eritmasini HCl ning 0,1 *n* eritmasi bilan titrlash egri chizig'i

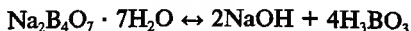
Demak, titrlanayotgan asos, qancha kuchli bo'lsa, titrlash egri chizig'ida pH ning keskin o'zgarishi sohasi shuncha kichik va shu titrlashda ishlatilishi mumkin bo'lgan indikatorlarni tanlash ham shunchalik chegarsiz bo'ladi. $K < 10^{-7}$ bo'lgan juda kuchsiz asoslarni, shuningdek, juda kuchsiz kislotalarni, ularda

pH keskin o'zgarmagani boiz aniq titrlab bo'lmaydi. Ko'rilayotgan titrlashga pT qiymati 6,25 dan 4,0 gacha bo'lgan barcha indikatorlarni ishlatish mumkin. Masalan, metiloranj (pT = 4,0) va metilrot (pT = 5,5) bilan titrlash mumkin, lekin fenolftalein bilan (pT = 9) titrlab bo'lmaydi.

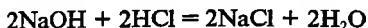
13.7. Neytrallash usuliga doir laboratoriya mashg'ulotlari. Buraning standart (titrlangan) ish eritmasini tayyorlash

Neytrallash usulida ishqorlarning, shuningdek, gidrolizlanganda ishqoriy muhit hosil qiladigan tuzlarning konsentrasiyasini aniqlash uchun titriborat tuzi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ yoki soda Na_2CO_3 bo'yicha aniqlanadigan xlorid kislota ish eritmasi sifatida ishlatiladi.

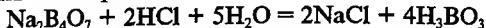
Bura suvda eritilganda quyidagi tenglamaga muvofiq gidrolizlanadi:



Gidroliz natijasida hosil bo'lgan ortoborat kislota kuchsiz kislotalardan biri va NaOH kuchli asos bo'lganligi sababli bura eritmasi kuchli ishqoriy muhitga ega bo'ladi va uni kislotalar bilan yetarli darajada aniq titrlash mumkin. Gidroliz vaqtida hosil bo'ladigan ishqor kislotani neytrallash uchun sarf etilishini nazarda tutib, uning reaksiya tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:



Ikkala tenglamani qo'shib yozsak, reaksiyaning umumiy tenglamasini hosil qilamiz:



Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, eritma ekvivalentlik nuqtasida NaCl bilan erkin borat kislota H_3BO_3 aralashmasidan iborat bo'ladi. Titrlash vaqtida erish hajmining o'zgarishini hisobga olmasdan va borat kislota $pK = 9,24$ ekanligini nazarda tutib, pH ni hisoblaymiz:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \cdot pK_{\text{kisl}} - \frac{1}{2} \cdot \lg C_{\text{kisl}} = \frac{9,24}{2} + 0,5 = 5,1$$

Demak, pT = 5,5 bo'lgan metall qizil indikator (metilrot) titrlash uchun eng yaxshi indikator hisoblanadi. Burani metil-

oranj ishtirokida ham titrlash mumkin, chunki uning titrlash ko'rsatkichi $pT = 4,0$, titrlash egri chizig'ining keskin o'zgarish chegarasidan ($pT = 4,0-6,2$) chiqib ketmaydi. Lekin fenolftalein ($pT = 9,0$) yoki lakmus ($pT = 7,0$) ishtirokida bu titrlashni olib borishi mumkin emas.

Bura bilan xlorid kislotaning reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, bir mol bura ikki mol vodorod ioni bilan reaksiyaga kirishadi. Shuning uchun buraning ekvivalenti uning molekulyar massasining yarmiga teng:

$$E_{Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O} = \frac{381,42}{2} = 190,71 \text{ g}$$

Bura eritmasini tayyorlash. Hajmi 250 ml bo'lgan o'lchov kolbasida, buraning titrlangan eritmasini tayyorlaymiz. Buraning gramm-ekvivalenti 190,71 grammga teng.

Avval qancha modda (bura) tortib olish kerakligini hisoblab chiqing. Bir gramm-molekula (381,4) $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ikki gramm-molekula HCl bilan, ya'ni ikki gramm-ion vodorod bilan reaksiyaga kirishganligi uchun buraning gramm-ekvivalenti $381,4 : 2 = 190,7 \text{ g}$ bo'ladi. Demak, buraning 1 l 0,1 n eritmasini tayyorlash uchun 19,07 g bura, 250 ml eritmasini tayyorlash uchun esa $19,07 : 4 = 4,7675 \text{ g}$ bura kerak bo'ladi.

$$Q_{Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O} = \frac{N_b \cdot E_b \cdot V_k}{1000}$$

bu yerda: N_b – tayyorlangan bura eritmasining normalligi, n;

E_b – buraning ekvivalenti, g;

V_k – tayyorlangan hajmi, ml;

Q – burani olingan tortimi, g.

Texnik tarozida taxminan 4,0–5,0 g bura tuzidan tortib olib, byuksga solamiz va analitik tarozida aniq tortamiz. So'ngra, byuksdagi burani quruq voronka yordamida nihoyatda, toza o'lchov kolbasiga o'tkazamiz.

Voronka va byuksda qolgan burani (yuvgichdagi) issiq suv bilan kolbaga yuvib tushirish kerak (bura issiq suvda eriydi).

Kolba hajmining 2/3 qismigacha u yana issiq suv qo'shib, so'ngra xona temperaturasigacha sovitiladi va kolbaning belgisiga qadar distillangan suv qo'shib suyultiriladi. Shundan keyin, kolbaning og'zi tiqin (probka) bilan berkitilib, kolba to'ng'ish yo'li bilan chayqatiladi va ichidagi suyuqlik aralashtiriladi. Shu

tartibda tayyorlangan bura eritmasining titri va normalligini hisoblab topamiz.

Masalan, buraning og'irligi 4,8524 g bo'lsa,

$$f_b = \frac{\text{olingan tortim}}{\text{nazariy tortim}}$$

$$f_b = \frac{4,8524}{4,7675} = 1,0180$$

Shu eritmaning normalligi quyidagiga teng,

$$N_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = f_b \cdot N_b$$

yoki

$$N_b = 1,0180 \cdot 0,1 = 0,1018 \text{ n}$$

Tayyorlangan bura eritmasining titri T_b , quyidagicha topiladi:

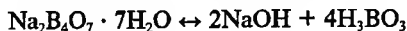
$$T_b = \frac{4,8524}{250} = 0,01860 \text{ g/ml}$$

13.8. Xlorid kislotaning 0,1 n eritmasini tayyorlash va uning konsentratsiyasini aniqlash

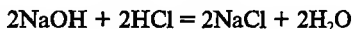
HCl ish eritmasining titri, odatda, bura yoki sodadan boshlang'ich modda sifatida foydalanib aniqlanadi.

Bunda buradan foydalanish nihoyatda qulay, chunki uni 60° da qayta kristallash bilan aniq $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ formulaga to'g'ri keladigan toza bura olish mumkin. Bura boshlang'ich moddalarga quyiladigan boshqa talablarga ham javob bera oladi, ya'ni u yetarli darajada barqaror na uning gramm-ekvivalenti katta qiymatga ega (190,7 g). Soda bundan farq qilib, qo'shimcha moddalardan qiyin tozalanadi va uning gramm-ekvivalenti ancha kichik qiymatga ega (53,00 g). Bundan tashqari, suvsiz soda gigroskopik modda bo'lganligi sababli, uni ishlatishdan avval undagi namni yo'qotish maqsadida qizdirishga to'g'ri keladi. Ana shu sabablarga ko'ra dastlabki modda sifatida buradan foydalanamiz.

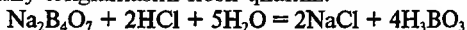
Bura suvda eritilganda quyidagi tenglamaga muvofiq gidrolyzlanadi:



Gidroliz natijasida hosil bo'lgan ortoborat kislota kuchsiz kislotalardan biri va NaOH kuchli asos bo'lganligi sababli bura eritmasi kuchli ishqoriy muhitga ega bo'ladi va uni kislotalar bilan yetarli darajada aniq titrlash mumkin. Hidroliz vaqtida hosil bo'ladigan ishqor kislota neytrallashtirish uchun sarf etilishini nazarda tutib, uning reaksiya tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:



Ikkala tenglamani qo'shish bilan tekshirilayotgan reaksiyaning umumiy tenglamasini hosil qilamiz:



Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, eritma ekvivalent nuqtada NaCl va ozod borat kislota H_3BO_3 aralashmasidan iborat.

Xlorid kislota eritmasi laboratoriyada foizli eritmadan tayyorlanadi. Xlorid kislota eritmasining 0,1 n 250 ml eritmasini tayyorlash uchun muayyan foizli eritmasidan qancha hajm kerakligi hisoblanadi va unga 250 ml gacha suv qo'shib suyultirish yo'li bilan tayyorlanadi. Masalan, 250 ml 0,1 n xlorid kislota eritmasini 12 %li eritmadan tayyorlash kerak,

$$E_{\text{HCl}} = 36,46 \text{ g};$$

$$1 \text{ ekv HCl} = 36,46 \text{ g};$$

$$1,1 \text{ ekv HCl} = 3,646 \text{ g}.$$

$$1000 \text{ ml } 0,1 \text{ n eritma tayyorlash uchun } 3,646 \text{ g HCl kerak.}$$

$$250 \text{ ml } 0,1 \text{ n eritma tayyorlash uchun } x \text{ g HCl kerak.}$$

$$x = \frac{3,646 \cdot 250}{1000} = 0,7291 \text{ g}$$

$$100 \text{ ml } 12 \% \text{li HCl da } 12 \text{ g HCl bor.}$$

$$x \text{ ml } 12 \% \text{li HCl da } 0,729 \text{ g HCl bor.}$$

$$x = \frac{100 \cdot 0,7291}{12} = 6,07 \text{ ml}$$

O'lchov silindrida taxminan 6,0–6,5 ml 12 %li xlorid kislota o'lchab olinadi, uni 250 ml hajmli o'lchov kolbasiga solib, kolbaning belgisigacha distillangan suv to'ldiriladi. Tayyorlangan eritma yaxshilab aralashtiriladi.

Xlorid kislota eritmasining konsentratsiyasini buraning standart ish eritmasi yordamida aniqlash. Xlorid kislota eritmasining aniq konsentratsiyasi tayyorlangan standart bura tuzi eritmasi bilan titrlab aniqlanadi. Eritmalash titrlash uchun byuretk, pipetka

va konussimon kolba tayyorlash kerak. Tozalab yuvilgan byuretkaga, distillangan suv va tayyorlangan HCl eritmasi bilan chayiladi. So'ngra voronka yordamida byuretkaga uning nol darajasining yuqorisigacha xlorid kislota bilan to'ldiriladi. Voronkadan kislota tomchisi oqib tushmasligi uchun, u olib qo'yiladi va byuretkada meniskning pastki cheti nol darajaga etguncha jo'mrakni burab, ortiqcha kislota boshqa stakanga quyib olinadi.

Toza yuvilgan pipetka yordamida, titrlangan bura eritmasidan (masalan, 15 ml) olib, uni konussimon toza kolbaga quyiladi. Pipetkadan oxirgi tomchini puflab tushirmasdan, uning uchi kolba devoriga tegiziladi. Bura eritmasi solingan kolbani, byuretkaga tagida o'ng qo'l bilan ushlab, byuretkaga solingan standart HCl eritmasi bilan titrlanadi. HCl eritmasi bura eritmasiga tomchilatib quyiladi. Har bir tomchi HCl eritmasidan qo'shilganda, titrlanadigan konussimon kolbadagi eritma yaxshilab aralashtiriladi. Kislotaning keyingi tomchisidan eritmaning sariq rangi och pushti rangga o'tganda titrlash to'xtatiladi.

Titrlash bir-biridan 0,1–0,2 ml dan ko'proq farq qilmaydigan natijalar olinguncha takrorlanadi. Bunda byuretkadagi eritma sathi har gal nolga keltirilishi zarur. Titrlash natijalari laboratoriya daftariga yozib boriladi, 2–3 marta titrlashdan olingan (qiymatlardan o'rtacha arifmetik natija chiqariladi). Masalan, olingan modda $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ eritmasini HCl bilan titrlaymiz:

Bura eritmasi	HCl kislota
1) 15 ml + 1 ml indikator	→ 15,4 ml
2) 15 ml + 1 ml indikator	→ 14,9 ml
3) 15, ml + 1 ml indikator	→ 15,3 ml
	$V_{\text{HCl}} = 15,3 \text{ ml}$

Titrlash natijasiga ko'ra xlorid kislotaning normalligini aniq laymiz:

$$N_{\text{HCl}} = \frac{V_{\text{b}} \cdot N_{\text{b}}}{V_{\text{HCl}}} = \frac{0,1018 \cdot 15,3}{15,0} = 0,1019 \text{ n}$$

Xlorid kislota eritmasining normal konsentratsiyasini bilgan holda uning titrini hisoblab topish mumkin:

$$N_{\text{HCl}} = \frac{V_{\text{b}} \cdot E_{\text{HCl}}}{1000} = \frac{0,1018 \cdot 36,5}{1000} = 0,003679 \text{ n}$$

Shunday qilib, titri belgilangan xlorid kislotadan keyingi aniqlashlarda ish eritmasi sifatida foydalanish mumkin.

13.9. Eritmadagi ishqor miqdorini aniqlash

Xlorid kislotaning titri aniq bo'lganidan keyin bu eritmadan foydalanib, biror eritmadagi ishqor miqdorini (ya'ni konsentratsiyasini) aniqlay olamiz. Buning uchun tekshirilayotgan ishqor eritmasini o'lchov kolbasiga (masalan, 250 ml) solib, ustiga kolbaning belgisigacha suv quyiladi, eritmani yaxshilab aralash-tiriladi, so'ngra uning alohida, qismlarini (25 ml dan), xuddi HCl eritmasining titrini aniqlashdagi kabi usulda metiloranj ishtirokida HCl eritmasi bilan bir necha marta titrlanadi.

Bir-biriga yaqin (keladigan, ya'ni bir-biridan 0,1–0,2 ml dan ortiq farq qilmaydigan) natijalarning o'rtasida arifmetik qiymatini olib, analiz qilinayotgan ishqor eritmasining normalligini, uning titrini va o'lchov kolbasidagi ishqorning umumiy miqdori (foiz hisobida) hisoblab chiqamiz:

$$N_{\text{NaOH}} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}}{V_{\text{HCl}}}$$

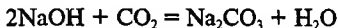
$$Q_{\text{NaOH}} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}} \cdot E_{\text{NaOH}} \cdot 250 \cdot 100}{1000 \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}}, \%$$

bu yerda: V_{NaOH} – aniqlash uchun berilgan NaOH hajmi, ml.

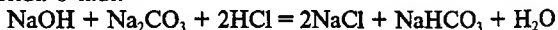
V_{NaOH} – NaOH eritmasi suyultirilgandan keyingi va titrlash uchun olingan hajmi.

13.10. O'yuvchi natriy NaOH bilan natriy karbonat Na_2CO_3 miqdorini ikkala modda ishtirokida aniqlash

Ma'lumki, ishqorlar havodan CO_2 ni yutib, karbonatlarga aylanadi:



Shu sababli o'yuvchi natriy eritmasida har doim Na_2CO_3 qo'shimchasi bo'ladi. NaOH + Na_2CO_3 aralashmasidagi har bir modda miqdorini aniqlash uchun aralashma titri ma'lum HCl eritmasi bilan titrlanadi: bu ikkita indikator ishtirokida ikki bosqichda o'tadi:

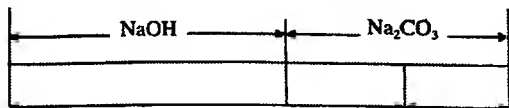


va



Birinchi bosqich $\text{pH} = 8,31$ bo'lganda tugaydi. Bunda fenolftalein ishtirokida, ishqorning jami natriy karbonatning esa yarmi titrlanadi. Natriy karbonatning qolgan yarmi metiloranj ishtirokida $\text{pH} = 3,84$ da titrlanadi.

$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ aralashmasini HCl eritmasi bilan fenolftalein va metiloranj ishtirokida titrlash sxemasi:



Aniqlash tartibi. Aniqlanadigan $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ eritmalarining aralashmasi 250 ml sig'imli o'lchov kolbasiga quyiladi, kolbaning belgisiga qadar tarkibida CO_2 bo'lmagan distillangan suv quyiladi, so'ngra yaxshilab aralashtiriladi. Tayyorlangan eritmadan, pipetka bilan, $25,00 \text{ ml}$ olib, unga fenolftaleinning $0,1 \%$ li eritmasidan $1-2$ tomchi quyiladi va oxirgi tomchi kislotada ta'sirida qizarguncha HCl ning ish eritmasi bilan titrlanadi. Qancha HCl sarflangani yozib qo'yiladi.

So'ngra, titrlangan aralashmaga $1-2$ tomchi metiloranj qo'shiladi. Bunda eritma sariq rangga kiradi. Titrlash yo'qolmaydigan pushti rang hosil bo'lguncha davom ettiriladi va qancha HCl eritmasi sarflanganligini yozib qo'yiladi. Yana marta aniqlanadi va har qaysi indikator uchun olingan natijalarning o'rtacha arifmetik qiymatlari topiladi.

Hisoblash. Tekshirilayotgan eritma fenolftalein ishtirokida titrlansa NaOH ning hammasi va Na_2CO_3 ning yarmi titrlanadi. Metiloranj, qo'shilgandan so'ng Na_2CO_3 ning ikkinchi yarmi titrlanadi.

Fenolftalein ishtirokida titrlanganda $23,20 \text{ ml}$, metiloranj ishtirokida titrlangandan keyin esa $24,60 \text{ ml}$ HCl sarf bo'lgan, demak, Na_2CO_3 ning yarmini titrlashga $24,60 - 23,20 = 1,40 \text{ ml}$, uning hammasini titrlash uchun esa $2,80 \text{ ml}$ HCl sarflangan deylik. Binobarin, NaOH ni titrlashga $24,60 - 2,80 = 21,8 \text{ ml}$ HCl eritmasi sarf bo'lgan.

Tarkibida $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ bo'lgan eritmani neytrallash uchun sarf bo'lgan HCl eritmasi hajmlari shu tarzda topilganidan keyin bu moddalar uchun odatdagicha hisob qilamiz. Masalan, eritmaning Na_2CO_3 ga nisbatan normalligi quyidagicha hisoblanadi:

$$N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{0,1019 \cdot 2,80}{15,00} = 0,0285$$

Bu yerda, 0,1019 n titrlovchi HCl eritmasining normalligi. Bundan foydalanib, 250 ml (0,25 l) eritmadagi Na_2CO_3 miqdorini topamiz:

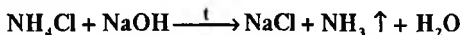
$$Q_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = N \cdot E \cdot V = 0,0285 \cdot 53,0 \cdot 0,25 = 0,3780 \text{ g}$$

Eritmaning NaOH ga nisbatan normalligi va 250 ml eritmada NaOH miqdori ham xuddi shunday topiladi.

13.11. Teskari titrlash usuli bilan ammoniy tuzlari tarkibidagi ammiakni aniqlash

Neytrallash usuli yordamida ammoniy tuzlari tarkibidagi ammiak miqdorini aniqlash mumkin. Lekin ammoniy tuzlarini (ishqor bilan bevosita) titrlab bo'lmaydi, chunki bu holda titrlash egri chizig'ida keskin o'zgarish ro'y bermaydi. Ana shu sababli titrlashni bilvosita yo'llar bilan olib borishga to'g'ri keladi. Buning uchun teskari titrlash usulidan foydalanish mumkin.

Bu usul avval qo'llanilib kelingan usuldan quyidagicha farq qiladi: analiz qilinadigan modda avvalgi usullarda eritma holida pipetkalar bilan o'lchab olinsa, teskari titrlash usulida, moddaning ma'lum miqdori tarozida tortib olinadi. Masalan, analitik tarozida 0,15 grammga yaqin NH_4Cl tortib olinadi va konus-simon kolbaga solib, 50–60 ml distillangan suvda eritiladi. So'ngra bu eritmaga NaOH ning byuretkada titrlangan eritmasidan 40 ml qo'shiladi. Bunda quyidagi reaksiya tenglamasiga muvofiq hosil bo'layotgan ammiak batamom chiqib ketguncha eritma qizdiriladi:



Distillangan suvda, namlangan qizil lakmus qog'oz qizdirilayotgan kolbadan chiqayotgan bug'ga tutilganda ko'karmasa, ammiak to'liq yo'qolgan, deb hisoblash mumkin.

Qizdirish to'xtatilgandan keyin eritma sovutiladi va ishqor-ning ortiqcha miqdori metiloranj indikator ishtirokida HCl ning ish eritmasi bilan titrlanadi.

Aniqlashni, 4–5 marta takrorlab, olingan bir-biriga yaqin natijalardan, o'rtacha arifmetik qiymat chiqariladi.

Hisoblash. Aniqlash uchun NaOH ning 0,0996 *n* eritmasidan 40 ml olingan va uning ortiqcha miqdorini titrlash uchun HCl ning 0,1019 *n* eritmasidan 14,60 ml sarf bo'ldi, deb faraz qilaylik.

Birinchi navbatda, titrlash uchun sarflangan HCl miqdori qancha hajm (*V*) NaOH eritmasiga ekvivalentligini hisoblaymiz. Buning uchun:

$$V_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} = V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}$$

tenglamadan foydalanamiz:

$$V_{\text{NaOH}} \cdot 0,0996 = 14,60 \cdot 0,1019;$$

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{14,60 \cdot 0,1019}{0,0996} = 14,36 \text{ ml}$$

Bundan, dastlabki 40 ml NaOH ning $40,00 - 14,60 = 25,40 \text{ ml}$ NH_4Cl bilan reaksiyaga kirishganligini topamiz. 0,09964 *n* NaOH eritmasining bir litrida 0,9964 ekvivalent NaOH bo'lganligi sababli uning 25,40 millilitrida $\frac{0,996 \cdot 25,40}{1000}$ — ekvivalent NaOH bo'ladi.

Moddalar o'zaro ekvivalent miqdorda reaksiyaga kirishganligi tufayli, analiz uchun olingan tuzda ham xuddi ana shuncha ekvivalent NH_4Cl bor, deb aytish mumkin. Yuqorida ko'rib chiqilgan reaksiyada bir molekula NaOH dan molekula NH_3 hosil bo'ladi, shu sababli NH_3 ning ekvivalenti:

$$E_{\text{NH}_3} = \frac{M}{1} = \frac{17,01}{1} = 17,01 \text{ g}$$

Demak, tortib olingan tuzda

$$Q_{\text{NH}_3} = \frac{0,996 \cdot 25,40 \cdot 17,03}{1000} = 0,04248 \text{ g NH}_3 \text{ bor.}$$

Endi analiz uchun tortib olingan tuzda necha foiz ammiak borligini hisoblab chiqarish mumkin. Hayvon va o'simliklardan olinadigan moddalar (ya'ni organik moddalar) tarkibidagi azotni aniqlashda ham shu usuldan foydalaniladi. Buning uchun organik moddadan namuna tortib olinadi. So'ngra katalizator (ma-

salan, simob tuzlari) va konsentrlangan H_2SO_4 ($d = 1,84 \text{ g/sm}^3$) ishtirokida qizdiriladi. Natijada organik modda oksidlanib, $\text{CO}_2\uparrow$ va H_2O hosil bo'ladi, azotning hammasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ga aylanadi. Hosil qilingan eritmaga konsentrlangan ishqor eritmasi qo'shilganda, ajralib chiqayotgan ammiakni yuqoridagi usul bilan aniqlash mumkin.

13.12. Suvning karbonatli qattiqligini aniqlash

Suvning qattiqligi unda kalsiy va magniyning eruvchan tuzlari mavjudligi bilan belgilanadi. Bu tuzlarning xiliga qarab suvning qattiqligi karbonatli (muvaqqat) va doimiy qattiqlikka bo'linadi.

Suvning karbonatli qattiqligi, undagi kalsiy va magniy bikarbonatlar miqdori bilan belgilanadi. Agar tarkibida bunday tuzlar bo'lgan suv qaynatilsa, ular o'rta tuz cho'kmalarini hosil qilish bilan parchalanadi va suvning qattiqligi yo'qoladi:

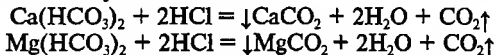


Shu sababli suvning karbonatli qattiqligi muvaqqat qattiqligi deb ham yuritiladi. Suv qaynatiladigan idishlarda quyqa hosil bo'lishi ana shunday cho'kmalarning hosil bo'lishidir.

Suvning doimiy qattiqligi kalsiy va magniyning suvda erigan boshqa xil tuzlari (sulfatlari yoki xloridlari) miqdori bilan belgilanadi. Suvning doimiy qattiqligi suv qaynatilganda yo'qolmaydi. Suvning doimiy va muvaqqat qattiqligi yig'indisi uning umumiy qattiqligini tashkil etadi.

Suvning qattiqligini 1 l suvda erigan kalsiy va magniy tuzlarining milligramm-ekvivalent miqdorlari bilan ifodalash qabul qilingan.

Suvning karbonatli qattiqligini ma'lum hajmdagi suv metiloranj indikator ishtirokida xlorid kislota bilan titrlanadi, bunda quyidagicha reaksiya sodir bo'ladi:



Aniqlash tartibi. Konussimon kolbaga pipetka yordamida tekshiriladigan suvdan 50 yoki 100 ml olinadi. Unga 2–3 tomchi metiloranj qo'shib, HCl eritmasi bilan titrlanadi. Tekshi-

rishni 2–3 marta takrorlab, bir-biriga mos keladigan raqamlarning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

Karbonatli qattqlikning nechaga tengligini bilish uchun 1 l suvga to'g'ri keluvchi karbonatlarning $mg \cdot ekv$ larini hisoblash yo'li bilan tuzlarining normal konsentratsiyasi hisoblanadi va olingan natija 1000 ga ko'paytiriladi:

$$K = \frac{V_{HCl} \cdot N_{HCl}}{V_{H_2O}} \cdot 1000$$

Aytaylik, 200 ml tekshirilayotgan suvni titrlashga HCl ning 0,1019 n eritmasidan o'rtacha 10,13 ml sarf bo'ladi. Unda

$$K = \frac{10,13 - 0,1019}{200} \cdot 1000 = 5,18 \text{ mg} \cdot \text{ekv/l}$$

13.13. O'yuvchi natriy (NaOH)ning titrlangan ish eritmasini tayyorlash

Berilgan eritmadagi kislotalarning miqdorini aniqlash maqsadida NaOH ning titrlangan ish eritmasi tayyorlanadi, Kattiq ishqorlar gigroskopik moddalar bo'lib, havodan o'ziga namni yutadi. Bundan tashqari, ular havodagi karbonat angidridni ham tortib, o'z kristallari sirtida metall karbonat qavatini hosil qiladi. Shu sababli natriy gidroksiddan olingan tortim bo'yicha, titrlangan eritmalarni tayyorlab bo'lmaydi. Avval taxminiy konsentratsiyadagi eritma tayyorlanadi, so'ngra uning konsentratsiyasi fiksanaldan tayyorlangan, aniq konsentratsiyali oksolat kislota yoki xlorid (sulfat) kislota eritmasi bo'yicha titrlab aniqlanadi.

NaOH ning taxminiy (0,1 n) konsentratsiyali eritmasini tayyorlash. Eritmada karbonatli ishqorlarning ishtirok etishi, ayniqsa, indikator sifatida fenolftalein qo'llanilganda titrlash natijalarining noto'g'ri chiqishiga olib keladi. Shunga ko'ra, ishqor eritmasini tayyorlash uchun u ishlatiladigan distillangan suvni 30–40 daqiqa davomida qaynatish yo'li bilan undan CO₂ yo'qotiladi, so'ngra kolba og'zi namlikni hamda CO₂ ni yutish uchun natron ohakli naycha o'rnatilgan tiqin bilan berkitiladi va xona haroratiga qadar sovutiladi.

NaOH bo'laklari chinni hovonchada maydalanadi (bunda, himoya ko'zoynagini taqish kerak, aks holda ishqor ko'zga sachrashli mumkin). Zich, yopiladigan qopqoqni stakanda hi-

soblangan miqdordan 10 % ko'p ishqor tortib olinadi. Ishqor sirtidan natriy karbonatni yo'qotish uchun ishqor bo'lakchalari distillangan suv bilan yuviladi. Buning uchun massasi aniq ishqorni stakanchaga solib, unga ozroq iliq distillangan suv solinadi va tezda to'kib tashlanadi. Bunda, karbonatlar eriydi va ishqor undan tozalanadi. So'ngra ishqor kolbaga solinadi va karbonat angidriddan tozalangan distillangan suvda eritiladi.

Tayyorlangan eritma solingan idishning og'zi tiqin bilan mahkam berkitib qo'yiladi. So'ngra ishqor eritmasining aniq konsentratsiyasi dastlabki modda yoki titrlangan kislota eritmasi bo'yicha titrlash yo'li bilan topiladi.

Ishqorning ish eritmasini tayyorlashda ishqorning oldindan tayyorlangan yuqori konsentratsiyali eritmasidan ham foydalanish mumkin. Dastlab uning zichligi areometr yordamida aniqlanadi. Faraz qilaylik, $\rho = 1,39 \text{ g/sm}^3$. Ma'lumotnoma jadvalidan ushbu zichlikka to'g'ri keladigan foiz konsentratsiya topiladi, u 36 %ga teng, ya'ni 100 ml eritmada 36 g erigan NaOH bor.

NaOH ning ekvivalenti 40,01 g, 250 ml 0,1 eritmasini tayyorlash uchun necha gramm kerakligini hisoblab topamiz:

$$Q_{\text{NaOH}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot E_{\text{NaOH}}}{1000} = \frac{250 \cdot 0,1 \cdot 40,01}{1000} = 1,003 \text{ g}$$

Endi 36 %li eritma borligi hisobga olinsa, 0,1 n eritma tayyorlash uchun shu foizli eritmada necha ml olish kerakligini hisoblaymiz:

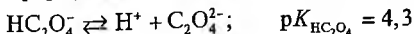
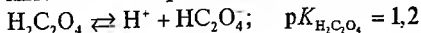
36 % NaOH da 100 ml ishqor eritmasida;

1,0003 g NaOH da x ml ishqor eritmasida mavjud.

Menzurka yordamida 2,78 ml eritma o'lchab olinadi va u kolbada 250 ml gacha distillangan suv solish bilan suyultiriladi, so'ngra yaxshilab aralashtiriladi. Hosil qilingan eritma tiqinli shisha idishda saqlanadi.

13.14. Oksolat kislotaning standart eritmasini tayyorlash

Oksolat kislota ikki bosqichda dissotsiyanlanadi:

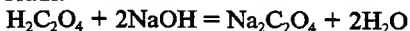


Oksolat kislotaning, yuqorida keltirilgan pK qiymatlari bir-biridan juda kam farq qiladi. Shuning uchun oksolat kislotaning suvli eritmalarini natriy gidroksid bilan titrlaganda undagi har ikkala karboksil guruh birdaniga neytrallanadi.

Demak, uning ekvivalenti molekulyar massasining yarmiga teng:

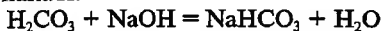
$$E_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = \frac{126,067}{2} = 63,033 \text{ g}$$

Oksolat kislotaning o'yuvchi natriy bilan o'zaro ta'sirlashuvi quyidagicha boradi:



O'yuvchi natriyning tayyorlangan eritmasi, titrini aniqlash uchun oksolat kislotaning 100 ml 0,1 n eritmasi yetarli bo'ladi. Oksolat kislotadan $63,04 \cdot 0,1 = 0,63$ g olib, 100 ml sig'imli o'lchov kolbasiga solinadi, kolbaning yarmiga qadar suv solib, kislotada eritiladi, keyin kolba belgisiga qadar distillangan suv quyiladi va eritma yaxshilab aralashtiriladi.

Ishqorni oksolat kislotada eritmasi bilan titrlashda indikator sifatida, fenolftalein ishlatiladi. Titrlash vaqtida eritmada CO_2 ning bo'lishi zararli ta'sir etadi, chunki uni neytrallash uchun ham ishqor sarflanadi:



$$pK_{H_2CO_3} = 6,43; \quad pK_{NaHCO_3} = 10,2;$$

Bular $pK_{H_2CO_3}$ ga yaqin sonlar bo'lgani sababli oksolat kislotani tayyorlashda CO_2 yo'qotilgan distillangan suvdan foydalaniladi.

Faraz qilaylik, $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ tortimning massasi 0,6454 g bo'lsin, unda:

$$f_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = \frac{a_{\text{tortil}} H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}{a_{\text{nazariy}} H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}$$

$$N_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = 0,1 \cdot f_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}$$

$$N = 0,1024$$

eritmaning titri esa:

$$T_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = \frac{0,1024 \cdot 63,04}{1000} = 0,00645 \text{ g/ml}$$

13.15. NaOH eritmasining normalligini shavel $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ kislolaning ish eritmasi bo'yicha aniqlash

Yaxshilab yuvilgan byuretka titri aniqlanishi lozim bo'lgan ishqor eritmasi bilan chayiladi va to'ldiriladi. Suyuqlikni, me-niski byuretkani nol darajasiga keltiriladi.

Pipetka, oksolat kislolaning standart eritmasi bilan chayiladi, so'ngra eritmadan, pipetka bilan 10,00 ml olib konussimon kolbaga solinadi va unga 1 tomchi fenolftalein qo'shib aralashtiriladi. Shundan keyin 1 daqiqa davomida chayqatilganda yo'qolmaydigan pushti rang paydo bo'lguncha ishqor eritmasi bilan titrlanadi. 4—5 marta titrlashdan o'rtacha arifmetik qiymat olinadi va o'yuvchi natriy eritmasining normalligi hisoblab topiladi.

Agar 10,00 ml 0,1024 n oksolat kislota eritmasini, titrlash uchun o'rtacha 10,85 ml ishqor sarflangan bo'lsa, ishqorning normalligini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$N_{NaOH} \cdot 10,85 = N_{H_2C_2O_4} \cdot 10,00;$$
$$N_{NaOH} = \frac{0,1024 \cdot 10,00}{10,85} = 0,0943 n$$

O'yuvchi natriyning normalligini aniqlashda xlorid kislolaning ish eritmasidan ham foydalanish mumkin. Bunda indikator sifatida metiloranj ishlatiladi.

Kislotalarni aniqlash

Ishqorning titrlangan eritmasi yordamida turli kislotalarning eritmadagi miqdorini aniqlash mumkin. Kuchli kislotalar, metiloranj (yoki fenolftalein) ishtirokida ishqor NaOH (yoki bura) eritmasi oxirgi tomchi kislota ta'sirida pushti rangga kimguncha titrlanadi.

Titrlash. Tayyorlangan kislota, masalan, H_2SO_4 eritmasini siljishi uchun foydalaniladigan byuretka yaxshilab yuviladi, so'ngra byuretkada suv qolmasligi uchun uni tayyorlangan H_2SO_4 eritmasining ozgina qismi bilan 2—3 marta chayiladi. Shundan keyin byuretkaga aniqlanadigan H_2SO_4 eritmasi to'ldiriladi.

Ikkinchi byuretkaga xuddi shunday usulda, ishqor eritmasi to'ldiriladi.

Konussimon kolbaga aniqlanadigan kislota eritmasidan, masalan, 10 ml olib, ikkinchi byuretkadagi NaOH ning titrlangan eritmasi bilan eritma och-pushti rangga kurguncha asta-sekin titrlanadi. Bunday titrlash takrorlanadi va sarflangan NaOH eritmasi hajmining o'rtacha qiymati topiladi:

Kislota + indikator $\rightarrow$ NaOH

1–2 tomchi

1) 10 ml + M.O $\rightarrow$ 10,1 ml

2) 10 ml + M.O $\rightarrow$ 9,9 ml

3) 10 ml + M.O $\rightarrow$ 10,1 ml

Hisoblash:

V_{kislota} – berilgan kislota nazorat eritmasining dastlabki hajmi;

N_{NaOH} – titrlangan NaOH ning normalligi;

V_{NaOH} – NaOH ning titrlash uchun sarflangan hajmi, ml;

$E_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – ning gramm-ekvivalent soni, g;

V_{kolba} – kolbaning hajmi, ml;

V_a – har bir titrlash uchun olingan aniqlanadigan kislota hajmi.

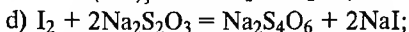
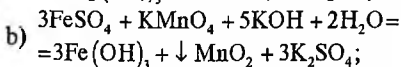
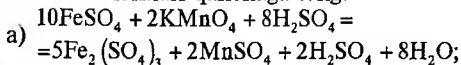
13.16. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar, mashqlar va misollar

1. Hajmiy analizning mohiyati nimada?
2. Neytrallash usulining mohiyati nimada?
3. Titr, normallik, gramm-ekvivalent deganda, nima tushuniladi? Misol keltiring.
4. Indikator haqidagi ion nazariyasini tushuntiring.
5. Indikatorlar haqidagi ion-xromofor nazariyasining mohiyatini tushuntiring.
6. Ekvivalentlik va titrlash nuqtalari to'g'risida tushuncha bering.
7. Vodorod ko'rsatkich – pH nima?
8. Bura $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ namunasini titrlashga 0,1100 n HCl eritmasidan 30 ml sarf bo'ldi. Namuna massasi topilsin.
9. Oksolat kislota, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning 0,5 n namunasini neytrallash uchun, NaOH eritmasidan 40 ml sarf bo'lgan. Ana shu ishqor eritmasining titri va normalligi topilsin.

10. NaOH eritmasining 250 ml da, shu moddadan 10,00 g bor. Bu eritmaning titri qanchaga teng?

11. NaCl ning eritmasini, AgNO₃ eritmasi bilan titrlashda, indikator sifatida K₂CrO₄ ning ishlatilishi nimaga asoslangan?

12. Quyidagi reaksiyalarda kislotalar, asoslar va tuzlarning gramm-ekvivalentlari qanchaga teng:



13. Standart namuna deb, nimaga aytiladi? Ish eritmalarining titrini standart namunalar bo'yicha aniqlashda qulaylik nimadan iborat?

14. 0,1 n HCl; 0,01 n NaOH; 0,01 n CH₃COOH, 0,01 n NH₃OH; 0,1 n CH₃COONa; 0,001 n H₂SO₄; 0,05 n HCl. 0,0001 n NH₄OH eritmaları uchun [H⁺] va pH larni hisoblab chiqaring.

15. Oksolat kislota H₂C₂O₄ · 2H₂O ning 0,5 g namunasini neytrallash uchun KOH eritmasidan 40 ml sarf bo'lgan. Ana shu ishqor eritmasining titri va normalligi topilsin.

16. 25 ml KOH eritmasini titrlash uchun 0,12 n H₂SO₄ eritmasidan 37,5 ml sarf bo'lgan. KOH eritmasining titri va normalligi topilsin.

«Kislota-asosli titrlash usuli» mavzusi bo'yicha
nazorat savollariga namunalar

1-variant

1. Quyidagi qaysi reaktivlar HCl standart eritmasining tavsifini aniqlash uchun aniqlovchi eritma hisoblanadi?

1. H₂C₂O₄ · 2H₂O; 2. NaOH;
3. Na₂B₄O₇ · 10H₂O; 4. HCl; 5. K₂Cr₂O₄.

2. Neytrallash reaksiyalarida (kislota-asosli titrlash) qaysi hollarda ekvivalent nuqtasi (EN) neytrallash nuqtasi (NT) bilan mos keladi?

1. Kuchsiz kislotani kuchli asosda titrlashda;

2. Kuchsiz asosni kuchli kislota titrlashda;
3. Kuchli asosni kuchli kislota titrlashda yoki aksincha;
4. Kuchsiz kislota kuchsiz asosda titrlashda;
5. Yuqoridagi barcha titrlashda.

3. Ko'rsatilgan sxemalardan qaysisida NH_4OH ni HCl eritmasi bilan titrlashda ekvivalent nuqtasigacha pH hisoblanadi?

$$(K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,81 \cdot 10^{-5})$$

1. $[\text{H}] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}$; $\text{pH} = \text{p}K_w - \text{pOH}$.
2. $[\text{OH}^-] = K_{\text{ishqor}} \cdot C_{\text{ishqor}}$
 $\text{pH} = 14 - 1/2 \text{p}K_{\text{ishqor}} + 1/2 \lg C_{\text{ishqor}}$
3. $[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot C_{\text{ishqor}}}{K_{\text{ishqor}}}}$; $\text{pH} = 7 + 1/2 \text{p}K_{\text{ishqor}} - 1/2 \lg C_{\text{ishqor}}$.
4. $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{\sqrt{K_{\text{ishqor}} \cdot C_{\text{ishqor}}}}$
 $\text{pH} = \text{p}K_w - (1/2 \text{p}K_{\text{ishqor}} - 1/2 \lg C_{\text{ishqor}})$;
5. $[\text{H}^+] = \frac{10^{-14} \cdot C_{\text{tuz}}}{K_{\text{ishqor}} \cdot C_{\text{ishqor}}}$;
 $\text{pH} = 14 + \lg C_{\text{ishqor}} + \text{p}K_{\text{ishqor}} + \text{p}K_{\text{ishqor}} - \lg C_{\text{tuz}}$.

4. 1 ml 0,1 n li NaOH eritmasini tayyorlash uchun zichligi $\rho = 1,00 \text{ g/ml}$ bo'lgan 10 %li NaOH eritmasidan necha millilitr olish kerak ($M_{\text{NaOH}} = 40$)?

- 1) 20,00 ml;
- 2) 30,00 ml;
- 3) 10,00 ml;
- 4) 40,00 ml;
- 5) 80,00 ml.

1-variant javoblari

1. 1) Noto'g'ri. Shavel kislota $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — ishqoriy standart eritmalar uchun aniqlovchi modda hisoblanadi.

2) Noto'g'ri. NaOH aniqlovchi moddalar talablariga javob bermaydi, shuningdek, k.t. (x.g) hisoblanmaydi.

3) To'g'ri. Natriy titriborat $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — kislotali standart eritmalar uchun aniqlovchi modda hisoblanadi.

4) Noto'g'ri. $\text{NaCl} - \text{AgNO}_3$ standart eritmasi uchun aniqlovchi modda.

5) Noto'g'ri. $K_2Cr_2O_7$ — natriy tiosulfat $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ eritmasi uchun aniqlovchi moddadir.

2. 1) Noto'g'ri. Bu holda ekvivalent nuqtasida $pH > 7$ bo'lib, gidroliz anion bo'yicha ketadi: $An + HOH \leftrightarrow HAn + OH^-$

2) Noto'g'ri. Bu holatda EN da $pH < 7$ bo'lib, gidroliz kation bo'yicha ketadi: $Kt + HOH \leftrightarrow KtOH + H^+$

3) To'g'ri. Bu holda EN da pH qiymati 7 ga teng: $[H^+] = [OH^-] = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 1 \cdot 10^{-7}$

4) Noto'g'ri. Neytrallash usulida aniqlanuvchi moddaga titrant sifatida kuchli kislota yoki kuchli ishqor qo'llaniladi?

5) Noto'g'ri. 3 ga qarang.

3. 1) Noto'g'ri. Bu pH hisoblash sxemasi kuchli kislota kuchli asosda titrlash jarayoni, shuningdek, kuchli yoki kuchsiz kislota kuchli asosda titrlashda ekvivalent nuqtasidan keyingi pH .

2), 4) Noto'g'ri. Bu kuchsiz asos pH ni hisoblash sxemasi (titrlashni boshlashgacha).

3) Bu kation bo'yicha gidrolizlanadigan tuz eritmasi pH ini hisoblash sxemasi (kuchsiz asosni kuchli kislota titrlashda ekvivalent nuqtasini pH).

5) To'g'ri. Bu kuchsiz asosli kuchli kislota titrlash jarayonida hosil bo'ladigan kuchsiz asos bufer aralashmasi va uning tuzi pH ini hisoblash sxemasi.

4. 1), 2), 3), 5). Noto'g'ri. 4) ga qarang.

4) To'g'ri. Moddaning gramm-ekvivalentlar soni asosida masalani yechamiz.

$$n' = n'; \quad \frac{V' \cdot N'}{1000} = \frac{C \cdot p \cdot V}{100 \cdot E},$$

shuningdek, suyultirilganda ekvivalent o'zgarmaydi.

$$V = \frac{V' \cdot N'}{1000} = \frac{100 \cdot 0,1 \cdot 40 \cdot 1000}{1000 \cdot 10 \cdot 1} = 40,00 \text{ ml.}$$

Kislota-asosli titrlash usuli mavzusi bo'yicha savollar

1. Titrimetrik (hajmiy) analizda qaysi reaksiyalar qo'llaniladi.

- 1) Neytrallash reaksiyalari;
- 2) Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari;
- 3) Cho'ktirish reaksiyalari;
- 4) Kompleks hosil qilish reaksiyalari;
- 5) **Ko'rsatilgan barcha reaksiyalar.**

2. Kislota-asosli titrlash usulida qaysi titrlash usullari qo'llaniladi?

- 1) To'g'ri titrlash;
- 2) To'g'ri, teskari titrlash;
- 3) **To'g'ri, teskari, almashtirish usulida titrlash;**
- 4) Teskari;
- 5) Almashtirish titrlash usuli.

3. Suvli muhitga kislota-asosli titrlash yordamida juda kuchsiz kislotalarni qaysi usulda aniqlash mumkin.

- 1) To'g'ri titrlash;
- 2) Teskari titrlash;
- 3) To'g'ri, teskari titrlash;
- 4) Teskari, almashtirish titrlash;
- 5) **Almashtirish titrlash.**

4. Kislota-asosli titrlash usulida suvda erimaydigan karbonatlarini (CaCO_3) qaysi usulda aniqlash mumkin.

- 1) **Teskari titrlash;**
- 2) To'g'ri titrlash;
- 3) Almashtirish titrlash;
- 4) To'g'ri, almashtirish titrlash;
- 5) To'g'ri, teskari titrlash.

5. $\text{H}_3\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NaOH}$ reaksiyasida $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ning gramm-ekvivalentini toping.

$$1) E_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7} = M_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7}; \quad 2) E_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7} = \frac{M_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7}}{2};$$

$$3) E_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7} = \frac{M_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7}}{3}; \quad 4) E_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7} = 2M_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7};$$

$$5) E_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7} = 4M_{\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7}.$$

6. HCl eritmasini aniqlashda aniqlovchi modda sifatida qo'llaniladigan natriy titriboratning ekvivalent massasi nechaga teng.

$$1) E_{\text{TCN}} = M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7};$$

$$2) E_{\text{TCN}} = M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7} \cdot 10\text{H}_2\text{O};$$

$$3) E_{\text{TCN}} = \frac{M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7}}{2};$$

$$4) E_{\text{TCN}} = \frac{M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7} \cdot 10\text{H}_2\text{O}}{2};$$

$$5) E_{\text{TCN}} = \frac{M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7} \cdot 10\text{H}_2\text{O}}{4}.$$

7. NaOH eritmasining normalligi $N_{\text{NaOH}} = 0,001 \text{ m}$ bo'lganda uning pH qiymati nechaga teng?

$$1) \text{pH} = 3;$$

$$2) \text{pH} = 6;$$

$$3) \text{pH} = 11;$$

$$4) \text{pOH} = 3;$$

$$5) \text{pOH} = 6.$$

8. 0,001 normalli sirka kislotaning pH qiymati nechaga teng ($K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1 \cdot 10^{-5}$)?

$$1) \text{pH}=2;$$

$$2) \text{pH}=3;$$

$$3) \text{pH}=4;$$

$$4) \text{pH}=5;$$

$$5) \text{pH}=8.$$

9. Quyidagi eritmalaridan qaysi biri kislotali muhitda?

$$1) [\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ ion/ml};$$

$$2) [\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-6} \text{ ion/ml};$$

$$3) [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ ion/l};$$

$$4) [\text{H}^-] = 1 \cdot 10^{-6} \text{ ion/l};$$

$$5) [\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-2} \text{ ion/l}.$$

10. Titrlashda 0,1 *n* HCl ni 0,1 *n* NaOH bilan *EN* aniqlash uchun qanday formuladan $[H^+]$ (vodorod) ionini konsentratsiyasini aniqlash uchun qaysi formuladan foydalaniladi?

- 1) $[H^+] = C$ ni;
- 2) $\sqrt{1 \cdot 10^{-14}}$;
- 3) $[H^+] = C_{NaOH}$;
- 4) $[H^+] = 1 \cdot 10^{-14} / C_{HCl}$;
- 5) $[H^+] = 1 \cdot 10^{-14}$.

11. Kuchli asoslarni $[OH^-]$ – gidroksid ionlarni konsentratsiyasi qanday formula orqali aniqlanadi?

- 1) $[OH^-] = \sqrt{C_{OCH} \cdot K_{OCH}}$;
- 2) $[OH^-] = C_{OCH}$;
- 3) $[OH^-] = K_{OCH} \cdot \frac{C_{OCH}}{C_{tuz}}$;
- 4) $[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w \cdot K_{kisl}}{C_{tuz}}}$;
- 5) $[OH^-] = \frac{K}{[H^+]}$.

12. Kuchli kislotani $[H^+]$ vodorod ionning konsentratsiyasi qanday aniqlanadi?

- 1) $[H^+] = \sqrt{C_{kisl} \cdot K_{kisl}}$;
- 2) $[H^+] = K_{kisl} \cdot \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}}$;
- 3) $[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$;
- 4) $[H^+] = C_{kisl}$;
- 5) $[H^+] = \frac{K_w}{\sqrt{K_{kisl} \cdot C_{tuz}}}$.

13. Gidrolizga uchraydigan tuzlarni $[H^+]$ – vodorod ionlarni konsentratsiyasini qanday formula orqali aniqlash mumkin?

- 1) $[H^+] = C_{kisl}$;
- 2) $[H^+] = K_{kisl} \cdot \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}}$;

$$3) [H^+] = C_{\text{tuz}};$$

$$4) [H^+] = \sqrt{C_{\text{kisl}} \cdot K_{\text{kisl}}};$$

$$5) [H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot K_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}}}.$$

14. Ekvivalent nuqtani *EK* va *pH* ni aniqlash uchun Na_2CO_3 ni HCl bilan titrlash uchun qanday tenglamadan foydalanish mumkin?

$$1) \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{kisl}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{kisl}};$$

$$2) \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{kisl}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}};$$

$$3) \text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_{\text{kisl}});$$

$$4) \text{pH} = \text{pOH} - 7;$$

$$5) \text{pH} = 14 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{ishqor}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}}.$$

15. Kuchli kislotani kuchli ishqor bilan titrlashda qanday *pH* da *EN* si bo'ladi?

1) $\text{pH} = 0-3$	Kuchli kislotali;
2) $\text{pH} = 4-6$	Kuchsiz kislotali;
3) $\text{pH} = 8-10$	Kuchsiz ishqorli;
4) $\text{pH} = 11-14$	Kuchli ishqorli;
5) $\text{pH} = 7$	Neytral muhitda.

16. Kuchsiz kislotani kuchli ishqor bilan titrlashda qanday *pH* da *EN* da bo'ladi?

1) Kuchsiz ishqorli	$\text{pH} = 8-10;$
2) Kuchli ishqorli	$\text{pH} = 11-14;$
3) Neytral muhitda	$\text{pH} = 7;$
4) Kuchsiz kislotali	$\text{pH} = 4-6;$
5) Kuchsiz kislotali	$\text{pH} = 0-3.$

17. Kuchsiz ishqorli kuchli kislota bilan titrlashda *EN* sidagi *pH* ni aniqlang.

1) Kuchli ishqorli	$\text{pH} = 11-14;$

2) Kuchsiz ishqorli	pH = 8–10;
3) Neytral muhit	pH = 7;
4) Kuchsiz kislotali	pH = 4–6;
5) Kuchsiz kislotali	pH = 0–3.

18. Kuchsiz kislotalani kuchli ishqor bilan titrlashda EN si-dagi pH ni toping?

1) Kuchli kislotali	pH = 0–3;
2) Kuchsiz kislotali	pH = 4–6;
3) Neytral	pH = 7;
4) Kuchsiz ishqorli	pH = 8–10;
5) Kuchsiz ishqorli	pH = 11–14.

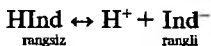
19. Kislota-asosli titrlashda, qanday moddalarni indikator sifatida ishlatish mumkin?

1) Organik kislota va ishqorlar pH qiymatining o'zgarishi bilan rangini o'zgartirsa;

2) Kuchsiz kislota va ishqorlar molekulasida auksixrom guruhlari bo'lganda ($-\text{OH}^-$; $-\text{NH}-\text{R}$; $-\text{SH}$ va boshqalar);

3) Kuchsiz organik kislota va ishqorlar, o'z molekulasida rangini o'zgarishi bilan molekula tuzilishi o'zgarsa ($-\text{N}=\text{N}-$; $-\text{NO}_2$; $-\text{NO}=\text{C}=\text{C}=\dots$);

4) Organik kislota va ishqorlar dissotsiatsiylanishida eritmani pH ni o'zgarishi bilan ionlanadi va molekulasini rangini o'zgartiradi



5) Organik moddalar, H^+ va OH^- ionlari ta'sirida molekula tuzilishi o'zgarib, rangini o'zgartiradi.

20. Kislota-asosli titrlashda kislotalarni aniqlashda moddalar sifatida qanday tuzlar ishlatiladi?

- 1) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$;
- 2) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- 3) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- 4) Na_2CO_3 ;
- 5) NaCl .

21. CH_3COOH eritmasini NaOH eritmasida titrlash reaksiyasi ekvivalent nuqtasida fenolftalein indikatorini qanday rangga kiradi?

- 1) Malina rang; 2) Rangsiz; 3) Qizil rang;
4) Binafsha rang; 5) Sariq rang.

22. Metaloranj indikatoriga distillangan suv quyilsa qanday rangga kiradi.

- 1) Qizil-apelsin rang; 2) Qizil; 3) Apelsin rang;
4) Rangsiz; 5) Sariq rang.

23. Fosfor kislotasini (metanol indikatorini bilan NaOH standart eritmasida titrlanganda uning ekvivalent massasi nechaga teng?

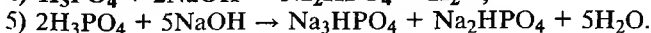
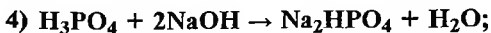
- 1) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{5}$; 2) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{3}$;
3) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{3}$; 4) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{1}$;
5) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{2}$.

24. Fosfor kislotasini fenolftalein indikatorini bilan NaOH standart eritmasida titrlanganda uning ekvivalent massasi nechaga teng?

- 1) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{5}$; 2) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{3}$;
3) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{3}$; 4) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{1}$;
5) $E_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{2}$.

25. H_3PO_4 ni metiloranj indikatorini ishtirokida standart NaOH eritmasi bilan titrlanganda boradigan reaksiya tenglamasini ko'rsating?

- 1) $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;
2) $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$;
3) $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$;



26. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow$ reaksiyasi bo'yicha natriy gidroksid bilan sirka kislotasini titrlash oxirini aniqlash uchun quyidagi qaysi indikator yaroqli?

1) Lakmus $\text{pT} = 7$;

2) Metil-qizil $\text{pT} = 7-3$;

3) Fenolftalain $\text{pT} = 9$;

4) Metiloranj $\text{pT} = 4$;

5) Yuqoridagi barcha indikatorlar.

27. Na_3HPO_4 eritmasini HCl eritmasi bilan $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{HCl} \rightarrow$ reaksiyasi bo'yicha titrlash indikator yaroqli?

1) Metiloranj p va lakmus $\text{pT} = 7$;

2) Metil-qizil $\text{pT} = 5,5$;

3) Fenolftalein $\text{pT} = 9$;

4) Lakmus $\text{pT} = 7$;

5) Yuqoridagi barcha indikatorlar.

28. Ammiak eritmasini HCl eritmasi bilan $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow$ reaksiyasi bo'yicha titrlash oxirini aniqlash uchun qaysi indikator ishlatishda yaroqli?

1) Metil-qizil $\text{pT} = 5,5$;

2) Metiloranj $\text{pT} = 4$;

3) Lakmus $\text{pT} = 7$;

4) Fenolftalein $\text{pT} = 9$;

5) Yuqoridagi barcha indikatorlar.

29. Quyidagi qaysi indikator $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$ reaksiyasi bo'yicha Na_2CO_3 eritmasini HCl eritmasi bilan titrlash oxirini aniqlash uchun yaroqli hisoblanadi?

1) Metiloranj p va lakmus $\text{pT} = 7$;

2) Metil-qizil $\text{pT} = 5,5$;

3) Fenolftalein $\text{pT} = 9$;

4) Metiloranj $\text{pT} = 4$;

5) Yuqoridagi barcha indikatorlar.

30. Quyidagi qaysi indikator $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow$ reaksiyasi bo'yicha Na_2CO_3 eritmasini HCl eritmasi bilan titrlash oxirini aniqlash uchun yaroqli hisoblanadi?

- 1) Fenolftalein va metiloranj $pT = 9$ va 4 ;
- 2) Fenolftalein $pT = 9$;
- 3) Metiloranj $pT = 4$;**
- 4) Lakmus $pT = 7$;
- 5) Metil-qizil $pT = 5,5$.

31. Kislota-asosli titrlashda Na_2CO_3 va NaOH miqdorini qaysi indikator yordamida aniqlash mumkin?

- 1) Fenolftalein va metil qizil $pT = 9$ va $5,5$;
- 2) Fenolftalein va metiloranj $pT = 9$ va 4 ;**
- 3) Fenolftalein $pT = 9$;
- 4) Metiloranj $pT = 4,0$;
- 5) Metil-qizil $5,5$.

32. Quyidagi qaysi reaktiv HCl standart eritmasini tavsifini aniqlash uchun aniqlovchi eritma hisoblanadi?

- 1) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- 2) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;**
- 3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
- 4) NaCl;
- 5) NaOH.

33. Ko'rsatilgan kislotalardan qaysisi kislotalarning standart eritmasini tayyorlashda qo'llaniladi?

1) HCl;	2) HNO_3 ;	
3) CH_3COOH ;	4) H_3PO_4 ;	5) H_2SO_4 .

34. Standart eritmalarning asosiy tavsifi (xarakteristikasi) ni ko'rsating?

- 1) titr — T_v , to'g'rilash koeffitsiyenti — K_v ;
- 2) titr — T_v , normallik — K_v ;
- 3) titr — T_v , normallik — N_v , to'g'rilash koeffitsiyenti — K_v ;**
- 4) titr — T_v ;
- 5) Normallik — N_v , to'g'rilash koeffitsiyenti — K_v .

35. Quyidagi qaysi reaktiv NaOH standart eritmasining tavsifini aniqlash uchun aniqlovchi hisoblanadi?

1) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;	2) Na_2CO_3 ;
3) NaCl ;	4) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
5) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.	

36. Zichligi $\rho = 1,00 \text{ g/ml}$ ($M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98$) bo'lgan 10 %li sulfat kislotasi eritmasining normalligini toping?

1) 1,0200 N;	2) 2,04000 N;
3) 0,9800 N;	4) 0,4900 N;
5) 9,8000 N.	

37. 4 n li fosfat kislotasining titrini aniqlang ($M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98$).

1) 0,1960 g/sm ³ ;	2) 1306 g/sm ³ ;
3) 0,3920 g/sm ³ ;	4) 0,04900 g/sm ³ ;
5) 0,09800 g/sm ³ .	

38. Xlorid kislotaning titri $T = 0,001823 \text{ g/ml}$ bo'lgan uning normalligi nechaga teng ($M_{\text{HCl}} = 36,46$)?

1) 0,0500 n;	2) 0,100 n;	3) 0,0100 n;
4) 0,5000 n;	5) 1,0000 n.	

39. 1 l 0,1 n li shavel kislotasi eritmasi tayyorlash uchun uning tuzidan necha gramm kerak ($M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 126,08$)?

1) 0,6304 g;	2) 6,3040 g;	3) 0,1260 g;
4) 1,2607 g;	5) 12,6070 g.	

40. 250 ml³ hajmli o'lchov kolbasida 11,57602 shavel kislotasi eritilganda uning normalligini aniqlang:

($M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 126,08$)?

1) 0,05000 n;	2) 0,02500 n;	3) 0,500 n;
4) 0,1000 n;	5) 0,2000 n.	

41. Titri $T = 0,01907 \text{ g/ml}^3$ bo'lgan 10,00 ml³ natriy titri-borat eritmasini titrlashga 10,00 ml³ HCl eritmasi sarflandi. HCl kislotasining titrini aniqlang $M_{\text{HCl}} = 36,46$

($M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 381,37$)?

- 1) 0,03646 g/ml³; 2) 0,003646 g/ml³;
 3) 0,0003646 g/ml³; 4) 0,3646 g/ml³;
 5) 0,001823 g/ml³.

42. 10,00 ml NaOH eritmasini titrlashga titri $T = 0,004900$ g/ml³ bo'lgan H₂SO₄ eritmasi sarflandi. NaOH ning normal-ligini aniqlang ($M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98$).

- 1) 0,001000 n; 2) 0,01000 n;
 3) 0,1000 n; 4) 1,0000 n; 5) 10,0000 n.

43. Natriy titriboratni 0,1 n li 10,00 ml HCl eritmasida titrlash uchun undan qancha miqdorda olish kerak

($M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 381,37$) ?

- 1) 0,1907 g; 2) 1,9068 g; 3) 0,0191 g;
 4) 0,3814 g; 5) 3,8136 g.

44. Agar 100 ml eritmada 0,4442 g NaOH bo'lsa, uning standart eritmasining titr kattaligini ko'rsating:

- 1) 0,0,4442 g; 2) 4,4420 g; 3) 0,04442 g;
 4) 0,004442 g; 5) 0,0004442 g.

XIV bob. OKSIDLANISH-QAYTARILISH (OKSIDIMETRIYA) USULLARI

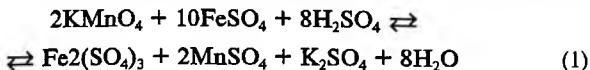
14.1. Redoksimetrik usullarning ahamiyati

Oksidlanish-qaytarilish titrlash usullari oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarga asoslangan. Shuning uchun bu usullar oksidometrik titrlash analiz usullari deyiladi. Standart (etalon) titrlangan (titri), konsentratsiyasi aniq xilma-xil oksidlovchi va qaytaruvchilarni eritmalari ishlatiladi.

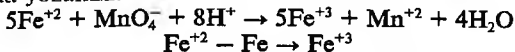
Oksidlovchilar sifatida ishlatiladigan kaliy permanganat yod eritmalari, kaliy bixromat, kaliy brom, kaliy yodat va boshqalar.

Qaytariluvchilar sifatida: Mor tuzi — $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$, temir (II) sulfat kaliy (II), natriy tiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; shavelev kislotasi $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Oksidometrik titrlashda qaytariluvchilarni albatta oksidlovchi eritmalar bilan titrlanadi va teskari-oksidlovchilarni-qaytaruvchi eritmalari bilan. Bunday titrlashdan misollar keltiramiz:



teng holda yozamiz:



Oksidlanish-qaytarilish usullarida titrlashda quyidagicha sinflanadi:

Permanganatometriya. Bu usul kaliy permanganat KMnO_4 eritmasining oksidlovchi xossasiga asoslangan. Titrlash bu usulda indikatorsiz bajariladi.

Yodometriya. Bu usulda oksidlovchi sifatida erkin yod eritmasi (I^- ioni-qaytaruvchi) ishlatiladi. Bu usul yordamida oksidlovchilarni ham, qaytaruvchilar miqdorini ham aniqlash mumkin.

Xromatometriya. Kaliy dixromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ eritmasi titrlangan ishchi eritma sifatida ishlatiladi. Bu usulni bevosita aniqlashlarda, shuningdek, bilvosita aniqlashlarda qo'llash mumkin.

Bromatometriya usulida oksidlovchi ishchi eritma tariqasida kaliy bromat KBrO_3 ning titrlangan eritmasidir.

Yodatometriyada ishchi eritma KIO_3 ning titrlangan eritmasidir.

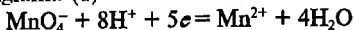
Vanadatometriya usuli ammoniy vanadatning oksidlash qobiliyatidan foydalanishga imkon beradi.

Bu usullardan tashqari miqdoriy-analizning laboratoriya amaliyotida serimetriya, titanometriya kabi redoksimetriya usullaridan ham kerakli maqsadlarda foydalaniladi.

Redoksimetriyada reaksiyada ishtirok etadigan oksidlovchilar va qaytariluvchilarni ekvivalent massalari hisobga olinib eritmalar tayyorlanadi. Oksidlovchi va qaytaruvchining ekvivalent massasini qiymati ayni reaksiyada ishtirok etayotgan elektronlar soniga bog'liq. Bu elektronlar sonini aniqlash uchun oksidlovchi va qaytaruvchining boshlang'ich hamda oxirgi oksidlanish darajalarini bilish kerak. Oksidlovchi va qaytaruvchi moddalarni ekvivalent massalarini (E) topishda, shu moddalarning molekulyar massalarini (M) ayni modda (molekulasi, atomi yoki ioni) tomonidan kimyoviy reaksiyadan yo'qotgan yoki qabul qilgan elektronlar soni (n) ga nisbati hisoblanadi.

$$E_{(\text{modda})} = \frac{M}{n}$$

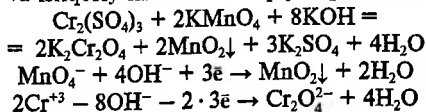
Masalan, kislotali muhitda MnO_4^- ioni Mn^{2+} ionigacha qaytariladi, tenglama (1)



Shu sababli, ayni reaksiyada KMnO_4 ni ekvivalent massasi

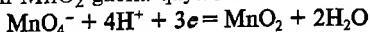
$$E_{(\text{KMnO}_4)} = \frac{M}{n} = \frac{158,03}{5} = 31,61 \text{ g}$$

Neytral va ishqoriy muhitda esa quyidagicha o'tadi.



Mn(VII) , Mn(II) gacha qaytariladi.

MnO_4^- ioni MnO_2 gacha qaytariladi.

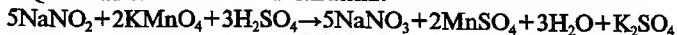


Bu holda KMnO_4 ning ekvivalent massasi:

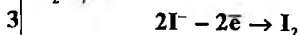
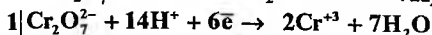
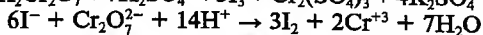
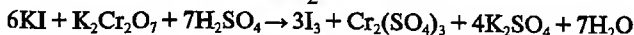
$$E_{(\text{KMnO}_4)} = \frac{M}{n} = \frac{158,03}{3} = 52,68 \text{ g}$$

Redoksimetriya usullarida ishlatiladigan moddalarining ekvivalent massalari ham yuqoridagi tartibda konkret boradigan kimyoviy reaksiyalarni hisobga olgan holda topiladi.

Qo'shimcha misollar keltiramiz:



$$E_{\text{NaNO}_2} = \frac{69,0}{2} = 34,50 \text{ g}$$



$$E_{(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)} = \frac{294,21}{6} = 49,04 \text{ g}$$

14.2. Oksidlanish-qaytarilish potentsiallari va reaksiyaning yo'nalishi

Biz yuqorida ko'rib o'tgan neytrallash va cho'ktirish usullarning mohiyati shundan iboratki, titrlash vaqtida sodir bo'ladigan reaksiyada ionlar o'zaro birikib dissotsiyanalmagan kuchsiz elektrolit (suv, kuchsiz kislota) yoki cho'kma molekulalarini hosil qiladi; oksidometriyada esa elektronlar o'tishiga bog'liq bo'lgan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalaridan foydalaniladi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida oksidlovchi elektronlar biriktirib olib qaytariladi, qaytaruvchi esa elektronlar chiqarib oksidlanadi. Elektronlarning ana shunday qayta taqsimlanishi oqibatida reaksiyaga kirishgan atom yoki ionlarning valentliklari o'zgaradi; oksidlanayotgan atom yoki ionlarning valentligi ortadi, qaytarilayotgan atom yoki ionlarning valentligi esa kamayadi. Masalan, Fe^{++} ning Fe^{+++} ga, Cl^- ning Cl_2 va Cu ning Cu^{++} ga o'tishi oksidlanishdan iborat, chunki uchala holda ham atom va ionlarning valentliklari (+2 dan +3 ga, -1 dan 0 ga va 0 dan +2 ga qadar) ortadi.

Oksidlovchi va qaytaruvchilar bir-biridan o'zlarining kuchlariga qarab, ya'ni kimyoviy aktivliklariga qarab farqlanadi. Kuchli oksidlovchilarda elektronlarni biriktirib olish xossasi kuchli bo'ladi. Shuning uchun ular ko'pchilik qaytaruvchilar elektronlarini, shu jumladan, kuchsiz, ya'ni o'z elektronlarini qiyinchilik bilan beradigan qaytaruvchilar elektronlarini ham tortib oladi. Aksincha, kuchsiz oksidlovchilarning elektron biriktirish xossasi juda kuchsiz bo'ladi. Shu sababli ular faqat kuchli (ya'ni elektronlarini osongina beradigan) qaytaruvchilarnigina oksidlay oladi.

Oksidlash potentsiallari kattaligiga qarab oksidlovchi va qaytaruvchilarning kuchlari haqida fikr yuritish mumkin. Oksidlash potentsiali tushunchasi sifat analizi kursida uchragan edi. Miqdoriy analizda oksidlash potentsiali undan ham katta ahamiyatiga ega. Shuning uchun bu yerda oksidlash potentsiali haqida mukammal to'xtab o'tamiz.

Agar biror asl metallardan (masalan, platinadan) yasalgan elektrod tarkibida oksidlovchi yoki qaytaruvchi bor eritmaga tushirilsa, oksidlovchi metall elektronlarining ma'lum miqdorini tortib oladi yoki, aksincha, qaytaruvchi o'z elektronlarini metallga beradi. Bunda elektrod ma'lum potensialga qadar musbat yoki manfiy zaryadlanadi va bu potensial elektronlarning qayta taqsimlanishini muvozanatlab turadi. Eritmaning oksidlovchilik xossasi qancha kuchli bo'lsa, unga tushirilgan elektrod shuncha yuqori musbat zaryadga ega bo'ladi. Demak, elektrodning eritmaga tushirilgandagi eng yuqori potentsiali eritmaning oksidlash aktivligining o'lchovi bo'ladi; shuning uchun uni eritmaning oksidlash potentsiali deyiladi. Shuni ham aytib o'tish kerakki, haqiqatda hech qachon mutlaqo toza oksidlovchi yoki mutlaqo toza qaytaruvchi bo'lmaydi. Eritmada ular o'zlarining oksidlanish yoki qaytarilish mahsulotlari bilan aralash holda uchraydi. Masalan, qaytaruvchi Fe^{++} ionlari bo'lgan eritmada hamma vaqt uning oksidlanish mahsuloti Fe^{+++} ionlari bo'ladi; Fe^{+++} ionlari esa oksidlovchilik xossasiga ega. Xuddi shuningdek, $\text{Cl}_2\text{MnO}_4^-$ va hokazo oksidlovchilar ham toza bo'lmaydi, ularning tarkibida doimo oz miqdorda bo'lsa ham qaytarilish mahsulotlari, ya'ni Cl^- , Mn^{++} ionlari va hokazolar bo'ladi.

Demak, ayrim oksidlovchi yoki ayrim qaytaruvchining oksidlash potentsiali haqida emas, balki $\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}$, Cl_2/Cl^- , $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{++}$ va shular kabi oksidlanish-qaytarilish juftlarining oksidlanish-qaytarilish potentsiallari haqida gapirish to'g'ri bo'ladi.

Har qanday oksidlanish-qaytarilish jufti ikki formadan iborat: bulardan biri oksidlangan forma bo'lib, bunda ayni element yuqori valentlikka ega bo'ladi (Fe^{+++} , Cl_2 , MnO_4^-); ikkinchisi qaytarilgan forma bo'lib, bunda ayni element past valentlikka ega. Har qanday oksidlanish-qaytarilish juftining oksidlangan formasi oksidlovchi, qaytarilgan formasi qaytaruvchidir. Hamma vaqt shuni nazarda tutish kerakki, ayni oksidlanish-qaytarilish sistemasida oksidlovchi qanchalik kuchli bo'lsa, qaytaruvchi shunchalik kuchsiz bo'lishi kerak va, aksincha, qaytaruvchi kuchli bo'lsa, oksidlovchi kuchsiz bo'ladi. Masalan, agar Cl_2 kuchli oksidlovchi deyilsa, demak, xlor atomlarning elektron biriktirib olish xossasi (ya'ni Cl^- ionlariga o'tish xossasi) kuchli bo'ladi. Bunday holda Cl^- ionlari bu elektronlarni o'zida mahkam tutib turishi, ya'ni nihoyatda kuchsiz qaytaruvchi bo'lishi kerak. Sn^{++} ionlari kuchli qaytaruvchi, ya'ni elektronlarini oson berib, Sn^{++++} ionlariga aylanadi; bundan Sn^{++++} ionlarining elektron biriktirib olish xususiyati kuchsiz, ya'ni Sn^{++++} ionlari kuchsiz oksidlovchi degan xulosa chiqariladi.

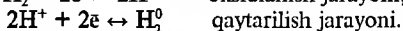
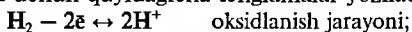
Turli oksidlanish-qaytarilish juftlarining oksidlash potentsiallarini tajribada aniqlash vaqtida ularning qiymatlari faqatgina shu juft tarkibiga kiruvchi oksidlovchi va qaytaruvchining kuchigagina emas, balki oksidlovchi va qaytaruvchi konsentratsiyalari o'rtasidagi nisbatga ham bog'liq ekanligini e'tiborga olish kerak. Bir-biri bilan taqqoslash mumkin bo'lgan natijalar olish uchun oksidlovchi va qaytaruvchining konsentratsiyasini o'zaro teng qilib olish kerak. Bunday sharoitda topilgan oksidlash potentsiallari normal oksidlash potentsiallari deyiladi va E_0 bilan belgilanadi.

Ya'ni shuni nazarda tutish kerakki, yakka oksidlanish-qaytarilish juftining oksidlash potentsialining absolyut qiymatini aniqlash mumkin emas. Har doim ana shunday yakka juftlarning ikkitasini birlashtirib, ulardan hosil bo'lgan galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini (E.Yu.K.), ya'ni ikkala

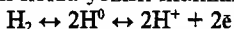
yakka juftlarning potensillar ayirmasini o'lchashdan foydalaniladi. Bir-biri bilan taqqoslash mumkin bo'lgan natijalar olish uchun turli oksidlanish-qaytarilish juftlarining oksidlash potensiallarini o'lchashda ularning har birini hamma vaqt bir xil standart juft bilan birlashtirish kerak. Bu maqsad uchun standart juft sifatida normal vodorod elektrodi qo'llaniladi; normal vodorod elektrodi $2H^+/H_2$ juftidan iborat; bunda vodorod ionlarning konsentratsiyasi (aniqroq qilib aytganda aktivligi) $1 \text{ g} \cdot \text{ion/l}$ ga, gaz holatdagi vodorod bosimi esa 1 atm ga tengdir. Bu elektrodning tuzilishi va ishlash tartibini ko'rib chiqamiz.

Vodorodni oksidlanish-qaytarilish tenglamalarini yanada chiqarsak, vodorod ikkita elektron berib oksidlanadi va teskari jarayon qaytarilish deyiladi.

Vodorod uchun quyidagicha tenglamalar yoziladi:



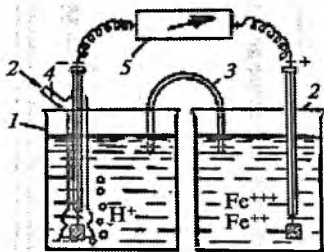
Umumlashtirilgan holda yozish mumkin:



Bu jarayon qaytar bo'lganligi sababli, standart vodorodning oksidlanishi ham, shuningdek, vodorod ionlarining molekulyar vodorodgacha qaytarilishi ham borishi mumkin.

Platina folgasi yarmigacha xlorid kislotaning 1,25N eritmasiga yoki sulfat kislotaning 2N eritmasiga botirilgan bo'ladi. Bu eritmalar vodorod ionlarining aktiv konsentratsiyasiga nisbatan standart hisoblanadi. Eritmalar orqali tozalangan vodorod oqsili (101,3 KPa bosimda) o'tkazilib turiladi. Vodorod yuzi folgani yuvib turadi, shu sababli platina qoplamasi (elektrod) doimo vodorod bilan to'yingan bo'ladi (41-rasm).

Standart vodorod elektrodining potentsiali shartli ravishda nolga teng deb qabul qilingan. Shu sababli o'lchanishi lozim bo'lgan elektrodning potentsiali tuzilgan galvanik elementning elektr yurituvchi kuchiga ega bo'ladi. Standart vodorod elektrod bilan qandaydir boshqa elektrodni o'lchab, element hosil qilamiz, bu elementing elektr yurituvchi kuchini voltmetr yoki potensiometr yordamida o'lchash mumkin. Galvanik elementni ishlashini kuzatamiz.



41-rasm. $\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}$ juftning normal oksidlash potensialini aniqlash uchun ishlatiladigan asbobning sxemasi:

1, 2 – shisha idishlar; 3 – elektrolitik kalit; 4 – vodorod yuboriladigan nay; 5 – potentsiometr.

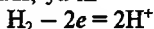
Shisha idish 1 ga kerakli konsentratsiyadagi H_2SO_4 eritmasi solinib, unga platina elektrod tushiriladi; bu elektrod avval elektrolitik usulda platina kukuni bilan qoplangan bo‘lishi kerak. Naycha 4 orqali eritmaga kimyoviy toza vodorod kiritiladi; u platina elektrod bilan uchrashib, platina kukuniga yuritiladi. Shu sababli bu elektrod xuddi vodoroddan yasalgan elektrod kabi ta’sir ko‘rsatadi.

Temperaturani o‘lchashda suyuqlanayotgan muzning temperaturasi shartli nol deb qabul qilingani kabi potentsiallarni o‘lchashda normal vodorod elektrodining potentsiali ham shartli nol deb qabul qilingan.

Biror oksidlanish-qaytarilish juftining, masalan, $\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}$ juftining normal oksidlanish potensialini aniqlash uchun bu juftini 41-rasmda ko‘rsatilgandek normal vodorod elektrod bilan birlashtirib, galvanik element tuziladi.

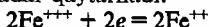
Shisha idish 2 ga baravar hajmda bir xil molyar konsentratsiyadagi FeCl_3 va FeCl_2 eritmaları qo‘yiladi va unga platina elektrod tushiriladi. Ikkala elektrod E.Yu.K.ni o‘lchaydigan asbob 5 (potentsiometr) orqali sim bilan bir-biriga ulanadi. Eritmalar esa elektrolit (KCl) eritmasi bilan to‘ldirilgan «U»simon naycha 3 orqali birlashtiriladi. «Elektrolitik kalit» deb ataladigan bu naycha orqali ionlar bir eritmadan ikkinchi eritmaga diffuziyalanadi (natijada ichki zanjir ulanadi).

Shu tariqa tayyorlangan element quyidagicha ishlaydi. Normal vodorod elektrodi elementning manfiy qutbi (katodi)ni, $\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}$ jufti esa uning musbat qutbi (anodi)ni tashkil qiladi. Katoddagi vodorod molekulari platinaga elektronlarini berib H^+ ionlariga aylanadi, ya'ni

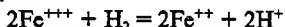


Sxema bo'yicha oksidlanish sodir bo'ladi.

Bu jarayon natijasida platinaga o'tgan elektronlar o'tkazgich orqali anodga ko'chadi; anodga ularni Fe^{+++} ionlari biriktirib olib, Fe^{++} ionlariga qadar qaytariladi:



Yuqoridagi keltirilgan ikkala tenglama bir-biriga hadlab qo'shilsa, ayni galvanik elementda sodir bo'ladigan reaksiya tenglamasi olinadi:



Bu elementning elektr erituvchi kuchi $0,77 \text{ V}$ ga teng ekanligi tajriba yo'li bilan topilgan. Bu elektr yurituvchi kuch ikkala juftning normal oksidlanish potentsiallari ayirmasiga teng bo'lganligi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$E_{\text{Yu.K.}} = E_{0\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}} - E_{02\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,77 \text{ V}$$

Lekin $E_{02\text{H}^+/\text{H}_2}$ ning qiymati sharli ravishda nol deb qabul qilingan. Demak,

$$E_{0\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}} = +0,77 \text{ e}$$

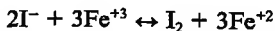
Bu yerdagi musbat ishora $\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}$ juft normal vodorod elektrodi bilan birlashtirilganda musbat qutb vazifasini bajariшинi ko'rsatadi. Aksincha, manfiy qutb vazifasini bajarayotgan (ya'ni ayni galvanik element ishlayotganda H^+ ionlariga elektron berib, ularni H_2 molekulasiga qadar qaytarayotgan) juftning potentsiali manfiy hisoblanadi.

$\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}$ jufti uchun topilgan normal oksidlash potentsialining qiymati ($+0,77 \text{ V}$) Fe^{+++} ionlarining H_2 molekularidan elektronlar tortib olish, ya'ni H_2 ni oksidlab H^+ ionlariga aylantirishning o'lchovidir. Katta potentsiallarga ega bo'lgan oksidlovchilar kichik potentsialga ega bo'lgan har qanday qaytaruvchini oksidlay oladi. Shuningdek, kichik potentsialga ega bo'lgan qaytaruvchilar katta potentsialga ega bo'lgan har qanday oksidlovchini qaytara oladi.

Misolda ko'rib chiqamiz:

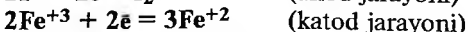
Ko'rib o'tilgan qoida oksidlash potentsiialash jadvalda berilgan.

1-misol. Quyidagi reaksiyaning borish imkoniyatini aniqlang.



Yechish: $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ juftning oksidlash potentsiali $+0,77 \text{ V}$ bo'lib, $\text{I}_2/2\text{I}^-$ juftning potentsiali $E_{0, \text{I}_2/2\text{I}^-} = +0,54 \text{ V}$ dan katta.

Bu ikki juftdan galvanik element tuzilsa:



Reaksiyada iod ionlari erkin yodgacha oksidlanishi va Fe^{+3} ionlari Fe^{+2} gacha qaytariladi.

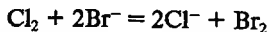
2-misol. Xlorni suv bilan kaliy bromid eritmasi o'rtasida reaksiya boradimi?

Yechish: 1) $2\text{KBr} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{Br}_2$ juftlarning redoks potentsiallari topiladi.

$E_0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) = 1,9 \text{ V}$, $E_0(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$ chunonchi, $1,36 \text{ V} > 1,09 \text{ V}$, bo'lgani uchun jarayon borishi mumkin.



Umumiy holda



Reaksiyada Br^- ionini erkin Br_2 gacha oksidlanishi yo'nalishda boradi, eritma qo'ng'ir ranga kiradi.

14.3. Redoksimetriyada oksidlanish-qaytarilish usulining titrlash egri chiziqlari

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan titrlash jarayonida dastlabki va oxirgi mahsulotlarning konsentratsiyalari uzluksiz o'zgarib boradi, shunga bog'liq tarzda, eritmaning redoks potentsiali qiymati ham o'zgaradi.

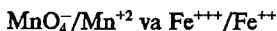
Quyidagi reaksiyada:



Xuddi kislota-asosli titrlashga o'xshash egri chiziqlari chiqadi. Redoks-titrlashda har bir jarayonida oksidlanish-qaytarilish potentsiali o'zgaradi. Nernst tenglamasidan foydalaniladi:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[Ox]}{[Red]}$$

Titrlash jarayonida eritmada hamma vaqt ikkita redoks juft bo'ladi:



Titrlashni o'tkazib turgan paytda, har bir qo'shilgan KMnO_4 titrlangan hajmini potentsialni o'zgartirishga olib boradi.

Titrlash jarayonida ayrim nuqtalarida oksidlash potentsiali quyidagicha hisoblanadi:

1. Titrlangunga qadar potentsialni hisoblash:

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{+3}]}{[\text{Fe}^{+2}]}$$

Fe^+ ioni eritmasida oz miqdorda Fe^{+3} bo'ladi, uni konsentratsiyasini aniqlash qiyin, shuning uchun oksidometrik titrlashda bu nuqtadagi potentsialni hisobga olinmaydi.

2. Ekvivalent nuqtagacha bo'lgan potentsial quyidagicha hisoblanadi.

FeSO_4 eritmasiga, KMnO_4 qo'shilsa sulfat kislota ishtirokida, MnO_4^- anioni o'sha zahoti, Mn^{+2} gacha qaytariladi.

Bu nuqtalar uchun potentsialni o'lchashda quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{+++}]}{[\text{Fe}^{++}]} \quad (21)$$

Ekvivalent nuqtadan keyin esa, hamma Fe^{+++} ionlar Fe^{++} gacha qaytariladi va shu nuqtada Mn^{+2} ionlari ortiqcha bo'ladi va MnO_4^- qo'shilgan titrant ionlari ham bo'ladi.

Shuning uchun bu nuqtalar uchun potentsialni quyidagi formula orqali aniqlash mumkin (vodorod ionlarini hisobga olib):

$$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{+2}]} \quad (22)$$

Ekvivalent nuqtada Fe^{+2} ionlari hammasi, Fe^{+++} gacha oksidlangan bo'ladi va Mn^{+2} qaytarilgan holda, shuning uchun ($\lg [Ox]$ va $\lg [Red]$) o'zini kuchini yo'qotgan bo'ladi, bu nuqtada

standart potentsiallar hisobga olinadi va uni quyidagicha yozish mumkin:

$$E = \frac{bE_{Ox}^0 + aE_{Red}^0}{a + b} \quad (23)$$

E_{Ox}^0 – standart potentsial oksidlovchi uchun, V ;

E_{Red}^0 – standart potentsial qaytaruvchi uchun, V ;

a, b – stexiometrik koeffitsiyentlar, elektronlar soni.

Titrlash egri chizig'ining hisoboti.

100 ml 0,1 n $FeSO_4$ titrlashda.

100 ml 0,1 n $KMnO_4$ bilan.

Masalan: 100 ml Fe^{+2} ni eritmasiga 50 ml $KMnO_4$ qo'shilsa, 50 % $KMnO_4$ oksidlanadi Fe^{+3} gacha, a eritmada 50 % Fe^{+2} reaksiyaga kirishmagan holda qoladi, unda:

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{50}{50} = 0,77 V$$

Titrlash jarayonida titrlash egri chizig'ini chizish uchun eng kerakli nuqtalar:

Ekvivalent nuqtasigacha 0,1 ml $KMnO_4$ yetmasdan qolgan va 0,1 ml $KMnO_4$ eritmasidan ortiqcha qo'shilgan miqdor. Titrlash jarayonida egri chizig'ini sakrashni hosil qiladigan nuqtalar.

Shuning uchun hisoblaymiz:

99,9 ml $KMnO_4$ qo'shilganda, bu nuqtada 99,9 % Fe^{++} oksidlanib, Fe^{+++} gacha o'tgan, a titrlanmay qolgan 0,1 % bo'ladi, unda

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{99,9}{0,1} = 0,944 V$$

Endi, ekvivalent nuqtadan keyin, ya'ni 100,1 ml ortiqcha $KMnO_4$, qo'shilganda, 100 ml $KMnO_4$ Fe^{+2} ni oksidlash uchun sarflanadi, ya'ni MnO_4^- , Mn^{+2} gacha qaytariladi va 0,1 ml $KMnO_4$ ortiqcha qoldi, bu nuqta uchun

$[MnO_4^-] = 1:100$, unda

$$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{0,1 \cdot [H^+]^8}{100}$$

Agar $[H^+]^8 = 1$ g ionlari bo'lsa, unda

$$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{0,1}{100} = 1,51 + \frac{0,058}{5} \cdot 3$$

$$E = 1,475 V$$

Titrlash egri chizig'i sakrash

$$1,475 - 0,944 = 0,531 \text{ V}$$

Ekvivalent nuqtasidagi potensial formula (23) ga asosanib teng bo'ladi,

$$E = \frac{0,77 + 5 \cdot 1,51}{5 + 1} = 1,387 \text{ V}$$

Hamma hisobdagi nuqtalarni 27-jadval shaklida keltirsak va olingan nuqtalarni grafikka qo'yilsa, titrlash egri chizig'i chiqadi.

27-jadval

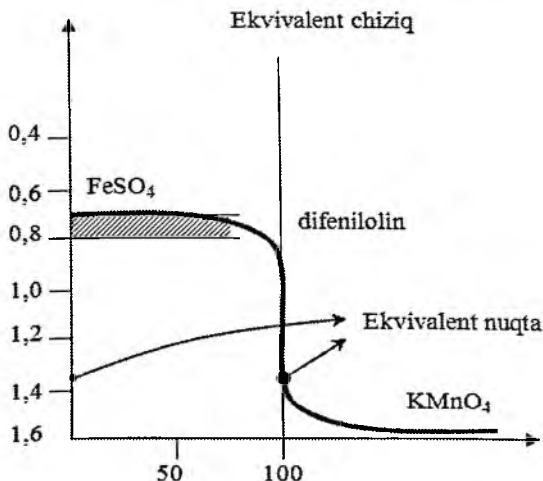
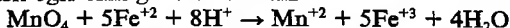
100 ml FeSO₄ 0,1 n eritmasini 100 ml 0,1 n KMnO₄ ish eritmasi bilan titrlashda potensialini o'zgarish jadvali

KMnO ₄ qo'shilgan, ml	Ortiqchasi, ml		$\frac{\text{Fe}^{+3}}{\text{Fe}^{+2}}$	$\frac{\text{MnO}_4^-}{\text{Mn}^{+2}}$	Hisoblashlar	Potensial <i>E</i> , V
	FeSO ₄	KMnO ₄				
50	50	—	50:50=1	—	$E=0,77+0,058 \cdot \lg 1$	0,770
90	10	—	90:10=10	—	$E=0,77+0,058 \cdot \lg 10$	0,828
99	1	—	99:1=100	—	$E=0,77+0,058 \cdot \lg 100$	0,886
99,9	0,1	—	99,9:0,1=1000	—	$E=0,77+0,058 \cdot \lg 1000$	0,914
100 ekv. nuqta	—	—	—	—	$E = \frac{0,77 + 5 \cdot 1,51}{5 + 1}$	1,387
100,1	—	0,1	—	0,1:1=0,001	$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg 0,001$	1,475
101	—	1	—	1:100=0,01	$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg 0,01$	1,487
110	—	10	—	10:100=0,1	$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg 0,1$	1,498

42-rasmdan ko'rinib turibdiki, oksidimetrik titrlash egri chizig'i, shakl jihatidan neytrallash usulidagi titrlash egri chizig'iga o'xshaydi, ya'ni ekvivalent nuqta yaqinida potensial keskin o'zgaradi. Lekin ekvivalent nuqtaga yaqin bo'lmagan nuqtalarda chiziq bir tekis o'zgarib boradi, ya'ni *E* ning qiymati titrlash vaqtida juda sekin o'zgaradi. Oksidimetrik titrlash egri chizig'ida keskin o'zgarish sohasi borligidan foydalanib, ekvivalent nuqtani aniq belgilash uchun maxsus indikatorlar ishlatish mumkin.

Oksidimetrik titrlash egri chiziqlari eritmaning suyultirili-shiga bog'liq emas, chunki Nernst tenglamasiga eritma suyul-tirilgani bilan o'zgaraydigan oksidlangan va qaytarilgan for-malar konsentratsiyalarining nisbati kiritilgan. Oksidimetrik usul titrlash egri chizig'ining eritma konsentratsiyasiga bog'liq emas-ligi bilan neytrallash usulidan afzal turadi.

Titrlash egri chizig'ini ko'rinishi



42-rasm. 100 ml 0,1 n FeSO_4 ning 100 ml 0,1 n KMnO_4 ning eritmasi bilan titrlash egri chizig'i

Bu usulning ikkinchi afzalligi shundaki, reaksiya natijasida hosil bo'lgan ionlardan birini kompleksga bog'lash bilan titrlash egri chizig'idagi potensialning keskin o'zgarish sohasini biroz kengaytirish mumkin.

Bu usuldan ba'zan analitik kimyo amaliyotida muvaffaqiyatli foydalaniladi. Masalan, temir ionini, Fe^{3+} , $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{3-}$, $[\text{FeF}_6]^{3-}$ bog'lab, titrlashni davom ettirilsa, natijada titrlash egri chizig'idagi keskin o'zgarish sohasi ancha kattalashadi.

14.4. Oksidlanish-qaytarilish usullarida ishlatiladigan indikatorlar

Oksidlanish-qaytarilish usuli bilan titrlashda ishlatiladigan indikatorlarni o'rganishga o'tishdan oldin shuni qayd qilib o'tish kerakki, agar titrlanayotgan eritmaning rangi reaksiya natijasida yetarli darajada keskin o'zgaradigan bo'lsa, ba'zi hollarda indikator ishtirokisiz ham titrlash mumkin. Masalan, to'g'ri qaytaruvchilarni kislotali muhitda permanganat bilan oksidlashda indicatorsiz titrlashdan foydalanish mumkin. Ma'lumki, bunda binafsha qizil rangli MnO_4^- ioni qaytarilib, rangsiz Mn^{2+} ioniga aylanadi. Eritmadagi qaytaruvchi tamomila oksidlanib bo'lgandan keyin eritmaga ortiqcha bir tomchi permanganat qo'shilsa, eritma pushti rangga kiradi.

Qaytaruvchilarni yod eritmasi bilan ham indicatorsiz titrlash mumkin. Bunda I_2 ning qaytarilib, I^- ga o'tishi natijasida yod eritmasining to'q qo'ng'ir rangi yo'qolib ketadi. Lekin, yod eritmasining rangi yaqqol sezilarli bo'lmagani uchun titrlashda indikator sifatida kraxmal eritmasidan foydalaniladi, chunki kraxmal juda oz miqdordagi yod bilan ham quyuq ko'k rang hosil qiladi. oksidlanish titrlashda indikatorli titrlash ham ishlatiladi.

Ishlatiladigan oksidlanish-qaytarishi titrlashda indikatorlarni ikki tipga bo'lsa bo'ladi:

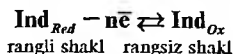
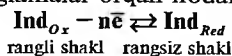
1. Qaytaruvchi ishlatiladigan indikatorlar kimyoviy reaksiyaga kirishib, natijada eritma ham rangini o'zgartiradi. Masalan, Fe^{+3} ioni titrlashda indikator sifatida CNS^- anioni ishlatib bo'ladi. Ekvivalent nuqtada eritmada $[\text{Fe}(\text{CNS})_2]^+$ rangli kompleks tuz hosil qiladi yoki I_2 (yod eritmasi) bilan titrlashda — kraxmal ishlatiladi.

2. Indikatorlar oksidlovchi va qaytaruvchilar bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi, lekin titrlash jarayonida (E potensial) — oksidlanish-qaytarilish potentsiali o'zgarishi natijasida eritma rangini o'zgartiradi. Oksidlovchi qaytariladi va qaytaruvchi esa oksidlanish natijasida eritmani oksidlanish potentsiali o'zgaradi. Bu indikatorlar — redoks indikatorlar deyiladi. Titrlash jarayonida oksidlash potentsialini qiymati o'zgarishi bilan oksidlangan va qaytarilgan formalari o'zini rangini o'zgartira oladi:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[Ox]}{[Red]}$$

Oksidlanish-qaytarilish indikatorlari organik moddalar bo'lib, qaytar tarzda oksidlanadigan yoki qaytarila oladigan moddalardir, ularning oksidlangan va qaytarilgan shakllari turli rangga ega. Redoks indikatorlar rangining o'zgarishi indikatorlarning qaytarilgan shakllining oksidlanishi va oksidlangan holatga o'tishi yoki oksidlangan shakllining qaytarilishi va potensialning ma'lum bir qiymatida qaytarilgan shaklga o'tishiga asoslangan. Shunday qilib, indikatorlarning ikki shakli oksidlanish-qaytarilish juftini tashkil qiladi. Ularning oksidlangan va qaytarilgan shakllari turli rangga ega bo'ladi.

Bunday indikatorlarning oksidlangan shaklini **Ind_{Ox}** bilan, qaytarilgan shaklini **Ind_{Red}** bilan belgilasak, ularning bir-biriga o'tishini quyidagi tenglamalar orqali ifodalash mumkin.



Ind_{Ox} va **Ind_{Red}** dan tuzilgan tizim oksidlanish-qaytarilish juftining potentsiali Nerst tenglamasidan topiladi:

$$E = E_{Ind}^0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[\text{Ind}_{Ox}]}{[\text{Ind}_{Red}]}$$

bu yerda: E_{Ind}^0 ayni oksidlanish-qaytarilish juftining normal oksidlanish potentsiali, ya'ni **[Ind_{Ox}] = [Ind_{Red}]** bo'lgandagi potentsial.

Redoksi indikatorlar oksidimetrik titrlashning turli usullarida ishlatiladi, shuning uchun ular analitik kimyo amaliyotida muhim rol o'ynaydi.

Ishlatiladigan indikatorlar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1) indikator ta'sirchan bo'lishi, ya'ni u ekvivalentlik nuqtasida oksidlovchi yoki qaytaruvchining juda ozgina ortiqcha miqdori bilan ham reaksiyaga kirishishi kerak;

2) oksidlangan va qaytarilgan shakldagi indikatorlarning rangi bir-biridan keskin farq qilishi lozim;

3) ular rangining o'zgarishi ozgina miqdorda ishlatilgan indikatorlarda ham aniq bilinishi kerak;

4) indikator rangining o'zgarish oralig'i kichik bo'lishi kerak, chunki indikator rangining o'zgarishi potensial qiymatlarining kichik oralig'ida sodir bo'lishi va titrlashdagi keskin sakrash bilan mos kelishi zarur;

5) indikator havo kislorodi, karbonat angidrid va yorug'lik ta'siriga chidamli bo'lishi kerak.

Agar, biror qaytaruvchi (yoki oksidlovchi) eritmasiga oksidlanish-qaytarilish indikator eritmasidan 1–2 tomchi qo'shilsa, indikatorning oksidlangan va qaytarilgan shakllarining konsentratsiyalari orasida eritmaning oksidlanish potensialiga muvofiq keladigan nisbat qaror topadi. Natijada eritma ayni nisbatga muvofiq keladigan tusga kiradi. Agar bunday eritma biror oksidlovchi (yoki qaytaruvchi) bilan titrlansa, oksidlanish potentsiali E ning qiymati o'zgaradi. Bunga muvofiq ravishda $\left[\frac{\text{Ind}_{\text{Ox}}}{\text{Ind}_{\text{Red}}}\right]$ nisbat ham o'zgaradi. Biroq xuddi neytrallash usulidagi kabi bu nisbatning har qanday o'zgarishi natijasidagi rang o'zgarishini ko'zimiz sezavermaydi. Agar eritmada indikatorning rangli shakllaridan birining konsentratsiyasi ikkinchisidanikiga qaraganda 10 marta kamayib ketganida ko'zimiz birinchisining rangini payqashdan to'xtaydi, deb qabul qilsak, oksidlanish-qaytarilish indikator shakllarining bir-biriga aylanish sohasidagi chegara nuqtalar uchun E ning qiymatlari quyidagicha bo'ladi:

$$\left[\frac{\text{Ind}_{\text{Ox}}}{\text{Ind}_{\text{Red}}}\right] = \frac{1}{10} \quad E = E^0 + \frac{0,058}{n} \lg 10^{-1} = E^0 - \frac{0,058}{n}$$

agar,

$$\left[\frac{\text{Ind}_{\text{Ox}}}{\text{Ind}_{\text{Red}}}\right] = \frac{10}{1} \quad E = E^0 + \frac{0,058}{n} \lg 10 = E^0 + \frac{0,058}{n}$$

Binobarin, indikator shakllarining o'zgarish sohasi $pT = E_1^0 + \frac{0,058}{n}$ bo'ladi. $E^0 = 0,76 \text{ V}$, $n = 2$ bo'lgan difenilamin indikator uchun indikator shakllarining o'zgarish sohasi:

$$E_1 = 0,76 - \frac{0,058}{2} = 0,73 \text{ V}$$

$$E_2 = 0,76 + \frac{0,058}{2} = 0,79 \text{ V}$$

0,73 V bilan 0,79 V orasida eritmaning rangi asta-sekin oʻzgarib, rangsiz holatdan koʻk-binafsha holatga oʻtadi.

Redoks indikatorlarning bir holatdan ikkinchisiga oʻtish oraligʻi kislota-asosli indikatorlardagiga nisbatan juda kichik. Redoks indikatorlar quyidagi xillarga boʻlinadi: a) qaytar redoks indikatorlar — sistemaning potensial qiymati oʻzgarishi bilan rangini qaytadan oʻzgartirib, dastlabki rangiga qaytadi; b) qaytmas redoks indikatorlar oksidlanish yoki qaytarilish jarayonlariga uchraydi, natijada indikatorning rangi qaytmas holatda oʻzgaradi.

Ishtatiladigan redoks indikatorlar misol uchun yozish mumkin:

Difenilaminish:



Difenilamin $E = + 0,73 \text{ V}$ qiymatda rangsiz, $E = + 0,79 \text{ V}$ da esa koʻk rangli difenilbenzidina oʻtadi.

Demak, $+0,73 \text{ V}$ dan $+0,79 \text{ V}$ oraligʻida difenilamin oʻz rangini oʻzgartiradi.

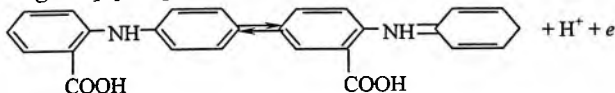
b) oʻziga xos indikator.

Oʻziga xos dispers kolloid indikatorga kraxmal misol boʻladi. kraxmal yod bilan toʻq koʻk rang adsorbsiyalangan kompleks birikma hosil qiladi ($\text{pH} = 0$). Fenilantranil kislota — difenilaminning karbonilli hosilasidir:

Uning taʼsir etish mexanizmi difenilaminning yuqorida keltirilgan taʼsir mexanizmiga oʻxshashdir. Bu indikator qaytarilgan holatda rangsiz, oksidlanganda qizil-pushti rangda boʻladi, rangning oʻtish potentsiali $E^0 = + 1,086 \text{ V}$.

N — fenilantronil kislotali rangini oʻzgarishi. $E^0 = 1,08$.

Rangsiz quyidagicha:



Ekvivalent nuqtani aniqlash

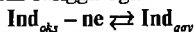
Oksidimetrik titrlashda ekvivalent nuqta ikki usul bilan aniqlanishi mumkin:

1. Indikatorsiz usul. Titrlashda ishlatiladigan eritmalaridan biri to'q rangli bo'lsa, ortiqcha bir tomchi qo'shilgan titrant bilan eritma rangi o'zgaradi. Masalan: permanganometrik titrlash.

2. Indikatorli titrlash. Ular ishlatilishiga ko'ra oksidlanish-qaytarilish va o'ziga xos indikatorlarga bo'linadi.

a) oksidlanish-qaytarilish indikatorlari.

Oksidlanish-qaytarilish indikatorlari sifatida qayta oksidlanish va qaytarilish xususiyatiga ega bo'lgan organik birikmalar ishlatiladi. Ularning oksidlangan (Ind_{oks}) yoki qaytarilgan (Ind_{qay}) formalari har xil rangga ega



Oksidlanish-qaytarilish sistemasi uchun Nernst tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{Ind}_{\text{oks}}]}{[\text{Ind}_{\text{qay}}]}$$

Oksidlanish-qaytarilish indikatorlari potensialning ma'lum qiymatida o'z rangini o'zgarish sohasiga ega. Indikator rangining o'zgarishi $[\text{Ind}_{\text{oks}}]/[\text{Ind}_{\text{qay}}]$ nisbatga bog'liq, $n = 1$ nisbat 10 : 1 yoki 1 : 10 bo'lganda, indikatorning o'zgarish sohasi $E = E^0_{\text{ind}} \pm 0,059$ formula bilan hisoblanadi.

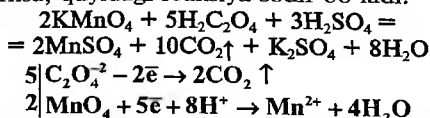
E ning qiymati titrlanayotgan eritma potensialiga bog'liq, chunki eritmada indikator juda kam bo'ladi. Oksidimetrik titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlash uchun rangining o'zgarish sohasi potensial sakrash oralig'ida, ya'ni ekvivalent nuqta yaqinida yotadigan indikatorlar ishlatiladi. Bunday indikatorlarning aniqlangan E^0 qiymati $\geq + 0,76 \text{ V}$ bo'ladi. masalan, difenilamin ($E^0 = + 0,76 \text{ V}$) ana shunday indikatorlar turidandir.

14.5. Permanganatometriya

Permanganatometriya usuli permanganat-ion ta'sirida oksidlanish reaksiyalariga asoslanadi. Oksidlanishni kislotali mu-

hitda ham, ishqoriy (yoki neytral) muhitda ham olib borish mumkin.

Oksidlanish kislotali muhitda olib borilsa, KMnO_4 tarkibidagi yetti valentli marganes qaytarilib, Mn^{+2} kationini hosil qiladi va natijada reaksiya uchun olingan kislotalaning ikki valentli marganesli tuzi hosil bo'ladi. Masalan, qaytaruvchi sifatida oksolat $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ kislota olinsa va oksidlanish sulfat kislotali muhitda olib borilsa, quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



Shu sistemaning oksidlanish-qaytarilish potentsiali quyidagicha bo'ladi:

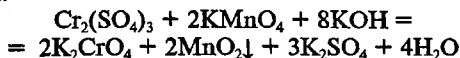
$$\begin{aligned} E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} &= E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} + \frac{0,058}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]} \\ E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} &= +1,52 \text{ V} \end{aligned}$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, $E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}$ qiymati vodorod konsentratsiyasiga bog'liq.

$$\begin{aligned} E_{\text{KMnO}_4} &= \frac{M \cdot M_{\text{KMnO}_4}}{5} = \frac{158}{5} \\ E_{\text{KMnO}_4} &= 31,6 \text{ g} \end{aligned}$$

Agar oksidlanish ishqoriy yoki neytral muhitda olib borilsa, etti valentli marganes to'rt valentli marganesga qaytariladi va qo'ng'ir cho'kma — marganes (IV) oksid $\text{MnO}_2\downarrow$ hosil bo'ladi.

Masalan:



MnO_2^- quyidagicha o'zgaradi:



$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2} = E_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2} + \frac{0,058}{3} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-]}{[\text{MnO}_2] \cdot [\text{OH}^-]^2}$$

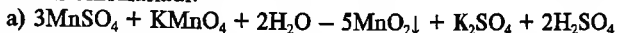
Demak, $E_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2}$ ning qiymati $[\text{OH}^-]$ yoki $[\text{H}^+]$ ga bog'liq.

KMnO₄ ning bu yerdagi gramm-ekivalenti kislotali muhitdagiga qaraganda boshqacharoq bo'ladi:

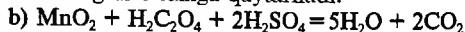
$$E_{\text{KMnO}_4} = \frac{M \cdot M_{\text{KMnO}_4}}{5} = \frac{158,04}{5} = 52,68 \text{ g}$$

Shuni aytib o'tish kerakki, titrlash kislotasi ishtirokida boshlanadi, lekin uning miqdori reaksiya uchun yetarli bo'lmagan hollarda ham MnO₂↓ hosil bo'ladi.

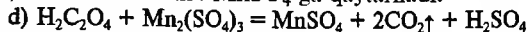
Endi oksolat kislotaning permanganat bilan oksidlanish reaksiyasini (1-tenglama) ko'rib chiqamiz. MnSO₄ qo'shish bilan bu reaksiya tezlashadi. H₂C₂O₄ ning ahamiyati quyidagilardan iborat bo'ladi. Qo'shilgan MnSO₄ avvalo permanganat ta'siridan oksidlanadi:



Hosil bo'lgan MnO₂↓ darhol H₂C₂O₄ ni oksidlab, o'zi 3 valentli marganes tuziga qaytariladi:



Nihoyat, Mn₂(SO₄)₃ H₂C₂O₄ bilan o'zaro reaksiyaga kirishib, dastlabki birikma MnSO₄ ga qaytariladi:



Agar (a) tenglamaning hamma hadlarini ikkiga, (b) va (d) tenglamalarning hadlarini beshga ko'paytirib, uchala tenglamani bir-biriga qo'shsak, asosiy tenglamani olamiz.

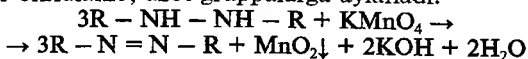
Demak, eritmaga qo'shilgan MnSO₄ qaytadan o'z asliga keladi. Lekin, reaksiyada MnSO₄ ning ishtirok etishi tufayli reaksiya tezlashadi, chunki yuqorida keltirilgan oraliq bosqichlar (qizdirish bilan) juda tez boradi.

Yana shuni aytib o'tish kerakki, kislotali muhitda titrlash natijasida eritmada qoladigan rangsiz Mn²⁺ ionlari hosil bo'ladi, lekin ishqoriy yoki neytral muhitda to'q qo'ng'ir cho'kma MnO₂↓, aniqrog'i uning gidrati MnO(ON)₂↓ hosil bo'ladi. Shu sabablarga ko'ra hajmiy analizda ko'pincha permanganat bilan oksidlash kislotali muhitda o'tkaziladi.

Permanganatometrik titrlash usulida indikator vazifasini titrantning o'zi KMnO₄ eritmasi bajaradi, uning ozgina ortiqcha miqdorini eritma pushti rangga bo'yaladi. Shuning uchun KMnO₄ eritmasi yordamida titrlash, titrlanayotgan eritma pushti rangga kirguncha davom ettiriladi. KMnO₄ eritmasi (va boshqa oksidlovchilar) ishlatilayotganda shisha jo'mrakli byuret-

kalardan foydalaniladi. Rezina nayli byuretkalarni ishlatib yoki KMnO_4 eritmasini byuretkada uzoq vaqt qoldirib bo'lmaydi, chunki bunda rezina oksidlanib, byuretka devorida jigar rang $\text{MnO}_2\downarrow$ kristallari o'tirib qoladi. Marganes (IV) oksid kristallarini xlorid yoki oksolat kislota eritmalari yordamida osonlik bilan yuvib tashlash mumkin. KMnO_4 ning titr qiymatini tez-tez tekshirib turish kerak, chunki vaqt o'tishi bilan uning konsentratsiyasi o'zgarib qolishi mumkin.

Permanganatometriya usuli yordamida gidroazot gruppalar R-NH-NHR analiz qilinadi: KMnO_4 ta'sirida gidroazot gruppalar oksidlanib, azot gruppalariga aylanadi:

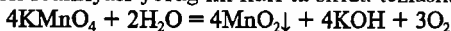


14.6. KMnO_4 ning ish eritmasini tayyorlash

Shuni nazarda tutish kerakki, permanganat toza bo'lmaydi, uning tarkibida har doim qaytarilish mahsulotlari, masalan, MnO_2 bo'ladi. Bundan tashqari, permanganat chang bilan birga, suvga tushadigan qaytaruvchilar (ammiak, organik moddalar) ta'sirida oson parchalanadi. Buning natijasida tayyorlab qo'yilgan KMnO_4 eritmasining konsentratsiyasi biroz kamayadi.

Demak, KMnO_4 dan aniq miqdorda tortib olish yo'li bilan permanganatning titrlangan eritmasini tayyorlab bo'lmaydi. Tayyorlab qo'yilgan permanganat eritmasini titrini 7–10 kun o'tgandan keyingina aniqlash lozim. KMnO_4 eritmasi yetarli darajada barqaror bo'lib, uning titri o'zgarmasligi uchun permanganat tarkibida qo'shimchalar, shuningdek, KMnO_4 ning qaytarilish mahsuloti MnO_2 dan iborat cho'kmani eritmadan ajratish kerak. Aks holda, MnO_2 katalizator bo'lib, KMnO_4 ning parchalanishini tezlashtiradi. Yana shuni nazarda tutish kerakki, kaliy permanganat rezina, po'kak tiqin, qog'oz va shunga o'xshashlarni oksidlab emiradi. Shuning uchun KMnO_4 eritmasini ana shunday buyumlarga tegizmaslik kerak. Masalan, KMnO_4 eritmasini qog'oz filtr orqali filtrlash mumkin emas, buning uchun shishadan yasalgan filtrlash voronkalardan foydalanish yoki MnO_2 cho'kmasi ustidagi eritmani sifon yordamida boshqa idishga olish kerak.

Kaliy permanganat eritmasini qorong'i joyda yoki qoramtir shisha idishlarda saqlash zarur, chunki kaliy permanganatning parchalanish reaksiyasi yorug'lik nuri ta'sirida tezlashadi:



Kaliy permanganatning 250 ml 0,1 n eritmasini
10 %li eritmada tayyorlash

Kaliy permanganatning gramm-ekivalenti

$$E_{\text{KMnO}_4} = 31,61 \text{ g}$$

Demak,

1 n KMnO_4 eritmasida 31,61 g KMnO_4 bor.

0,1 n KMnO_4 eritmasida x g KMnO_4 bor.

$$x = \frac{0,1 \cdot 31,61}{1} = 3,161 \text{ g}$$

1000 ml da 3,161 g KMnO_4 erigan.

250 ml da x g KMnO_4 erigan.

$$x = \frac{250 \cdot 3,161}{1000} = 0,79 \text{ g}$$

10 g KMnO_4 erigan 100 ml eritmada.

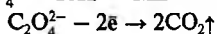
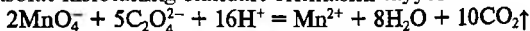
0,79 g KMnO_4 erigan x ml eritmada.

$$x = \frac{0,79 \cdot 100}{10} = 7,9 \text{ g}$$

KMnO_4 bor.

Demak 10 %li KMnO_4 eritmasidan taxminan 8 ml olib, 250 ml li o'lchov kolbasida kolbaning belgisiga qadar distillangan suv qo'shib suyultiriladi.

Oksolat kislotaning standart eritmasini tayyorlash.



Oksolat anion ikkita elektron berib, $\text{CO}_2\uparrow$ gacha oksidlanadi. Binobarin, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning gramm-ekivalenti quyidagicha bo'ladi:

$$E_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{126 \cdot 0,7}{2} = 63,04 \text{ g}$$

Oksolat kislota eritmasidan ham 0,1 n 250 ml miqdorida tayyorlanadi.

$$g_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{1 \cdot 250 \cdot 63,04}{1000} = 1,5757 \text{ g}$$

ya'ni, 1,5757 grammga yaqin $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ni tarozida tortib olib, uni to'kmasdan, juda ehtiyotkorlik bilan 250 ml hajmli o'lchov kolbasiga solinadi. Ustidan kolbaning belgisigacha distillangan suv qo'shiladi va kislota batamom erib ketguncha yaxshilab aralashtiriladi.

Masalan, oksolat kislotaning o'lchab olingan tortimi 1,5789 g bo'lsa, eritmaning titri

$$T_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{1.5789}{250} = 0,0063156 \text{ g/ml}$$

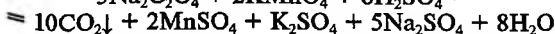
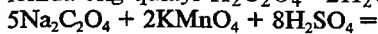
$$T_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 0,0063156 \text{ g/ml}$$

Eritmaning normalligi

$$N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{T_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot 1000}{E_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}} = 0,0063156 \text{ g/ml}$$

14.7. KMnO_4 eritmasi titrini oksolat kislotaning standart eritmasi bo'yicha aniqlash

KMnO_4 eritmasining titrini aniqlash uchun turli dastlabki moddalar (masalan, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, As_2O_3 , $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ temir metali va boshqalardan foydalanish mumkin. Bular ichida eng qulayi $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dir.



Toza bilan yuvilgan jo'mrakli byuretkani permanganat eritmasi bilan chayib, so'ngra unga eritma to'ldirib, titrlash uchun tayyorlanadi.

15,0 ml Pipetka oksolat kislota eritmasi bilan chayiladi va unga standart eritmadan o'lchab olib, konussimon kolbaga solinadi, ustiga 2 n sulfat kislota eritmasidan 15 ml qo'shib, aralashma 75-80 °C gacha qizdiriladi (eritma qaynab ketishiga yo'l qo'ymaslik kerak, aks holda oksolat kislota parchalanib ketadi). Issiq eritma byuretkadagi kaliy permanganat eritmasi bilan titrlanadi.

KMnO_4 eritmasi dastlab issiq eritmani ohista chayqatib turgan holda tomchilatib quyiladi. Har bir tomchi KMnO_4 ning rangi o'chgandan so'ng keyingi tomchini qo'shish mumkin. KMnO_4 eritmasining birinchi qo'shilgan tomchilari ancha sekin

rangsizlanadi. Lekin ayni reaksiya uchun katalizator vazifasini o'tay oladigan Mn^{2+} kationlari eritmada hosil bo'lishi bilan $KMnO_4$ eritmasi tomchilarining rangi juda tez o'cha boshlaydi. Bir tomchi permanganat ta'siridan 1–2 daqiqa ichida yo'qolmaydigan och pushti rang hosil bo'lguncha titrlash davom ettiriladi.

Kamida uch marta aniq titrlash va bir-biriga yaqin (ya'ni bir-biridan 0,1–0,2 ml dan farq qilmaydigan) natijalarning o'rtacha qiymati olinadi. Olingan qiymatdan kaliy permanganat eritmasining normalligini aniqlashda foydalaniladi.

Misol uchun 0,1001 n konsentratsiyali 15,0 ml oksolat kislotasi eritmasini titrlash uchun o'rtacha 14,89 ml kaliy permanganat eritmasi sarflangan bo'lsin, unda $KMnO_4$ eritmasining normalligi quyidagicha topiladi:

$$N_{KMnO_4} \cdot V_{KMnO_4} = N_{H_2C_2O_4} \cdot V_{H_2C_2O_4}$$

$$N_{KMnO_4} = \frac{N_{H_2C_2O_4} \cdot V_{H_2C_2O_4}}{V_{KMnO_4}} = \frac{15 \cdot 0,1001}{14,89} = 0,0501 \text{ n}$$

bu yerda: V_{KMnO_4} – titrlash uchun sarflangan $KMnO_4$ hajmi, ml;

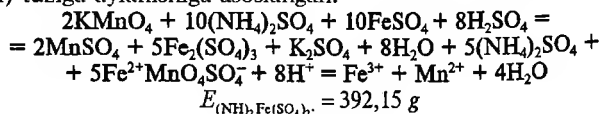
$V_{H_2C_2O_4}$ – olingan titrlash uchun shavel kislotani hajmi, ml;

N_{KMnO_4} – $KMnO_4$ – ish eritmasini normalligi, n;

$N_{H_2C_2O_4}$ – $H_2C_2O_4$ – olingan shavel kislotani normalligi (standart eritma).

14.8. Fe^{2+} miqdorini aniqlash

Permanganometriyaning muhim qo'llanishlaridan biri Fe^{2+} ionining eritmada miqdorini aniqlashdir. Mor tuzi $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ tarkibidagi Fe^{2+} ionni miqdorini aniqlashni ko'rib chiqamiz. Bu aniqlash mohiyati temir (II) tuzini $KMnO_4$ eritmasi bilan titrlashda $FeSO_4$ ni oksidlab, temir (III) tuziga aylanishiga asoslangan:



Ma'lum hajm Mor tuzi eritmasini titrlash uchun qancha permanganat eritmasi sarflanganligini ma'lum bo'lgandan so'ng KMnO_4 eritmasining normalligidan foydalanib, tekshirilayotgan eritmada qancha Fe^{2+} ioni borligini aniqlash mumkin.

Aniqlash tartibi. Mor tuzining ekvivalent massasi uning molekulyar massasiga tengligini hisobga olgan holda unday shunday miqdor tortib olinadiki, uni 250 ml sig'imli o'lchov kolbasida eritganda, 0,2 n konsentratsiyali eritma hosil bo'lsin.

Tortib olingan Mor tuzini eritish uchun kolbaning yarmiga qadar 2 n sulfat kislotasi eritmasidan qo'shiladi. Aralashmani yaxshilab chayqatib, tuz to'liq eritiladi. So'ngra kolbaning belgisigacha distillangan suv quyib, eritma yana yaxshilab aralashiriladi. Shundan so'ng titrlash boshlanadi. Titrlash oksilat kislotaning titrlashdagi kabi issiq eritmada emas, balki xona temperaturasidagi eritmada olib boriladi, chunki qizdirish natijasida Fe^{2+} ioni havo kislorodi ta'siridan oksidlanadi.

Mor tuzi eritmasidan pipetka yordamida 15,00 o'lchab olib, KMnO_4 ning eritmasi bilan titrlanadi. Oxirgi bir tomchi permanganat ta'siridan eritma och pushti rangga o'tguncha titrlash davom ettiriladi va bir-biriga mos keladigan natijalarning o'rtacha qiymati olinadi.

Misol uchun, 15,00 ml Mor tuzi eritmasini (Fe^{2+} ionini) titrlash uchun kaliy permanganatning 0,01949 n konsentratsiyali eritmasidan o'rtacha 25,54 ml sarflangan bo'lsin, u holda Mor tuzi eritmasining normal konsentratsiyasi:

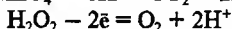
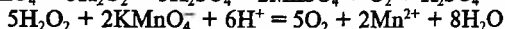
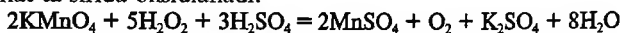
$$N_{\text{Mor tuzi}} = \frac{N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4}}{V_{\text{Mor tuzi}}} = \frac{0,01949 \cdot 25,54}{25,00} = 0,022 \text{ n}$$

$$N_{\text{Mor tuzi}} = 0,022 \text{ n}$$

Fe^{2+} ioni reaksiyada bitta elektron yo'qotganligi sababli, uning gramm-ekvivalenti gramm-atomiga, ya'ni 55,85 g ga teng. Eritmaning normal konsentratsiyasi temirning ekvivalent massasi 55,85 g ga ko'paytirilsa, 1 litr eritma tarkibidagi temir miqdori kelib chiqadi. Ammo, analiz uchun tayyorlangan eritmaning hajmi 250 ml bo'lib, undagi temirning miqdori $0,022 \cdot 55,85 \cdot 0,25 = 0,3104 \text{ g}$ ga teng.

14.9. Vodorod peroksid H_2O_2 ni aniqlash

Vodorod peroksid kislotali muhitda KMnO_4 kaliy permanganat ta'sirida oksidlanadi:



Vodorod peroksid ikkita elektron chiqarib, O_2 gacha oksidlanadi, o'zi esa qaytaruvchi bo'ladi. Binobarin H_2O_2 ning gramm-ekvivalenti quyidagiga teng:

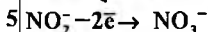
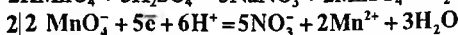
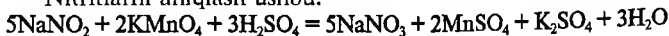
$$E_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{M \cdot m_{\text{H}_2\text{O}_2}}{2} = \frac{34 \cdot 0,1}{2} = 17,005 \text{ g}$$

Sotiladigan vodorod peroksid tarkibida 3,0 %ga yaqin H_2O_2 bo'lganligi sababli, eritma anchagina suv qo'shib suyultiriladi. Analiz qilishda esa vodorod peroksiddan aniq miqdorda tortib olinadi va uni 250 ml sig'imli o'lchov kolbada suyultirib, taxminan 0,1 n eritmaga tayyorlanadi.

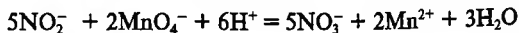
Eritmaning bir qismiga 15,00 ml ga 10 ml sulfat kislota eritmasi qo'shiladi va kaliy permanganat eritmasi bilan titrlanadi; och-pushti rangga kirguncha titrlashni 2–3 marta qaytarib, bir-biriga mos yaqin natijalarning o'rtacha qiymati olinadi va odatdagi usul bilan H_2O_2 eritmasining normalligi hisoblab chiqiladi. So'ngra tortib olingan vodorod peroksid tarkibidagi (ya'ni 250 ml eritmadagi) H_2O_2 ning umumiy miqdori topiladi.

14.10. Nitritlarni aniqlash

Nitritlarni aniqlash ushbu:

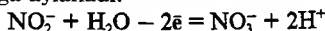


yoki



reaksiyalarga asoslangan.

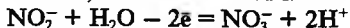
Kaliy permanganat ta'sirida nitrit anioni NO_2^- oksidlanib, nitrat ion NO_3^- ga aylanadi:



Nitritning, masalan, NaNO_2 ning ekvivalenti quyidagicha topiladi:

$$E_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{69 \cdot 1}{2} = 34,5 \text{ g}$$

Bu aniqlashning xususiyati shundaki, nitritlar kislota ishtirokida oson parchalanib, azot oksidlarini hosil qiladi:



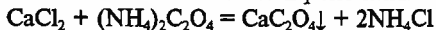
Nitritning bunday yo'qolishiga yo'l qo'ymaslik uchun titrlash tartibi o'zgartiriladi, ya'ni nitritning kislota qo'shilgan eritmasi permanganat bilan emas, balki permanganatning kislota qo'shilgan eritmasi bilan titrlanadi. Bunda nitrit ionlari permanganat eritmasiga tushishi bilan oq oksidlanib, nitrat ionlariga aylanadi va azot oksidlari hosil bo'lmaydi.

Analiz uchun tekshirilishi kerak bo'lgan nitrit eritmasidan 250 ml sig'imli kolbada suyultirilganda 0,1 n eritma hosil bo'ladigan miqdorda aniq tortib olinadi. Byuretkka olingan eritma bilan to'ldiriladi, KMnO_4 ning ish eritmasidan byuretkka yoki pipetka yordamida aniq 15,0 ml o'lchab olib, 500 ml hajmli konussimon kolbaga solinadi va ustiga taxminan shuncha hajm suyultirilgan (1 : 4) sulfat kislota eritmasi qo'shiladi. So'ngra bu eritmaga 250 ml suv qo'shib suyultiriladi va salgina qizdiriladi. Oxirgi tomchi nitrit ta'sirida eritma rangsizlanib qolguncha tayyorlab qo'yilgan nitrit eritmasi bilan titrlanadi. Titrlashni 2–3 marta qaytarib, bir-biriga yaqin keladigan natijalarning o'rtacha qiymati olinadi. So'ngra titrlash uchun sarf bo'lgan nitrit va permanganat eritmalarining hajmi hamda KMnO_4 eritmasining normalligi hisoblab chiqiladi. Topilgan normallikdan foydalanib, analiz uchun tortib olingan eritmada qancha nitrit borligi hisoblanadi va u foiz bilan ifodalanadi.

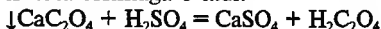
14.11. Ca^{+2} ionining eritmadagi miqdorini aniqlash

Kalsiyni permanganatometriya usulda faqat bevosita yo'llar bilangina aniqlash mumkin: buni amalga oshirishda teskari titrlash va almashtirish usullaridan foydalansa bo'ladi. aniqlashni teskari titrlash yo'li bilan olib borish uchun tekshirilayotgan eritmaga ortiqcha aniq miqdorda oksolat kislota eritmasi qo'shiladi; hosil bo'lgan cho'kma CaC_2O_4 ajratib olingandan keyin

reaksiyaga kirishmay ortib qolgan oksolat kislota permanganat bilan titrlanadi. Ayirmadan Ca^{2+} ionlarini cho'ktirish uchun qancha $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ sarf bo'lganligi aniqlanadi. Bundan Ca^{2+} ionining eritmadagi miqdori hisoblab topiladi. Ca^{2+} ionni almash-tirish yo'li bilan aniqlash uchun tekshiriladigan eritmadagi kalsiya ionlari oksolat kislota ta'sirida to'liq cho'ktiriladi:



Hosil bo'lgan CaC_2O_4 cho'kmasi filtrlab eritmadan ajratiladi, yuviladi. So'ngra cho'kma suyultirilgan sulfat kislota eritmasida eritiladi. Bunda kalsiyning miqdoriga ekvivalent miqdorda oksolat kislota eritmaga o'tadi:



Eritmadagi oksolat kislota kaliy permanganat eritmasi bilan titrlanadi:



Analiz natijasi kalsiy oksolat cho'kmasini to'liq yuvishga bog'liq. Agar cho'kma tarkibida ammoniy oksolat $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ bo'lsa, undagi $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ionlari ham ekvivalent miqdorda kaliy permanganat sarflanishiga olib keladi, natijada kalsiyning aniqlangan miqdori eritmadagi kalsiyning haqiqiy miqdoridan ko'p chiqadi.

Aniqlash tartibi. Analitik tarozida shunday miqdorda CaCl_2 tortib olinadiki, uni suvda eritib 250 ml ga qadar suyultirilganda 0,1 n eritma hosil bo'lsin. CaCl_2 ning hosil bo'lgan eritmasini yaxshilab aralashtirib, so'ngra uning ozgina qismi (masalan 15,0) pipetkada olinadi va konussimon kolbaga quyiladi. Uning ustiga 5 %li oksolat kislota eritmasidan 10 ml, 60–70 ml distillangan suv va 1–2 tomchi metiloranj qo'shiladi. Hosil bo'lgan aralashmani 70–80 °C gacha qizdirib, unga 10 %li NH_4OH eritmasidan pushti rang yo'qolguncha 1–2 tomchidan qo'shib boriladi. So'ngra kolba suv hammomida biroz qizdiriladi, keyin cho'kmali eritma tindiriladi.

Cho'kmali eritma sovigandan keyin uni filtrli voronkaga qo'yib, cho'kma eritmadan ajratiladi. Filtrdagi cho'kma distillangan sovuq suv bilan 5–6 marta yuviladi. Cho'kmani filtrlashda filtrlovchi shisha tigeldan (4-raqamli) foydalangan ma'qul, lekin qog'oz filtrdan (ko'k lenta) ham foydalanish mumkin. Filtrlash tamom bo'lgandan so'ng, kolba va filtrdagi cho'kma

sovuq distillangan suv bilan bir necha marta yuviladi. Bu bilan cho'kma reaksiyadan ortib qolgan $C_2O_4^{2-}$ ionlaridan tozalanadi. Agar cho'kma batamom tozalanmasa, bu ionlarni oksidlash uchun ortiqcha miqdorda permanganat sarf bo'ladi va natija xato chiqadi. Bundan tashqari, cho'kmaning nihoyatda ko'p suv bilan yuvish ham yaramaydi, chunki bunda CaC_2O_4 cho'kmasining bir qismi erib ketadi. Chayindi suvda Cl^- ionlari qolmasa, yuvishni to'xtatish mumkin. Cl^- ionlarining bor-yo'qligini aniqlash uchun chayindi suvdan ozgina olib, unga HNO_3 va $AgNO_3$ ta'sir ettiriladi; oq cho'kmaning hosil bo'lmasligi Cl^- ionlarining yo'qligidan darak beradi.

Yuvilgan cho'kma H_2SO_4 ning 10 %li eritmasida eritiladi. Agar cho'kma qog'oz filtrda filtrlangan bo'lsa, cho'kmani eritishdan oldin qog'oz filtr shisha tayoqcha bilan teshiladi va filtrdagi cho'kma yuvgichdagi qaynoq suv bilan yuvib tushiriladi. So'ngra filtrning sirti to'liq H_2SO_4 ning 10 %li 80–100 ml qaynoq eritmasi bilan yaxshilab yuviladi; bunda H_2SO_4 filtrga shisha tayoqcha yordamida quyiladi. Oxirida filtr yana 2–3 marta qaynoq suv bilan yuviladi. Kolbadagi cho'kma batamom erib ketguncha kolba biroz qizdirib turiladi.

CaC_2O_4 cho'kmasi sulfat kislotada erib, ekvivalent miqdorda oksolat kislotaga $H_2C_2O_4$ hosil qiladi. Bu eritma 70–80 °C gacha qizdirilib, oksolat kislotaga kaliy permanganatning standart eritmasi bilan titrlanadi. Ekvivalent nuqtasini aniqlashda 1 tomchi kaliy permanganat ta'sirida 1–2 daqiqa ichida yo'qolmaydigan och pushti rang hosil bo'lishidan foydalaniladi.

Tekshirilayotgan eritma tarkibidagi Ca^{2+} ion miqdorini hisoblashda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$g_{Ca^{2+}} = \frac{N_{KMnO_4} \cdot V_{KMnO_4} \cdot E_{Ca^{2+}}}{1000} g$$

bu yerda: N_{KMnO_4} – kaliy permanganat eritmasining normalligi;

V_{KMnO_4} – $KMnO_4$ ning hajmi, ml;

$E_{Ca^{2+}}$ – ionining ekvivalent massasi (20,04 ga teng).

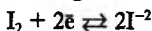
Misol uchun titrlashga 0,1001 n kaliy permanganat eritmasidan 15,60 ml sarflangan bo'lsin. Demak, 15,0 ml tekshirilayotgan eritmadan hosil bo'lgan cho'kmadagi Ca^{2+} ionlarining miqdori:

$$g_{Ca^{2+}} = \frac{0,1001 \cdot 15,60 \cdot 20,04}{1000} = 0,03129 \text{ g}$$

$$250 \text{ ml eritmada } 0,03129 \cdot \frac{250}{15} = 0,5241 \text{ g bo'ladi.}$$

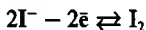
14.12. Yodometriya

Usulning umumiy tavsifi. Hajmiy analizning yodometrik usuli erkin yodning yod ionlariga va aksincha, yod ionlarining erkin yodga aylanishi bilan bog'liq bo'lgan quyidagi oksidlanish-qaytarilish jarayonlariga asoslangan:

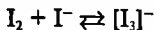


Yod barcha galogenlar singari elektronlarni oson bera oladigan moddalar (qaytaruvchilar) dan elektronlarni tortib oladi, shuning uchun erkin yod $KMnO_4$ va K_2CrO_7 lardan kuchsiz oksidlovchi hisoblanadi; $I_2/2I^-$ juftining normal (standart) oksidlanish potentsiali $+0,54 \text{ V}$.

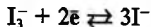
I^- ionlari elektronlarni biriktirib olishga moyil moddalar (oksidlovchilar) ga elektronlarni oson beradi, ya'ni I^- anionlari qaytaruvchilar jumlasiga kiradi:



Kristall holatdagi yod suvda kam eriydi. Shuning uchun uning KI dagi eritmasi standart eritma sifatida ishlatiladi. Yod kaliy yodid eritmasida eriganda $[I_3]^-$ ionlari hosil bo'ladi:



Yodometrik titrlashda sodir bo'ladigan reaksiyalarning prinsipial sxemasini quyidagicha tasavvur qilish mumkin:



Demak, bu sistemaning oksidlanish-qaytarilish potentsiali reaksiya kislotali muhitda sodir bo'lsa, vodorod ionlarining konsentratsiyasiga bog'liq emas.

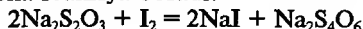
Hajmiy analizda $I_2/2I^-$ va $[I_3]/3I^-$ juftlarining oksidlanish-qaytarilish xossalariidan ikki yoqlama foydalaniladi: birinchidan, qaytaruvchi moddalarga yod eritmaları ta'sir ettirib, oksidlash orqali qaytaruvchi modda miqdorini aniqlashda foydalanilsa,

ikkinchidan yod ionlari ta'sir ettirib, qaytarish yo'li bilan oksidlovchilar miqdorini aniqlashda foydalaniladi.

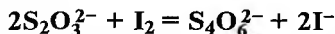
Yodometriya indikator sifatida kraxmal eritmasidan foydalaniladi. Ma'lumki, erkin yod kraxmal eritmasini zangori rangga bo'yaydi. Agar biror qaytaruvchi eritmasi kraxmal ishtirokida yod eritmasi bilan titrlansa, ekvivalentlik nuqtasiga erishilgandan so'ng eritmaga ortiqcha bir tomchi yod eritmasi qo'shilganda barqaror zangori rang paydo bo'ladi. Aksincha, yod eritmasiga kraxmal ishtirokida qaytaruvchi eritmasidan oz-oz qo'shib titrlash ham mumkin. Keyingi holatda ekvivalentlik nuqtasini aniqlashda eritmaning zangori rangining yo'qolishidan foydalaniladi.

14.13. Qaytaruvchilarni aniqlash

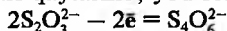
Qaytaruvchilarni aniqlash yodometriyada amalda keng qo'llaniladi. Masalan, natriy tiosulfat eritmasiga erkin yod ta'sir ettirilsa, quyidagicha reaksiya boradi:



yoki



Demak, ikkita $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ tiosulfat ionlari I_2 molekulasi bittadan, jami ikkita elektron berib, $\text{S}_2\text{O}_6^{2-}$ tetrasyonat ioniga (tetrasyonat kislotaning anioni) qadar oksidlanadi. Bunda, molekula tarkibidagi yod atomlari qaytarilib, yod ionlariga aylanadi:



$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ning gramm-ekvivalenti

$$2M \cdot m_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} : 2 = M_{\text{massa}},$$

ya'ni 248 g ga teng.

Yodning gramm-ekvivalenti uning gramm-atomiga (126,9 g ga) teng, chunki yodning har qaysi atomi qaytarilib, I^- ga aylanishda bittadan elektron oladi.

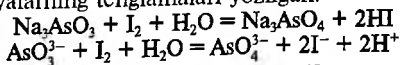
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasini yod eritmasi bilan titrlashda yod eritmasining to'q-qo'ng'ir tusi tezda yo'qoladi. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ni titrlash uchun olingan hamma eritma titrlanib bo'linganda titrlanayotgan suyuqlik bir tomchi yod eritmasi qo'shilishi bilan och sariq tusga kiradi. Demak, bu holda ham xuddi permanganatomet-

riyadagi kabi indikator ishlatmay turib titrlash mumkin. Lekin yodning titrlash oxirida namoyon bo'ladigan rangi bilinar-bilinmas bo'lishi mumkin, bu esa ekvivalentlik nuqtasining aniqlashini qiyinlashtiradi. Shu sababli indikator sifatida yod uchun nihoyatda sezgir reaktiv — kraxmal eritmasini ishlatish ancha qulaylik tug'dirdi. Ma'lumki, kraxmal yod bilan birikib, to'q ko'k tusli adsorbsion birikma hosil qiladi. Kraxmal eritmasidan foydalanilganda titrlash oxirida suyuqlikka yod eritmasidan ortiqcha bir tomchi qo'shish bilan u ko'k tusga kiradi, suyuqlikning bu tusi esa barqaror bo'ladi (o'chib ketmaydi), bunga asosanib titrlashning oxiri aniqlanadi. Kraxmal ishtirokida yod eritmasini tiosulfat eritmasi bilan titrlash ham mumkin; bunday titrlashning oxirida ko'k tusli suyuqlik bir tomchi tiosulfat qo'shish bilan rangsiz bo'lib qoladi. Agar titrlash shu tariqa olib borilsa, faqat titrlashning oxiridagina, ya'ni yoddan juda oz miqdorda qolib, titrlanayotgan eritma och-sariq tusga kirgandagina (somondek sarg'aygandagina) kraxmal eritmasini qo'shish kerak. Agar kraxmal oldinroq (ya'ni eritmada yod ko'pligida) qo'shib qo'yilsa, yod bilan kraxmal orasidagi ta'sir natijasida hosil bo'lgan kimyoviy birikma tiosulfat bilan reaksiyaga sust kirishadi; shu sababli tiosulfat eritmasi keragidan ortiqcha qo'shilib qoladi, boshqacha aytganda yod eritmasi o'ta titrlanib qoladi.

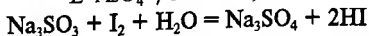
Yod eritmasining normalligi va titrlash uchun sarf bo'lgan yod hamda tiosulfat eritmalarining hajmini bilsak, tiosulfat eritmasining normalligini va titrini hisoblab chiqarish mumkin. Aksincha, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasining normalligi n yoki titri ma'lum bo'lsa, yod eritmasining normalligi va titrini topish mumkin.

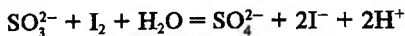
I_2 ni I^- ga qadar qaytara oladigan bir qator qaytaruvchilarni ham shu tariqa aniqlasa bo'ladi. Masalan H_2SO_3 ning tuzlari HSbO_3 va H_3AsO_3 ning tuzlari, erkin H_2S , SnCl_2 va boshqa moddalar ana shunday qaytaruvchilar jumlasiga kiradi.

Quyida bu moddalarni yod bilan titrlash vaqtida sodir bo'ladigan reaksiyalarning tenglamalari yozilgan.

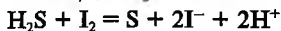


$$E^\circ \text{AsO}_4^{3-} / \text{As}^+ = +0,57 \text{ V}$$

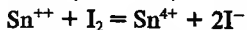




$$E^0 \text{SO}_4^{2-} / \text{SO}_3^{2-} = +0,22 \text{ V}$$



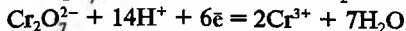
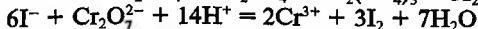
$$E^0 \text{S} / \text{S}^{2-} = -0,51 \text{ V}$$



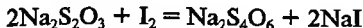
$$E^0 \text{Sn}^{4+} / \text{Sn}^{2+} = +0,51 \text{ V}$$

14.14. Oksidlovchilarni aniqlash

Oksidlovchilarni yodometrik usulda aniqlash ham ko'p qo'llaniladi. Bu usul qaytaruvchilarni aniqlash usulidan farqlanadi. Tekshirilayotgan oksidlovchi eritmasiga ko'p miqdorda KI eritmasidan qo'shiladi, reaksiya natijasida kislota muhitda oksidlovchi kaliy yodididan ekvivalent miqdorda erkin yod ajralib chiqadi:



Ajralib chiqqan erkin yod kraxmal ishtirokida natriy tiosulfat eritmasi bilan titrlanadi:



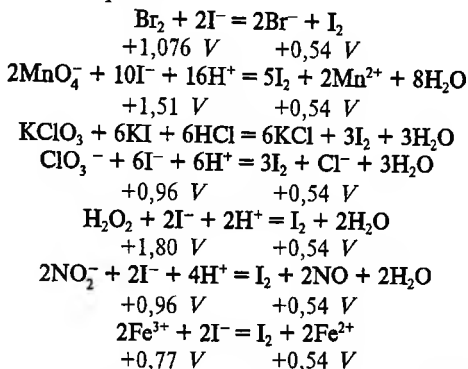
Avval aytilganidek, ajralib chiqqan yodni titrlash uchun sarflangan natriy tiosulfat miqdori oksidlovchining olingan miqdoriga ekvivalentdir. Tekshirilayotgan eritma tarkibidagi oksidlovchining normal konsentratsiyasi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

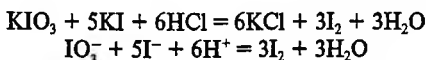
$$N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}$$

I⁻ ning I₂ ga qadar oksidlay oladigan juda ko'p oksidlovchilarning miqdorini yodometrik usulda aniqlash mumkin. bular qatoriga xlorli ohak tarkibidagi bromni, mis tuzlari tarkibidagi qotishmalar va rudalar tarkibidagi misni, xromatlar va bixromatlar tarkibidagi xromni, marganes birikmalari tarkibidagi marganesni aniqlash kiradi.

Yodometrik aniqlashda asos bo'lgan reaksiyalarning tenglamalarini ko'rib chiqamiz:



Kislotalarni aniqlash. Yodometrik usuldan yuqorida ko'rib o'tilgan qaytaruvchi va oksidlovchilarni aniqlashdan tashqari, kislota va asoslarni aniqlashda ham foydalansa bo'ladi. Masalan,



Tenglamalardan ko'rinib turibdiki, reaksiya natijasida H^+ ionlari sarflanib, ekvivalent miqdorida erkin yod ajralib chiqadi. Ajralib chiqqan erkin yod $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasi bilan titrlanadi. Sarf bo'lgan tiosulfat eritmasining normalligi va hajmidan xlorid kislota eritmasining normalligi va titrini aniqlash mumkin.

Yodometrik aniqlashni o'tkazish shartlari:

1. $\text{I}_2/2\text{I}^-$ juftning oksidlash potentsiali u qadar katta emasligini, demak, yodometrik reaksiyalar qaytar reaksiyalar bo'lib, oxiriga qadar bormasligini va maxsus sharoit yaratilgandagina amalda oxirigacha borishi mumkinligini unutmaslik kerak.

2. Yod uchuvchan modda bo'lganligi uchun titrlash sovuq eritmalarida o'tkaziladi; bundan tashqari temperatura ko'tarilganda kraxmalning indikatorlik sifati pasayadi. Agar bir tomchi yod qo'shib ko'kartirilgan kraxmal eritmasi qizdirilsa, ko'k tus yo'qoladi, sovutilganda esa ko'k tus yana paydo bo'ladi.

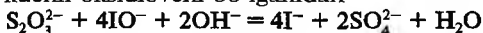
3. Yodometrik titrlashni kuchli ishqoriy muhitda olib borib bo'lmaydi, chunki bunda yod ishqor bilan reaksiyaga kirishadi:



yoki

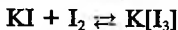


Bu reaksiyada hosil bo'ladigan gipoyodid IO^- ionlar I_2 ga qaraganda kuchli oksidlovchi bo'lganidan

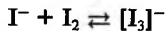


Tenglamaga muvofiq tiosulfatni qisman sulfatga qadar oksidlaydi. Shuning uchun yodometrik titrlashda gapoyodid ishtirok etishiga yo'l qo'ymaslik lozim.

4. Yod suvda kam eruvchan modda bo'lganligi sababli oksidlovchilarni yodometrik titrlashda KI dan anchagina mo'l ishlatishga to'g'ri keladi. Bu tadbir reaksiya vaqtida ajralib chiqadigan yodning erib ketishiga sabab bo'ladi, chunki yod KI bilan birikib, barqaror kompleks tuz $\text{K}[\text{I}_3]$ hosil qiladi.



yoki

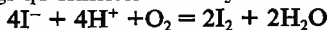


$\text{K}[\text{I}_3]$ ning hosil bo'lishi yodni tiosulfat bilan titrlashga xalaqit bermaydi, yuqorida yozilgan reaksiya qaytar reaksiya bo'lganligi uchun $\text{K}[\text{I}_3]$ ning eritmasida yetarli miqdorda erkin yod bo'ladi. Erkin yod tiosulfat bilan reaksiyaga kirishgan sari I_2 va $[\text{I}_3]^-$ ionlari orasidagi muvozanat buzila borib, eritmada I^- ning yangi miqdori paydo bo'ladi.

Bundan tashqari KI ning mo'l bo'lishi aniqlanayotgan oksidlovchi bilan I^- ionlari orasidagi reaksiyaning tezlanishiga va kerakli yo'nalishida to'laroq borishiga yordam beradi.

5. Ko'p miqdorda KI va kislota qo'shilsada, aniqlanayotgan oksidlovchi bilan I^- ionlari orasidagi reaksiya, odatda, yetarli tezlikka ega bo'lmaydi. Shuning uchun KI eritmasiga oksidlovchi qo'shilgandan keyin birmuncha vaqt kutib turiladi va so'ngi reaksiya vaqtida ajralib chiqqan yodni titrlashga kirishiladi.

6. Titrlash oldidan reaksion aralashmani qorong'i joyda saqlash kerak, chunki yorug'lik I^- ionlari bilan havo kislorodi orasida bo'ladigan quyidagi qo'shimcha reaksiyani tezlatib yuboradi:



Indikator sifatida ishlatiladigan kraxmal eritmasini tayyorlash. Kraxmal suvda erimaydi. Ammo kraxmalning suvdagi suspenziyasini 85–90 °C gacha qizdirish yo‘li bilan uning kolloid eritmasini hosil qilish mumkin. Ana shu kolloid eritma yodometriyada indikator sifatida ishlatiladi.

Kraxmal eritmasini tayyorlash uchun «eruvchan kraxmal», deb ataladigan kraxmaldan taxminan 0,5 g tortib olinadi va unga bir necha millilitr (masalan, 5 ml) distillangan suv qo‘shib, yaxshilab chayqatiladi yoki shisha tayoqcha bilan aralashtiriladi. Hosil bo‘lgan loyqa (suspensiya) stakanda qaynab turgan 100 ml suvga solinadi. Shundan so‘ng eritma 2 daqiqa davomida (eritma tiniq holga kelguncha) qaynatilib, issiqligicha filtrlanadi. Filtrat titrlash vaqtida indikator sifatida ishlatiladi.

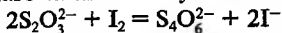
Kraxmal eritmasi mikroorganizmlarni oziqlantiruvchi muhit bo‘lib, tez buzilib qolishini ham nazarda tutish kerak. Agar kraxmal eritmasini tayyorlashda unga bir necha milligramm HgI_2 , qo‘shilsa, ancha barqaror eritma hosil bo‘ladi.

Indikator eritmasining to‘g‘ri tayyorlanganligini tekshirib ko‘rish shart. Buning uchun 2–3 ml kraxmal eritmasi 50 ml distillangan suvga solinadi, unga yodning 0,02 n eritmasidan bir tomchi tomizilganda zangori rang paydo bo‘lishi kerak. Agar bu vaqtda eritma ko‘karmay, binafsha yoki qo‘ng‘ir tusga kirs, kraxmal eritmasi aynigan bo‘ladi, bunday eritmani indikator sifatida ishlatib bo‘lmaydi.

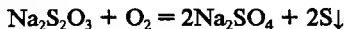
14.15. Natriy tiosulfatning foizli eritmasidan uning 0,02 n eritmasini tayyorlash

Natriy tiosulfat $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ kristall moddadir. Garchi tegishli sharoit yaratilganda tiosulfat kimyoviy toza holda olin-sada, aniq tortim bo‘yicha tiosulfatdan titrlangan eritma tayyorlab bo‘lmaydi, chunki uning kristallari havo ta‘sirida o‘zgargan bo‘lishi mumkin. Shuning uchun ham avvalo natriy tiosulfatning taxminiy normal konsentratsiyasi biror oksidlovchi yordamida aniqlanadi.

Natriy tiosulfatning ekvivalent massasini aniqlash uchun uning yod bilan o'zaro ta'siri reaksiyasidan foydalaniladi:



Suvdagi eritmalarda tiosulfat kislorod va karbonat anhidrid ta'sirida parchalanadi:



$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ning 5 %li eritmasidan 0,02 *n* eritma tayyorlash uchun quyidagicha hisob qilinadi:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ } n \text{ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} & 248,21 \text{ g } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ bor.} \\ 0,02 \text{ } n \text{ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} & x \text{ g } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ bor.} \end{array}$$

$$x = \frac{0,02 \cdot 248,21}{1} = 5,96 \text{ g}$$

1000 *ml* da 5,96 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ erigan.

250 *ml* da *x* g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ erigan.

$$x = \frac{250 \cdot 5,96}{1000} = 1,49 \text{ g}$$

5 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ erigan 100 *ml*.

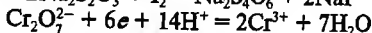
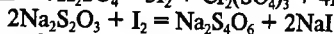
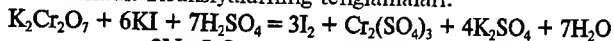
1,49 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ erigan *x* *ml*

$$x = \frac{1,49 \cdot 100}{5} = 29,8 \text{ g}$$

Demak, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ning 5 %li eritmasidan taxminan 3,0 *ml* olib, 250 *ml* li kolbada (ya'ni distillangan sovuq suvda) eritiladi. Eritmani barqarorlashtirish uchun uning 1 litriga 0,1 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ qo'shiladi va yaxshilab aralashtiriladi. Eritmaning hajmi o'lchov kolbasining belgisiga qadar etkaziladi va yana chayqatiladi. Kolbaning og'zi tiqin bilan berkitiladi va qora qog'oz o'rab navbatdagi darsga qoldiriladi.

Natriy tiosulfat eritmasining normal konsentratsiyasini kaliy bixromat bo'yicha aniqlash. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ning oksidlanish potentsiali katta qiymatga ega $E^0 = +1,36 \text{ V}$ bo'lganligidan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ni ($E^0 = +1,36 \text{ V}$) bevosita oksidlashi mumkin, lekin bu reaksiya murakkab holatda boradi va uni birgina tenglama bilan ifodalab bo'lmaydi. Buning uchun titrini aniqlashda oksidlovchilarni yodometrik titrlashga oid umumiy prinsipidan foydalaniladi: avval KI bilan H_2SO_4 aralashmasiga $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ning aniq hajmdagi titrlangan eritmasi ta'sir ettiriladi, bu vaqtda bixromat reak-

siyaga kirishib, ekvivalent miqdorda erkin yodni ajratib chiqaradi, hosil bo'lgan bu yod tekshirilayotgan tiosulfat eritmasi bilan titrlanadi. Reaksiyalarning tenglamalari:



$$E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{M \cdot m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{6} = 49,03 \text{ g}$$

K₂Cr₂O₇ ning titrlovchi eritmasini tayyorlash. Kaliy bixromatning gramm-ekvivalenti 49,03 g ekanligidan foydalanib, K₂Cr₂O₇ ning 0,02 n eritmasidan 250 ml tayyorlash uchun qancha kaliy bixromat tortib olish kerakligini hisoblab chiqamiz:

$$g_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{1000}$$

$$g_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{250 \cdot 0,02 \cdot 49,03}{1000} = 0,2460 \text{ g}$$

Odatdagi usulga muvofiq analitik tarozida K₂Cr₂O₇ dan 0,2460 g tortib olib, 250 ml sig'imli o'lchov kolbasiga solinadi; unga suv solib eritib, kolbaning belgisiga qadar suv qo'shish bilan suyultiriladi, eritma yaxshilab aralashtiriladi. Tayyorlangan eritmaning normalligi titr orqali quyidagicha hisoblab topiladi:

$$T_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{0,2460}{250} = 0,00984 \text{ g/ml}$$

Titrlash. Toza yuvilgan byuretka tayyorlangan Na₂S₂O₃ eritmasi bilan to'ldiriladi, suyuqlikning sathi byuretkaning nol belgisigacha keltiriladi. Konussimon kolbaga menzurka bilan o'lchab KI ning 10 %li eritmasidan taxminan 10 ml va H₂SO₄ ning 2 n eritmasidan 10–15 ml solinadi. Tayyorlangan eritmaga pipetka yordamida K₂Cr₂O₇ eritmasidan bir qismi – 15,0 ml qo'shiladi va yod uchi ketishining oldini olish uchun kolbaning og'zini soat oynasi bilan berkitib, aralashmani reaksiya tugaguncha, ya'ni 5 daqiqa qorong'i joyga (laboratoriya shkafi ichiga) tinch qo'yib qo'yiladi. Keyin kolbani og'zini ochib, tayyorlangan natriy tiosulfat eritmasi bilan asta-sekin titrlanadi. Avval indikator ishlatmasdan titrlanadi. Na₂S₂O₃ eritmasining ko'k tusi och yashil tusga aylanguncha titrlash davom ettiriladi. Na₂S₂O₃ ning oxirgi tomchilarini asta-sekin qo'shiladi; har qaysi tomchi qo'shilganda eritma yaxshilab chayqatib turiladi.

Qancha $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasi ketganligi yozib qo'yiladi va titrlashning aniqlik darajasi tekshirib ko'riladi; buning uchun titrlangan eritmaga $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ning oldin titrlangan eritmasidan bir tomchi qo'shiladi; agar eritma o'ta titrlanmagan bo'lsa, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ eritmasidan bir tomchisining ta'siri ostida eritma yana barqaror ko'k tusga kiradi.

Aniq titrlash 2-3 marta takrorlanadi. Bir-biriga yaqin (ya'ni bir-biridan 0,1 ml dan ko'p farq bo'lmagan) natijalarning o'rtacha qiymati olinadi.

Hisoblash. Bu analizda $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ va $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bir-biri bilan reaksiyaga bevosita kirishmasa ham, ularning miqdorlari o'zaro ekvivalentdir.

Bixromatning normalligi va sarf bo'lgan eritmalarning hajmlari ma'lum bo'lganidan keyin

$$N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

formuladan foydalanib, tiosulfat eritmasining normalligi hisoblab topiladi.

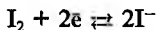
$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}$$

bu yerda: $V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ — $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ning o'rtacha olingan 10 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ni titrlash uchun sarflangan hajmi.

14.16. Yod eritmasini tayyorlash

Yodning titrlangan eritmasi ikki usulda tayyorlanadi.

1. Kristall holdagi kimyoviy toza yod namunasidan (tortib olingan miqdoridan) foydalanib. 2. Sotiladigan yoddan foydalanib tayyorlanishi mumkin. Ikkinchi usulda tayyorlangan eritmaning titrini aniqlash uchun odatda, tiosulfatning titrlangan eritmasidan foydalaniladi.



$$E_{\text{I}_2} = \frac{M \cdot m_{\text{I}_2}}{2} = 127,0 \text{ g}$$

Kimyoviy toza yod namunasidan foydalanib yod eritmasini tayyorlash. Sotiladigan yodga xlor, yodning boshqa galogenlar bilan hosil qilgan birikmalari va gigroskopik suv aralashgan bo'-

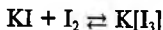
ladi. Agar qattiq yod qizdirilsa, u suyuqlanmay turib, bug' holatiga o'tadi. Hosil bo'lgan bug' idishning sovuq qismiga kondensatlanib, yod kristallariga aylanadi. Qattiq jismning ana shu tarzda suyuq faza hosil qilmay bug'lanishi sublimatlanish deyiladi. Analiz uchun zaruriy kimyoviy toza yod sublimatligi yo'li bilan olinadi. Ayni holda yodning 0,02 n eritmasidan 250 ml tayyorlash uchun

$$g_{I_2} = \frac{N_{I_2} \cdot V_{I_2} \cdot E_{I_2}}{1000}$$

$$g_{I_2} = \frac{0,02 \cdot 250 \cdot 127,0}{1000} = 0,6 \text{ g}$$

Toza yodni tarozida tortishda byuksga solib tortish lozim.

Yod suvda yaxshi erimaganligi uchun u KI ning to'yingan eritmasida eritiladi, bunda quyidagi tenglamaga muvofiq qizil-qo'ng'ir tusli va suvda eruvchan kompleks birikma $K[I_3]$ hosil bo'ladi:



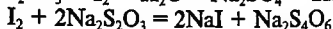
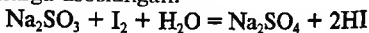
Yod eritmasining titrini aniqlash uchun byuretkada yod eritmasi bilan to'ldiriladi. $Na_2S_2O_3$ ning titrlanayotgan eritmasidan konussimon kolbaga pipetka (yoki byuretkada) yordamida 15,0 ml solinadi, uning ustiga 1–2 ml kraxmal eritmasidan qo'shiladi, so'ngra bu aralashma yod eritmasi bilan titrlanadi. Titrlashni oxirgi tomchi yod eritmasi qo'shganda, suyuqlik barqaror ko'k tusga o'tguncha davom ettiriladi.

Titrlash yana 1–2 marta takrorlanadi va bir-biriga yaqin keladigan natijalarning o'rtacha qiymati olinadi. $Na_2S_2O_3$ ning normalligi ma'lumligidan foydalanib, yod eritmasining normalligi hisoblab topiladi:

$$N_{I_2} = \frac{N_{I_2} \cdot V_{I_2}}{V_{I_2}}$$

14.17. Natriy sulfitni aniqlash

$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ tarkibidagi Na_2SO_3 miqdorini aniqlash quyidagi reaksiyalarga asoslangan:



Yod bilan ko'pchilik qaytaruvchilar orasidagi reaksiyalar sekin boradi, ayniqsa, titrlash oxirida, ya'ni qaytaruvchining konsentratsiyasi kamayib qolgan paytda reaksiya juda sustlashib ketadi. Natijada qaytaruvchi bilan reaksiyaga kirishmay qolgan yod ekvivalentlik nuqtasiga yetmasdan avvalroq kraxmalni ko'ktusga bo'yaydi va aniqlash natijasi noto'g'ri chiqadi. Titrlash vaqtida titrlanayotgan qaytaruvchining havo kislorodi bilan qisman oksidlanishi ham analiz natijasini o'zgartiradi. Shu sababli qiyinchiliklarni bartaraf qilish maqsadida teskari titrlash usulidan foydalaniladi. Bunda aniqlanayotgan qaytaruvchi Na_2SO_3 ortiqcha miqdordagi aniq o'lchab olingan ma'lum titrli yod eritmasi bilan ishlanadi va reaksiyaga kirishmay ortib qolgan yod tiosulfat eritmasi bilan titrlanadi.

Analiz tartibi. Analiz qilinishi kerak bo'lgan $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan shunday miqdorda tortib oliniki, uni 250 ml sig'imli kolbada eritganingizda taxminan 0,02 n eritma hosil bo'lsin. Tortib olingan tuzning hammasini 250 ml sig'imli kolbaga solib, suvda eritiladi va kolbaning belgisigacha suv qo'shib yaxshilab aralash-tiriladi. Shu yo'l bilan tayyorlanagan eritmadan pipetka bilan 25,0 ml olib, unga byuretk (yoki pipetka)da aniq o'lchab olingan 40–45 ml ma'lum titrli yod eritmasidan qo'shiladi. Bir necha daqiqa o'tgandan so'ng ortib qolgan yod tiosulfat eritmasi bilan och sariq rangga kirguncha titrlanadi. Keyin 2–3 tomchi kraxmal qo'shiladi, bunda eritma to'q tusga kiradi. Shundan so'ng yana $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasi bilan titrlash davom ettiriladi. Qo'shilgan natriy tiosulfatning oxirgi 2–3 tomchisi ta'sirida eritma to'q rangini yo'qotadi, rangsizlanadi. Aniq titrlash eng kamida ikki-uch marta takrorlanadi. Bir-biriga yaqin keladigan natijalarning o'rtacha qiymati olinadi.

Hisoblash. Faraz qilaylik, tarozida tortib olingan tuz 250 ml sig'imli o'lchov kolbasida eritildi, olingan tekshirilayotgan eritmaning 25,0 ml ga 0,1986 n yod eritmasidan 40,0 ml qo'shiladi va uni qayta titrlash uchun 0,02115 n $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasidan 15,80 ml sarf qilindi.

Qayta titrlash uchun sarf bo'lgan 15,80 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasi qancha hajm (V) yod eritmasiga muvofiq kelishini hisoblaymiz:

$$V \cdot 0,01986 = 15,80 \cdot 0,02115$$

$$V = \frac{15,80 \cdot 0,02115}{0,01986} = 16,83 \text{ ml}$$

Demak, 40 ml yod eritmasining faqat 40–16, 83=23, 17 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ bilan reaksiyaga kirishish uchun sarf bo'lgan. Bunga asoslanib odatdagi usulda $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasining normalligi va miqdori hisoblab topiladi.

14.18. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar, mashqlar va masalalar

1. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari bilan almashinish reaksiyalari orasida qanday farq bor? Oksidlanish-qaytarilish nimadan iborat?

2. Oksidlanish potentsiali qanday aniqlanadi? Nernst tenglamasini yozing?

3. Mn^{2+} ionlarining konsentratsiyasi:

a) 2 g · ion/l;

b) 0,005 g · ion/l bo'lgandagi, Mn^{2+}/Mn juftining oksidlanish potensialini hisoblab toping.

4. Oksidlanish-qaytarilish titrlash indikatorlarini aytib bering.

5. Oksidlovchi va qaytaruvchining ekvivalentlari qanday hisoblab topiladi?

6. Permanganatometriya usuli uchun kerakli titrlangan eritmalar tayyorlashda dastlabki moddalar sifatida nimalar qo'llaniladi?

7. a) $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$;

b) $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

tenglamalarni yozib, reaksiyalarda KMnO_4 ning ekvivalentlarini hisoblab chiqing.

8. Oksolat kislota $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ eritmasining 2,5 ml ni titrlash uchun 35 ml KMnO_4 eritmasi sarflangan.

$T_{\text{MnO}_4} = 0,002792 \text{ g/ml}$ oksolat kislota eritmasining normalligini toping.

9. 25 ml 0,1 n $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ eritmasini titrlash uchun

KMnO₄ eritmasidan necha *ml* kerak bo'ladi? ma'lumki bu eritmaning kalsiy bo'yicha titri $T_{\text{KMnO}_4/\text{Ca}^{+2}} = 0,00125 \text{ g/ml}$.

10. H₂C₂O₄ · 5H₂O ning I₂ bilan reaksiyasida uning ekvivalent massasi topilsin.

11. H₂C₂O₄ · 5H₂O eritmasini qanday sharoitda saqlash kerak?

12. Nima uchun yodometrik titrlashni ishqoriy muhitda olib borish mumkin emas?

13. Oksidlovchilarni yodometrik titrlashning mohiyati nimadan iborat?

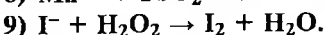
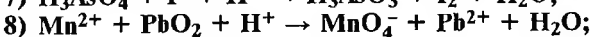
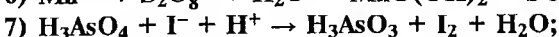
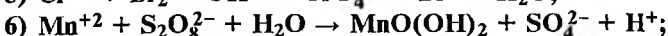
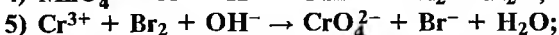
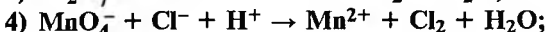
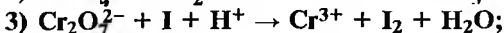
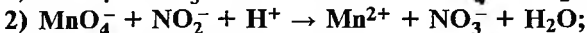
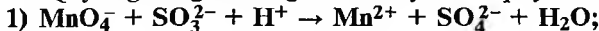
14. Yodometrik usulda qaytaruvchilar qanday aniqlanadi?

15. Nima uchun oksidlovchilarni titrlashda mo'l miqdorda KI qo'shiladi?

16. 0,2540 g yod bilan 40 *ml* H₂C₂O₄ · 5H₂O qoldiqsiz reaksiyaga kirishgan. H₂C₂O₄ · 5H₂O eritmasining titri va normalligi topilsin.

17. 25 *ml* xlorli suv bilan reaksiyaga kirishganda ajralib chiqadigan xlorni titrlash uchun 0,0800 *n* H₂C₂O₄ · 5H₂O eritmasidan 20,1 *ml* sarf bo'lgan. Ana shu xlor suvning 1 litrida necha gramm xlor borligini toping.

18. Quyidagi tenglamalarga koeffitsiyentlar qo'yib chiqing:



Masalalar yechishga misollar

1-masala.

1,5 l taxminiy 0,005 *n* KMnO₄ eritmasini (kislotali muhitda permanganatometrik aniqlash usuli uchun) tayyorlashda necha gramm kaliy permanganat kerak.

Yechish:

1. Eritma tayyorlash uchun torma holatni hisoblashga misol

$$2. n = \frac{g_{\text{KMnO}_4}}{E_{\text{KMnO}_4}} = \frac{V_{\text{KMnO}_4} \cdot N_{\text{KMnO}_4}}{1000};$$

$$E_{\text{KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{5} = \frac{158}{5} = 31,6 \text{ g};$$

$$g_{\text{KMnO}_4} = \frac{1500 \cdot 0,05 \cdot 31,6}{1000} = 2,37 \text{ g}.$$

Demak, berilgan eritmani tayyorlash uchun 2,37 g KMnO_4 kerak.

2-masala.

Kislotali va neytral sharoitda $T = 0,006320 \text{ g/m}^3$ bo'lgan (MnO_2 ni Mn^{2+} gacha qaytariladi) KMnO_4 eritmasining normalligini aniqlang?

Yechish.

1. Eritmaning konsentratsiyasini hisoblashga misol.

$$n = \frac{T \cdot V}{E} = \frac{N \cdot V}{1000}; \quad N = \frac{T \cdot 1000}{E};$$

$$E_{1\text{KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{5} = \frac{158}{5} = 31,60 \text{ (Mn}^{2+} \text{ qaytariladi);}$$

$$E_{2\text{KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{3} = \frac{158}{3} = 52,66 \text{ (MnO}_2 \text{ qaytariladi);}$$

$$N_1 = \frac{0,006320 \cdot 1000}{31,60} = 0,2000 \text{ n};$$

$$N_2 = \frac{0,006320 \cdot 1000}{52,66} = 0,1200 \text{ n}.$$

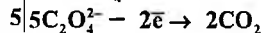
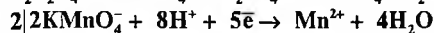
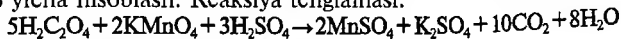
Berilgan eritmalarini normalligi $N_1 = 0,2000 \text{ n}$, $N_2 = 0,1200 \text{ n}$.

3-masala.

Agar 0,1035 g tortilgan shavel kislota ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ga 25,00 ml KMnO_4 eritmasi sarflansa, KMnO_4 eritmasining titri va normalligini aniqlang?

Yechish:

1. Eritmaning konsentratsiyasini oksidimetriya reaksiyasi bo'yicha hisoblash. Reaksiya tenglamasi:



$$N_{\text{KMnO}_4} = \frac{0,1036 \cdot 1000}{2,500 \cdot 63} = 0,06570 \text{ n};$$

$$T_{\text{KMnO}_4} = \frac{0,1035 \cdot 31,6}{25,00 \cdot 63} = 0,002070 \text{ g/ml}.$$

Berilgan eritmani quyidagi KMnO_4 eritmasini normalligi va titri bo'lad: $N_{\text{KMnO}_4} = 0,06570 \text{ n}$, $T_{\text{KMnO}_4} = 0,002070 \text{ g/ml}$.

«Oksidlanish-qaytarilish titrlash usuli» mavzusi bo'yicha tayyorlanish uchun dasturiy savollar

1. Shavel kislotasi bilan KMnO_4 ni kislotali sharoitda titrlaganda, uning gramm-ekvivalenti nechaga teng? ($M_{\text{KMnO}_4} = 158$) (Reaksiya tenglamasini yozing).

1. $M_{\text{KMnO}_4} = 158$; 2. $\frac{M_{\text{KMnO}_4}}{2} = 79$; 3. $\frac{M_{\text{KMnO}_4}}{3} = 52,66$;
4. $\frac{M_{\text{KMnO}_4}}{4} = 39,50$; 5. $\frac{M_{\text{KMnO}_4}}{5} = 31,60$.

2. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

reaksiyasida kaliy permanganatning gramm-ekvivalenti nechaga teng? (elektron tenglamasini yozing) ($M_{\text{KMnO}_4} = 158$).

1. 26,33 2. 31,60 3. 52,66 4. 79,00 5. 158

3. Temir (II) ionining kislotali muhitda KMnO_4 bilan reaksiyasida gramm-ekvivalenti nechaga teng? (Reaksiya tenglamasini yozing) ($A_{\text{Fe}^{2+}} = 55,85$).

1. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{5}$; 2. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{4}$; 3. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{2}$; 4. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{3}$; 5. $A_{\text{Fe}^{2+}}$

4. Kaliy yodid gramm-ekvivalenti, kaliy dixromat bilan kislotali sharoitdagi reaksiyasida nechaga teng? (Reaksiya tenglamasini yozing) ($M_{\text{KI}} = 166$).

1. $\frac{M_{\text{KI}}}{6}$; 2. $\frac{M_{\text{KI}}}{4}$; 3. $\frac{M_{\text{KI}}}{3}$; 4. $\frac{M_{\text{KI}}}{2}$; 5. M_{KI} .

5. Natriy tiosulfat yod bilan reaksiyasida uning gramm-ekvivalenti nechaga teng? (Reaksiya tenglamasini yozing) ($M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 248$).

1. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{6}$;
2. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{5}$;
3. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{3}$;
4. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{2}$;
5. $M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$.

6. Kislotali muhitda kaliy bixromat kaliy yodid bilan ta'sirlashganda uni gramm-ekvivalenti nechaga teng? (Reaksiya tenglamasini yozing) ($M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 294,19$).

1. $M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$;
2. $\frac{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{2}$;
3. $\frac{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{3}$;
4. $\frac{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{5}$;
5. $\frac{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{6}$.

7. Yodni natriy tiosulfat bilan reaksiyasida uning gramm-ekvivalenti nechaga teng? (Reaksiyaning elektron tenglamasini yozing) ($M_{\text{I}_2} = 254$).

1. $\frac{M_{\text{I}_2}}{4}$;
2. $\frac{M_{\text{I}_2}}{3}$;
3. $\frac{3M_{\text{I}_2}}{4}$;
4. $\frac{M_{\text{I}_2}}{2}$;
5. M_{I_2} .

8. Kislotali sharoitda kaliy bixromat bilan reaksiyasida temir (II) ning gramm-ekvivalenti nechaga teng? (Reaksiya tenglamasini yozing) ($A_{\text{Fe}^{2+}} = 55,85$).

1. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{6}$;
2. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{4}$;
3. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{3}$;
4. $\frac{A_{\text{Fe}^{2+}}}{2}$;
5. $A_{\text{Fe}^{2+}}$.

9. Kislotali muhitda KMnO_4 titrlanib Mn^{2+} gacha qaytarilganda eritmaning rangi qanday bo'ladi?

1. Rangsiz;
2. Malina rang;
3. Siyoh rang;
4. Qizil;
5. Qo'ng'ir.

10. Permanganometriya usulida kaytaruvchilarning titrlash oxirini (tugashini) qaysi ko'rinishda aniqlanadi. (Fe^{2+} , H_2O_2 , MnO_2).

1. Indikator fenoltalein yordamida;

2. Indikator difenilamin yordamida;
3. Titrlanayotgan eritmaning rangini o'zgarماسligi;
4. Titrlanayotgan eritma rangining o'zgarishida;
5. Kraxmal indikator yordamida.

11. Shavel kislota eritmasi bilan kaliy permanganatni kislotali muhitda quyidagi reaksiyasi bo'yicha titrlash oxirida qanday rang hosil bo'ladi: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

1. Malina-siyoh rang;
2. Rangsiz;
3. Qizil rang;
4. Sariq rang;
5. Qo'ng'ir rang.

12. Quyidagi qaysi indikator yod eritmasini natriy tiosulfat eritmasi bilan titrlash oxirini aniqlash uchun ishlatiladi?

1. Kraxmal indikator;
2. Difenilamin indikator;
3. Fenolftalein indikator;
4. Metiloranj indikator;
5. Hech qaysi.

13. Yod eritmasini natriy tiosulfat standart eritmasi bilan indikator sifatda kraxmal qo'llab titrlaganda reaksiya oxirida qanday rang hosil bo'ladi?

1. Och sariq;
2. To'q ko'k;
3. Rangsiz;
4. Sariq;
5. Och ko'k

14. Kraxmal nima bilan rang beradi?

1. Tetrasyonat $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ionlari bilan;
2. Tiosulfat $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ionlari bilan;
3. Yod ionlari bilan;
4. Yod I_2 molekulasini bilan;
5. Ko'rsatilgan barcha ionlar bilan.

15. Yodometriya usulida qanday indikator qo'llaniladi?

1. Metiloranj;
2. Fenolftalein;
3. Difenilamin;
4. Kraxmal;
5. Hech qanday.

16. Yodometriya usuli qanday muhitda olib boriladi?

1. Kuchsiz kislotali. neytral yoki kuchsiz asosli pH = 6–8;
2. Kuchli ishqoriy pH = 11–14;
3. Kuchsiz ishqoriy pH = 8–10;

4. Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;

5. Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$.

17. Misni yodometriya usulida aniqlash qaysi usulda olib boriladi?

1. To'g'ri;

2. Almashinish;

3. Teskari;

4. Bilvosita;

5. To'g'ri, teskari.

18. Quyidagi qaysi reagent kaliy permanganat standart eritmasining normalligini aniqlash uchun aniqlovchi hisoblanadi?

1. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — natriy tetraborat;

2. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ — kaliy dixromat;

3. NaCl — natriy xlorid;

4. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — mor tuzi;

5. $\text{H}_2\text{C}_4\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — shavel kislota.

19. Qaysi modda yod eritmasining normalligini aniqlash uchun qo'llaniladi?

1. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — natriy tiosulfat;

2. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — natriy tetraborat;

5. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ — kaliy dixromat;

4. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — magniy sulfat;

5. $\text{H}_2\text{C}_4\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — shavel kislota.

20. Natriy tiosulfat standart eritmasining normalligini aniqlashda, qaysi modda qo'llaniladi?

1. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

2. NaCl ;

3. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;

4. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;

5. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

21. Nima uchun natriy tiosulfat eritmasining titri uzoq saqlanganda o'zgaradi?

1. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasi yorug'lik ta'sirida parchalanadi;

2. $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ eritmasi suv ta'sirida parchalanadi;

3. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasi titrli CO_2 va O_2 havo ta'sirida o'zgaradi;

4. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ havo kislorodi oksidlaydi;

5. Suvda erigan $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{S}\downarrow$, CO_4 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ bilan ta'sirlashadi?

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3 + \text{NaHSO}_4 + \text{S}\downarrow$

22. Natriy tiosulfat eritmasining titri qanday aniqlanadi? (Reaksiya tenglamasini yozing).

1. $K_2Cr_2O_7$ bilan kislotali muhitda to'g'ri titrlash usulida;
2. $K_2Cr_2O_7$ bilan kislotali muhitda, kraxmal indikatorini ishtirokida;
3. $K_2Cr_2O_7$ bilan kislotali muhitda teskari titrlash usulida;
4. Yod ishtirokida ishqoriy muhitda to'g'ri titrlash usulida;
5. $Na_2S_2O_3$ eritmasi tayyorlangach, kaliy dixromatda kislotali sharoitda 8–14 kun saqlanadi.

23. Yodometriyada kaliy permanganatni qanday usulda aniqlanadi?

1. Natriy tiosulfat eritmasida to'g'ri titrlash usulida;
2. Yod eritmasida to'g'ri titrlash usulida;
3. Teskari titrlash usulida;
4. O'rin almashinish titrlash usulida;
5. Aniqlash mumkin emas.

24. Permanganatometriyada temir (II) tuzi qanday sharoitda aniqlanadi?

1. Indikator ishtirokida qizdirib, kislotali muhitda teskari titrlash usulida;
2. Indikator ishtirokida qizdirib, kislotali muhitda titrlash usulida;
3. Neytral muhitda olib boriladi;
4. Asetatli bufer eritma ishtirokida olib boriladi;
5. Kislotali muhitda to'g'ri titrlash usulida.

25. Permanganatometriya usulida MnO_2 ni miqdori qanday titrlash yo'li bilan aniqlanadi?

1. To'g'ri titrlash;
2. Teskari titrlash;
3. O'rin almashish titrlash;
4. Aniqlash mumkin emas;
5. Reversian usuli bilan.

26. Quyidagi qaysi moddani permanganatometriya usuli bo'yicha teskari titrlash bilan aniqlash mumkin.

1. H_2O_2 ; 2. CaCl_2 ; 3. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
4. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 5. KNO_2 .

27. Yodometriya titrlashda tuzlardagi misni aniqlashda qaysi usul qo'llaniladi.

1. To'g'ri; 2. O'rin almashinish; 3. Teskari;
4. Aniqlash mumkin emas; 5. To'g'ri, teskari.

28. Permanganatometriyada ishqoriy muhitda qaysi modda aniqlanadi?

1. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 2. KNO_2 ; 3. $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$;
4. H_2O_2 ; 5. MnO_2 .

29. Ko'rsatilgan ionlardan qaysisi oksidlovchi rolini o'ynaydi?

1. Cl^- ; 2. S^{2-} ; 3. I^- ; 4. Fe^{3+} ; 5. NO_2^- ;

30. Ko'rsatilgan ionlardan qaysisi qaytaruvchi rolini o'ynaydi?

1. MnO_4^- ; 2. I^- ; 3. Fe^{3+} ; 4. Cu^{2+} ; 5. Ag^+ .

31. Quyidagi qaysi modda faqat oksidlovchilik xossasini namoyon qiladi?

1. Na_2CrO_4 ; 2. Na_2S ; 3. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; 4. Na_2SO_4 ; 5. H_2S .

32. Quyidagi qaysi modda faqat qaytaruvchilik xossasini namoyon qiladi?

1. KMnO_4 ; 2. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; 3. Na_2CrO_4 ;
4. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 5. KNO_2 .

33. Quyidagi qaysi jarayon o'zida oksidlanishni namoyon qiladi?

1. $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$; 2. $\text{Sn}^{\text{IV}} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$; 3. $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$;
4. $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$; 5. $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_3$.

34. Kaliy permanganatning faolligi qaysi muhitda yuqori bo'ladi?

1. Neytral sharoitda $\text{pH} = 7$;
2. Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
3. Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$;
4. Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
5. Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$.

35. Kislotali muhitda titrlashda kaliy permanganatning 1,5 l taxminiy 0,05 n li eritmasini tayyorlash uchun undan necha gramm olish kerak? ($M_{\text{KMnO}_4} = 158$).

1. 3,9500 g;
2. 2,9625 g;
3. 2,370 g;
4. 5,9250 g;
5. 11,8500 g.

36. Shavel kislotadan ($\text{H}_2\text{C}_4\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) qancha miqdor olish kerak, agar uni kislotali muhitda titrlashga 10,00 ml 0,1 n li KMnO_4 sarflansa ($M_{\text{H}_2\text{C}_4\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 126$).

1. 0,1260 g;
2. 0,01260 g;
3. 0,06300 g;
4. 0,6300 g;
5. 0,04500 g.

37. 250,0 ml 0,1 n eritma tayyorlash uchun necha gramm shavel kislota tortib olish kerak? ($M_{\text{KMnO}_4} = 158$).

1. 1,5750 g;
2. 1,1250 g;
3. 2,2500 g;
4. 3,1500 g;
5. 15,7500 g.

38. $T = 0,006320 \text{ g/ml}$ li kaliy permanganat eritmasini kislotali muhitda normalligini aniqlang (Mn^{2+} gacha qaytarilish) ($M_{\text{KMnO}_4} = 158$).

1. 0,1200 n;
2. 0,04000 n;
3. 0,8000 n;
4. 0,2000 n;
5. 0,2400 n.

39. Agar 0,1035 g shavel kislotani titrlashga 45,00 ml kaliy permanganat sarflansa, kaliy permanganat eritmasini titrini hisoblang. ($M_{\text{H}_2\text{C}_4\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 126$).

1. 0,002070 g/ml;
2. 0,003460 g/ml;
3. 0,01030 g/ml;
4. 0,005130 g/ml;
5. 0,02070 g/ml.

40. 0,006930 g/ml titrli 10,00 ml shavel kislova eritmasini titrlashga 11,00 ml kaliy permanganat eritmasi sarflandi. KMnO_4 eritmasi titrini hisoblang ($M_{\text{KMnO}_4} = 158$) ($M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 126$).

1. 0,003160 g/ml; 2. 0,001580 g/ml; 3. 0,01580 g/ml;
4. 0,004424 g/ml; 5. 0,005260 g/ml.

41. 250,0 ml 0,02 n li natriy tiosulfat eritmasini tayyorlash uchun uning 3 %li eritmasidan ($\rho = 1,0 \text{ g/sm}^3$) necha millilitr kerak. ($M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 248$)

1. 41,33 ml; 2. 29,33 ml; 3. 82,66 ml;
4. 14,33 ml; 5. 20,65 ml.

42. 500,0 ml 0,05 n eritma tayyorlash uchun natriy tiosulfatdan qancha kerak? ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

1. 0,31 g; 2. 3,10 g; 3. 0,062 g; 4. 0,62 g; 5. 6,20 g.

XV bob. CHO'KTIRISHGA VA KOMPLEKS HOSIL QILISHGA ASOSLANGAN USULLAR

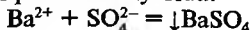
15.1. Cho'ktirish usullarini umumiy tavsifi

Titrimetrik analizning ba'zi usullarida aniqlanayotgan moddalar bilan cho'kma hosil qiluvchi titrantlar qo'llaniladi. Bu usullar cho'kma hosil bo'luvchi titrlash (cho'ktirish) usullari deyiladi.

Cho'ktirish usulining ahamiyati shundaki aniqlanuvchi modda (ion) miqdoran cho'kmaga o'tkaziladi. Modda (ion)ning miqdori haqida biror ishchi eritmaning hajmi asosida xulosa chiqariladi. Bu usulda qandaydir qiyin eriydigan birikmalar hosil bo'lishi bilan boradigan kimyoviy reaksiyalardan foydalaniladi. Hajmiy analizda bunday reaksiyalarning ba'zilaridagina foydalanish mumkin va ular bir qator shartlarga javob berishi kerak:

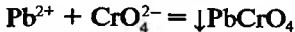
a) cho'kma amalda erimaydigan bo'lishi zarur; b) cho'kma yetarli darajada tez hosil bo'lishi kerak; d) birgalashib cho'kish singari omillar analiz natijasiga ta'sir yetmasligi lozim; e) titrlash vaqtida ekvivalentlik nuqtasini belgilash uchun imkoniyat bo'lishi kerak. Masalan:

1) Ba^{2+} ionini aniqlash reaksiyasida:



ekvivalentlik nuqtasini aniqlash uchun natriy rodizani ishlatiladi, u Ba^{2+} ionini bilan qizil rang beradi: ekvivalentlik nuqtasida esa qizil rang yo'qoladi.

2) Pb^{2+} ionini xromat anioni bilan titrlashda



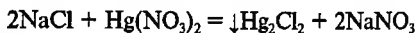
ekvivalentlik nuqtasini aniqlashga ortiqcha qo'shilgan CrO_4^{2-} kumush ionini bilan qizil rangli cho'kma $AgCrO_4$ hosil qilishdan foydalaniladi.

3) galogenlarni aniqlashda ham qiyin eriydigan kumush tuzlari hosil bo'ladi:

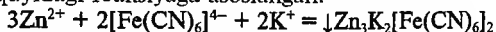


bu yerda: X^- — Cl^- , Br^- , I^- , CNS^- , CN^- va boshqa anionlar.

Bu reaksiyaga asoslangan usullar hajmiy analizning argometriya bo'limini tashkil etadi. Shu bilan birga galogenlar qiyin eruvchan simob (I) xlorid Hg_2Cl_2 va simob (I) yodid Hg_2I_2 holda cho'ktirish orqali ham aniqlanadi. Bu usul merkurometriya deb ataladi:



Zn^{2+} ionini kompleks tuz — gekasianoferrat (II) bilan titrlash quyidagi reaksiyaga asoslangan:



Ekvivalentlik nuqtasida uranil-nitrat ortiqcha $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ bilan qizil-qo'ng'ir cho'kma hosil qiladi.

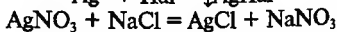
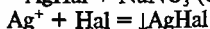
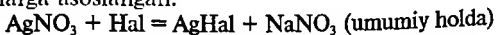
Cho'ktirish usullari kumush, bariy, magniy, simob, qo'rg'oshin, rux va boshqa kationlar orqali cho'ktiruvchi anionlarni miqdoriy aniqlash imkonini beradi. Masalan: xloridlar, bromidlar, yodidlar, sianidlar, rodanidlar, sulfatlar, xromatlar, fosfatlar, ferrosianidlar va hokazo. Shuningdek, yuqorida ta'kidlab o'tilgan anionlar bilan kam eruvchan birikmalar hosil qiluvchi kationlar ham shular jumlasiga kiradi.

Titrlashdagi maxsus usullarni qo'llab, faqat alohida kation va anionlarnigina emas, balki ularning birikmalarini ham miqdoriy aniqlash mumkin.

15.2. Cho'ktirish usullarini sinflanishi

1. **Argentometriya** — standart kumush nitrat eritmasining qo'llanilishiga asoslangan hajmiy analiz usuli. Bu usulda quyidagilar farqlanadi:

a) Gey-Lyussak usuli kumush ionlari hamda galogen ionlari orasida boradigan va indikator bo'lmagan holda bajariladigan reaksiyalarga asoslangan:

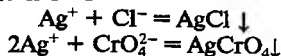


Bromidlarni titrlash quyidagicha boradi. Tarkibida Br bo'lgan analiz qilinayotgan eritmaga byuretkadan oz-ozdan AgNO_3 standart eritmasi qo'shiladi. Buning natijasida suzmasimon AgBr cho'kmasi hosil bo'ladi va eritma loyqalanib qoladi. Kumush nitratning keyingi tomchisi cho'kma ustidagi eritma sal tiniqlashgandan so'ng qo'shiladi. AgNO_3 eritmasining yangi

porsiyasi yangi AgBr cho'kmasini hosil qilmasa, u holda byuretkadan standart eritma quyish to'xtatiladi. Bu paytda titrlanayotgan eritma batamom tiniqlashadi va ekvivalent nuqtasida AgBr koagulyatsiyalanadi. Bu usul tiniqlantirish usuli, deb ataladi. Hozirgi paytda amaliyotda qo'llanilmaydi.

b) Mor usuli — Ag^+ va Cl^- orasida boradigan reaksiyalarga asoslangan va kaliy xromat eritmasi — indikator ishtirokida bajariladi. Bu usulda tajriba quyidagicha olib boriladi. Tarkibida Cl^- bo'lgan tekshirilayotgan eritmaga byuretkadan tomchilatib AgNO_3 ning standart eritmasi qo'shiladi. Natijada AgCl cho'kmasi hosil bo'ladi.

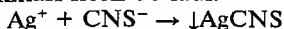
Tekshirilayotgan eritmaga AgNO_3 eritmasi analiz qilinayotgan eritmadagi Cl^- miqdoriga ekvivalent nisbatda yetarli miqdorda qo'shilmasa, AgCl hosil bo'lishi davom etaveradi. Ekvivalentlik nuqtasiga erishilgandan so'ng qo'shilgan AgNO_3 eritmasining ortiqcha tomchisi Ag^+ ionining indikator ionlari bilan o'zaro ta'siri oqibatida hosil bo'luvchi Ag_2CrO_4 qizil cho'kmasining tushishiga olib keladi:



Shunday qilib, Mor usulida ekvivalentlik nuqtasini Ag_2CrO_4 ta'sirida eritmaning qizil tusga kirishi orqali aniqlanadi.

Titrlash vaqtida tekshirilayotgan eritmaning muhiti neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhit bo'lishi kerak, $\text{pH} = 7 \div 10$. Ishqoriy muhitda qo'shiladigan AgNO_3 ishqor bilan reaksiyaga kirishadi. Kislotali muhitda ekvivalent nuqtada hosil bo'ladigan $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \downarrow$ cho'kmasi eriydi. Titrlash xona temperaturasida olib boriladi, chunki $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \downarrow$ isitilganda ham eriydi.

d) Folgard usuli Ag^+ va CNS^- orasida boradigan reaksiyalarga asoslangan hamda indikator temir (III) ionlari ishtirokida bajariladi. Tajriba quyidagicha olib boriladi. Tarkibida Ag^+ bo'lgan analiz qilinayotgan eritmaga byuretkadan tomchilatib NH_4CNS ning standart eritmasi qo'shiladi. Bunda AgCNS ning kam eruvchan cho'kmasi hosil bo'ladi:



Analiz qilinayotgan eritmadagi Ag^+ ioniga titrlangan, konsentratsiyasi aniq NH_4CNS eritmasi qo'shilganda, AgCNS hosil bo'ladi. Ekvivalentlik nuqtasiga erishilgandan so'ng qo'shilgan

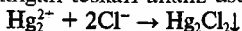
NH_4CNS eritmasining ortiqcha tomchisi CNS ionlarining indikator — temirammoniyli achchiqtosh ionlari bilan o'zaro ta'siri natijasida suvda eriydigan temir (III) rodanid hosil bo'lib, eritma to'q qizil rangga kiradi:



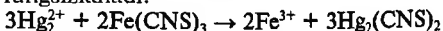
Bu usulda ekvivalentlik nuqtasida temir rodanid hosil bo'lishi natijasida eritmaning qizil rangga kirishiga qarab aniqlanadi.

Folgard usulida titrlashni kislotali muhitda olib borish kerak, bu analizda qulaylik tug'diradi (indikator, Fe^{3+} tuzlari gidrolizlanmaydi).

2. Merkurometriya — simobning erimaydigan birikmalarini hosil bo'lishiga asoslangan teskari analiz usuli:



Merkurometriyada indikator sifatida remir rodanidning to'q qizil eritmasi qo'llaniladi, eritma Hg_2^{2+} ning ortiqcha miqdori ishtirokida rangsizlanadi:



Indikator sifatida $[\text{Hg}_2^{2+}]$ bilan ko'k rangdagi cho'kma hosil qiluvchi difenilkarbazon ham qo'llaniladi.

Merkurometrik usuli ham kislotali eritmalaridan to'g'ri titrlash bilan anionlarni aniqlashga imkon beradi.

Mor va Folgard usuli bilan aniqlashga xalaqit beruvchi ko'pgina ionlar bu usulda foydalaniladi. Bu usulda qimmat baho ish eritma ham ishlatilmaydi (AgNO_3 — argentometriyada).

15.3. Cho'ktirish usulining titrlash egri chiziqlari

Tarkibida xlor ioni bo'lgan eritmani standart kumush nitrat eritmasi yordamida titrlaganda AgCl cho'kmasi hosil bo'ladi. eruvchanlik ko'paytmasi hamda titrlanuvchi (Cl^-) va standart Ag^+ eritmalarining ionlari konsentratsiyasi ma'lum bo'lsa, titrlash jarayonining istalgan darajasida $[\text{Ag}^+]$ va $[\text{Cl}^-]$ ionlari o'zgarishini oson hisoblab topish mumkin.

Faraz qilaylik, masalan NaCl ning 100 ml 0,1 n eritmasi AgNO_3 ning 0,1 n eritmasi bilan titrlansin.

Dastlabki (eritmaga AgNO_3 qo'shmasdan avval) Cl^- ionlarining eritmadagi konsentratsiyasi NaCl ning umumiy konsentratsiyasiga (10^{-1} M ga) teng bo'ladi:

$$[\text{Cl}^-] = C_{\text{NaCl}} \cdot 0,1 = 10^{-1}$$

Cl^- ionlari konsentratsiyasining manfiy logarifmini $p\text{Cl}$ bilan belgilab, shunday yozish mumkin:

$$p\text{Cl} = -\lg C_{\text{NaCl}} = -\lg 10^{-1} = 1$$

0,1 *n* NaCl eritmasiga 0,1 *n* AgNO₃ eritmasidan 50, 90, 99, 99, 9 *ml* qo'shib borgan sari Cl^- ionining konsentratsiyasi kamayib boradi, $p\text{Cl}$ esa ortib boradi, 0,1 *n* AgNO₃ – eritmasidan 50 *ml* qo'shilganda, 50 % NaCl cho'kmaga tushmaydi, ya'ni $[\text{Cl}^-]$ ko'rsatkichi 2 marta kichrayadi:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{50}{100} \cdot 0,1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$p\text{Cl} = -\lg 5 \cdot 10^{-2} = 2 \cdot \lg 10 - \lg 5 = 1,3$$

Eritmaga AgNO₃ ning 0,1 *n* eritmasidan 90 *ml* qo'shilganda (ya'ni NaCl ning 10 %ini titrlanmagan), xlor ionlari 10 % cho'ktirilmagan holda qoladi va $[\text{Cl}^-]$ qiymati o'n marta kamayadi:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{10}{100} \cdot 0,1 = 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

Shu tahlilda fikr yuritib, $[\text{Cl}^-]$ ionni kattaligini titrlashning boshqa hollari uchun ham hisoblash mumkin. Eritmaga AgNO₃ eritmasidan 99 *ml* qo'shilganda:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$p\text{Cl} = 3 \cdot \lg 10 = 3$$

$$p\text{Cl} = 3$$

99,9 *ml* 0,1 *n* AgNO₃ eritmasidan qo'shilganda:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{0,1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$p\text{Cl} = 4 \cdot \lg 10 = 4$$

$$p\text{Cl} = 4$$

AgCl uchun $EK_{\text{AgCl}} = 1,7 \cdot 10^{-10}$ ligini bilib,

$$EK_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

$$\lg[\text{Ag}^+] + \lg[\text{Cl}^-] = \lg 1,7 \cdot 10^{-10} \quad x(-1)$$

$$p\text{Ag} + p\text{Cl} = 10 - \lg 1,7 = 9,77$$

Nihoyat, agar NaCl ning 100 *ml* 0,1 *n* eritmasiga ekvivalent miqdorda, ya'ni AgNO₃ ning 0,1 *n* eritmasidan 100 *ml* qo'shil-sa, AgCl ning to'yingan eritmasi hosil bo'ladi: bu eritmada Ag^+ va Cl^- ionlarining konsentratsiyalari o'zaro teng bo'ladi. Bino-barin, ekvivalentlik nuqtasida:

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = \sqrt{1,7 \cdot 10^{-10}} = 1,303 \cdot 10^{-5}$$

$pAg = pCl = 5 - \lg 1,303 = 4,885$
 yoki umumiy yozilganda:

$$pKt = pAn = \frac{1}{2} \lg EK_{Kt+An}$$

Ekvivalentlik nuqtasidan keyingi titrlashda eritmada ortiqcha miqdorda Ag^+ ionlari yig'iladi, shuning uchun $AgCl$ cho'k-maning eruvchanligi kamayadi.

0,1 n $AgNO_3$ eritmasidan ortiqcha 0,1 ml qo'shilganda quyidagi natijalarni olamiz:

$$[Ag^+] = \frac{0,1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$pAg = 4$; $pCl^- = 5,77$; $[Cl^-] = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$
 10 ml 0,1 n $AgNO_3$ ning eritmasi qo'shilsa:

$$[Ag^+] = \frac{10}{100} \cdot 0,1 = 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$pAg = 2$; $pCl^- = 7,77$; $[Cl^-] = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$
 0,1 n $AgNO_3$ eritmasidan 1 ml qo'shilsa:

$$[Ag^+] = \frac{1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$pAg = 3$; $pCl^- = 6,77$; $[Cl^-] = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$

Shunday qilib, $AgNO_3$ ning ortiqcha miqdorda qo'shilishi bilan $AgCl$ cho'kmasi sezilarli va keskin kamayadi. 0,1 n $AgNO_3$ eritmasidan 0,3 ml qo'shilganda, ekvivalent nuqtasiga erishilgandan so'ng xlor ionlari konsentratsiyasi kamayadi.

Ekvivalent nuqtasida $\Delta p_{Cl/\Delta s}$ maksimumga ega bo'ladi. $\Delta p_{Cl/\Delta s}$ qiymati qancha katta bo'lsa, ekvivalentlik nuqtasida sakrash shuncha katta va titrlash shuncha aniq bo'ladi (28-jadval).

$$[Ag^+] = [Cl^-] = 1,303 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

$$[Cl^-] = \frac{EK_{AgCl}}{[Ag^+]} = \frac{1,7 \cdot 10^{-10}}{\frac{0,1}{100} \cdot 0,1} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{ion/l},$$

ya'ni $\frac{1,303 \cdot 10^{-5}}{1,7 \cdot 10^{-6}} \approx 7,7$ marta ortiqcha 10 ml 0,1 n $AgNO_3$ qo'shilganda, xlorid ionning konsentratsiyasi $1,303 \cdot 10^{-5} \approx 770$ marta kamayadi.

43-rasm $NaCl$ ning 0,1 n eritmasini $AgNO_3$ ning 0,1 n eritmasi bilan titrlash egri chizig'i ko'rsatilgan.

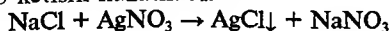
**NaCl ning 100 ml 0,1 n eritmasini AgNO₃ ning
0,1 n eritmasi bilan titrlashda**

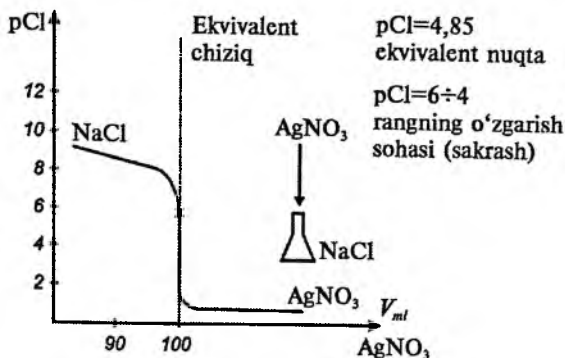
Qo'shilgan 0,1 n AgNO ₃ , ml	Qolgan NaCl, %	[Cl ⁻]	pCl	[Ag ⁺]	pAg	$\frac{\Delta pCl}{\Delta s}$
0	100	10 ⁻¹	1	—	—	—
50	50	5·10 ⁻²	1,3	3,4·10 ⁻⁸	8,47	$\frac{0,3}{50} = 0,006$
90	10	10 ⁻²	2	1,7·10 ⁻⁸	7,77	$\frac{0,7}{40} = 0,018$
99	1	10 ⁻³	3	1,7·10 ⁻⁷	6,77	$\frac{1}{9} = 0,11$
99,9	0,1	10 ⁻⁴	4	1,7·10 ⁻⁶	5,77	$\frac{1}{0,9} = 1,1$
100	0	1,303·10 ⁻²	4,885	1,303·10 ⁻⁵	4,885	$\frac{0,885}{0,1} = 8,865$
100,1	0,1 ortiq AgNO ₃	1,7·10 ⁻⁶	5,77	10 ⁻⁴	4	$\frac{0,885}{0,1} = 8,865$
1,01	1 ortiq AgNO ₃	1,7·10 ⁻⁷	6,77	10 ⁻³	3	$\frac{1}{0,9} = 1,1$
110	10 ortiq AgNO ₃	1,7·10 ⁻⁸	7,77	10 ⁻²	2	$\frac{1}{0,9} = 1,1$

Eslatma: Δs — titrlangan eritmaning qo'shilgan hajmi.

43-rasmdan va 28-jadvaldan ko'rinib turibdiki, ayni ekvivalentlik nuqtasi pCl = pAg = 4,885 yaqinida pCl (4 dan 6 gacha) va pAg (6 dan 4 ga qadar) keskin o'zgaradi. NaCl ni AgNO₃ eritmasi bilan titrlash egri chizig'i ekvivalentlik nuqtasiga nisbatan simmetrik.

Bu egri chiziq pCl hamda pAg o'zgarishini titrlash jarayoni ning turli daqiqalarida kuzatib borish imkonini beradi. Titrlashning dastlabki paytida eritmaning pCl qiymati asta-sekin, ekvivalentlik nuqtasi yaqinida esa tez (sakrab) o'zgaradi. NaCl va AgNO₃ eritmalarining konsentratsiyalari kamaysa, titrlash egri chizig'ida keskin o'zgarish chegarasi juda qisqaradi va hatto pH ini yo'qolib ketishi kuzatiladi.





43-rasm. NaCl ning 0,1 *n* eritmasini AgNO₃ ning 0,1 *n* eritmasi bilan titrlash egri chizig'i

Titrlash egri chizig'idagi keskin o'zgarish reaksiyaga kirishuvchi moddalar eritmalarining konsentratsiyalaridan tashqari cho'kmaning *EK* qiymatiga ham bog'liq.

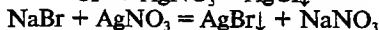
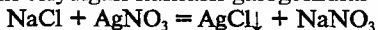
Masalan, KI ning 0,1 *n* eritmasini AgNO₃ ning 0,1 *n* eritmasi bilan titrlaganda hosil bo'ladigan AgI cho'kmasining *EK* qiymati – $1 \cdot 10^{-16}$ ga teng, ya'ni EK_{AgCl} ga qaraganda taxminan 1 million marta kichik bo'ladi. Shunga ko'ra: a) bu holda ekvivalent nuqtasida

$$[I^-] = [Ag^+] = \sqrt{1 \cdot 10^{-16}} = 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{ion/l}$$

ya'ni, $pI = pAg = 8$ bo'ladi; pI ning keskin o'zgarishi $pI = 4$ da boshlanib, $pI = 12$ da tugaydi, ya'ni 8 birlikka o'zgaradi. Demak, titrlash vaqtida hosil bo'ladigan birikmaning eruvchanlik ko'paytmasi qanchalik kichik bo'lsa, titrlash egri chizig'idagi keskin o'zgarish sohasi shunchalik kichik bo'ladi va hatto yo'qolib ketishi mumkin. Masalan, Pb(NO₃)₂ ning 0,1 *n* eritmasini Na₂SO₄ bo'lib, pPb ning keskin o'zgarishi atigi 0,4 birlikka teng; CaSO₄ ni cho'ktirishda ($EK_{CaSO_4} = 6 \cdot 10^{-5}$) esa keskin o'zgarish bo'lmaydi.

15.4. Argentometriya

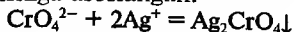
Hajmiy analizning argentometriya usuli xlorid va bromid ionlarini kumush ionlari bilan cho'ktirish reaksiyalariga asoslangan, bunda qiyin eriydigan kumush galogenidlar hosil bo'ladi:



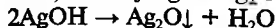
Bu usulda ish eritmasi sifatida AgNO_3 eritmasi ishlatiladi. Agar biror modda tarkibidagi kumush ionlari miqdori aniqlanayotgan bo'lsa, ish eritmasi sifatida NaCl yoki KCl ning titrlangan eritmasi ishlatiladi.

Cho'ktirish usulida ekvivalentlik nuqtasini aniqlashda indikatorlardan foydalaniladi. Xlorni argentometriya usulida aniqlashda, titrlash oxiri indikator — kaliy xromat K_2CrO_4 yordamida aniqlanadi.

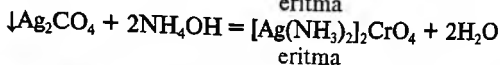
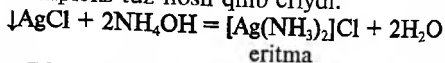
Kaliy xromatning indikator sifatida ishlatilishi, uning kumush ionlari bilan qizil g'isht rangli kumush xromat Ag_2CrO_4 cho'kmasi hosil qilishiga asoslangan:



Kumush xromatning eruvchanligi ($1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$) kumush xloridning ($1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$) yoki kumush bromidning ($7,94 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$) eruvchanligidan ancha katta. Shuning uchun tarkibida Cl^- va Br^- ionlari bo'lgan eritmalar kumush nitrat eritmasi bilan titrlanganda, avval AgCl yoki AgBr cho'kmasi hosil bo'ladi. Hamma galogenidlar cho'kib bo'lgandan so'ng, Ag^+ ionlari o'rtasida reaksiya boshlanib, rangli cho'kma hosil bo'ladi. Sariq-limon rangining (H_2CrO_4 ga xos rang) ekvivalent nuqtasiga erishilganlikni ko'rsatuvchi och pushti rangga aylangani aniq sezilgan zahoti titrlashni to'xtatish zarur. Rang o'zgarishini aniq sezib olish uchun «guvoh» eritmada foydalanish ancha qulaydir. Lekin argentometriya usulining qo'llanilish sohasi biroz chegaralangan. Uni faqat neytral va kuchsiz ishqoriy muhitda ($\text{pH} = 7,0$ dan $10,0$ gacha bo'lganda) qo'llash mumkin. kislotali eritmalarda Ag_2CrO_4 cho'kmasi eriydi, kuchli ishqoriy muhitda esa Ag^+ ionlari OH^- ionlari bilan AgOH hosil qiladi, u esa parchalanib, erimaydigan Ag_2O aylanadi:



Ushbu usulni tarkibida NH_4^+ ionlari mavjud bo'lgan eritmalar ishtirokida qo'llab bo'lmaydi, chunki AgCl va Ag_2SO_4 cho'kmalar kompleks tuz hosil qilib eriydi:



Argentometriya usulini K_2CrO_4 bilan cho'kma hosil qiladigan Ba^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} va boshqa ionlar ishtirokida, shuningdek, rang o'zgarishini aniqlashga xalal beradigan rangli birikmalar mavjud eritmalarda ham ko'plab bo'lmaydi. Agar Cl^- va Br^- ionlari bo'lgan eritmalar tiniq va rangsiz bo'lsa, argentometriya analiz uchun qo'llanilishi mumkin bo'lgan eng qulay usul hisoblanadi.

Shuni unutmaslik kerak-ki, tarkibida kumush ionlari bo'lgan eritmalarini rakovinaga to'kmaslik lozim (ularni maxsus idishlarga yig'ish kerak), chunki foydalanilgan eritmalaridan kumush qayta ajratib olinadi.

AgNO_3 ning ish eritmasini tayyorlash. AgNO_3 ning ish eritmasini tayyorlashda dastlab uning taxminiy konsentratsiyali eritmasi tayyorlanadi, so'ngra uning normalligi va titri kimyoviy toza NaCl (yoki KCl) yordamida aniqlanadi.

AgNO_3 ning 100 ml taxminan 0,01 n konsentratsiyali eritmasini tayyorlash. Kumush nitrat qimmatbaho reaktivlardan bo'lganligi uchun odatda uning 0,05 n dan yuqori bo'lmagan konsentratsiyali eritmasidan foydalaniladi. Argentometriyada esa uning 0,01 n eritmasi ko'p ishlatiladi.

Argenometrik titrlashda ishlatiladigan AgNO_3 ning gramm ekvivalenti uning molekulyar massasiga teng, ya'ni 169,9 g. Shuning uchun 100 ml 0,1 n eritmada mavjud AgNO_3 ning miqdori, $169 \cdot 0,1 = 0,1699$ g ga teng. Kumush nitrat tarkibida ba'zi bir qo'shimchalar bo'lgani uchun undan aniq namuna tortib olib, eritma tayyorlash maqsadga muvofiq emas. Eritma tayyorlash uchun texnokimyoviy tarozida taxminan $0,17 \cdot 0,18$ g kumush nitrat tortib olinib, namuna sig'imi 100 ml li o'lchov kolbaga solinadi va kolbaning $3/4$ qismiga qadar distillangan suv quyib, to'liq eritiladi. Shundan so'ng, kolba belgisigacha distillangan suv bilan to'ldiriladi, bu eritma qoramtir to'q rangli

shisha idishda yoki qora qog'oz bilan o'ralgan kolbada saqlanadi, chunki kumush nitrat yorug'lik ta'sirida parchalanib, erkin kumush hosil qiladi.

NaCl ning 100 ml standart 0,01 *n* eritmasini tayyorlash. Eritma tayyorlash uchun kimyoviy toza NaCl (yoki KCl) tuzidan foydalanish mumkin. NaCl ning ekvivalenti uning molekulyar massasi 58,45 g ga teng, 0,01 *n* konsentratsiyali 100 ml 0,1 l eritma tayyorlash uchun kerak bo'ladigan NaCl ning miqdori $58,45 \cdot 0,01 = 0,05845$ g.

Analitik tarozida tuzdan 0,06 g atrofida tortib olib, uni 100 ml li o'lchov kolbasiga solinadi, ustidan distillangan ozroq suv quyib eritiladi, kolbani belgisiga qadar distillangan suv bilan to'ldiriladi. Tayyorlangan standart eritmaning titri va normalligi hisoblab topiladi.

Aytaylik, natriy xlorid tuzidan o'lchab solingan tortim massasi 0,0618 g bo'lsin. Unda:

$$T_{\text{NaCl}} = 0,0618 / 100 = 0,000618 \text{ g/ml}$$
$$N_{\text{NaCl}} = \frac{T \cdot 1000}{E_{\text{NaCl}}} = \frac{0,000618 \cdot 1000}{58,45} = 0,0105 \text{ n}$$

bo'ladi.

Kumush nitrat eritmasining konsentratsiyasini natriy xloridning titrlangan eritmasi bo'yicha aniqlash. Tozalab yuvilgan byuretkka kumush nitrat eritmasi bilan chayqab tashlanadi, shundan so'ng, unga AgNO₃ eritmasi to'ldiriladi va byuretkka titrlash uchun tayyorlanadi. Sig'imi 10 ml bo'lgan toza pipetka natriy xlorid eritmasi bilan chayqab tashlanadi va NaCl eritmasidan 10,0 ml o'lchab olib, konussimon kolbaga solinadi, so'ngra indikator K₂CrO₄ ning 1–2 tomchi to'yingan (yoki 1 ml 5 %li) eritmasi qo'shiladi. Shundan keyin aralashmaning sariq rangi kumush nitratning ortiqcha bir tomchisidan qizg'ish rangga o'tguncha titrlanadi. AgNO₃ eritmasining oxirgi tomchilari suyuqlikni qattiq chayqatib turgan holda ohistalik bilan qo'shiladi. Tajribani 2–3 marta takrorlab, titrlashning o'rtacha natijasi bo'yicha kumush nitrat ish eritmasining konsentratsiyasi hisoblab chiqiladi.

Masalan, konsentratsiyasi 0,01057 *n* bo'lgan 10,0 ml natriy xlorid eritmasini titrlash uchun kumush nitrat eritmasidan o'rtacha 10,2 ml sarflangan bo'lsin, unda:

$$N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3} = N_{\text{NaCl}} \cdot V_{\text{NaCl}}$$

$$N_{\text{AgNO}_3} = \frac{0,01057 \cdot 1000}{10,26} = 0,0103 \text{ n}$$

AgNO₃ eritmasining normalligini odatdagi usulda topib, uni AgNO₃ ning xlor bo'yicha titriga aylantirilsa, namuna tarkibidagi xlor miqdorini hisoblash ancha osonlashadi. Masalan, kumush nitrat eritmasining xlorga nisbatan normalligi 0,01030 bo'lsa, u holda:

$$T_{\text{AgNO}_3/\text{NaCl}} = \frac{0,01030 \cdot 35,46}{1000} = 0,0003652 \text{ g/ml}$$

ga teng.

Bu qiymat titrlash uchun sarf bo'lgan AgNO₃ eritmasining millilitrlar soniga ko'paytirilsa, titrlanayotgan eritmaning 10,0 ml da necha gramm Cl ionlari borligi kelib chiqadi.

Natriy xloridagi xlor ionlarini aniqlash

Eriydigan xloridagi xlor ionini aniqlash. Analiz qilinayotgan modda tortimi yoki uning eritmasini AgNO₃ standart eritmasi bilan kaliy xromat indikatorlari ishtirokida to'g'ridan to'g'ri titrlashga asoslangan.

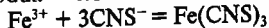


Texnik tozalikdagi natriy xlorid tortimi yoki uning eritmasi o'lchov kolbasiga solinadi, ustiga ozroq suv quyib aralashtiriladi va kolba belgisigacha suv to'ldiriladi. Hosil bo'lgan eritmadan pipetka yordamida 10,0 ml miqdorida olinadi va AgNO₃ ning titri ma'lum eritmasi bilan K₂CrO₄ ishtirokida titrlanadi.

15.5. Rodanometriya

Hajmiy analizning rodanometrik usulida (Folgard usuli) cho'ktiruvchi sifatida tarkibida CNS ionlari bor, titri ma'lum boshlangan NH₄CNS eritmasi ishlatilishiga asoslangan.

Standart eritmalar sifatida quyidagilardan foydalaniladi: Ag⁺ ionlarini aniqlash uchun ammoniy rodanid: galogenlar hamda boshqa anionlarni aniqlash uchun AgNO₃ kumush nitrat. Bu usulda indikator vazifasini Fe³⁺ ionlari bajaradi, chunki u eritmadagi ortiqcha NH₃CNS bilan reaksiyaga kirishib, suvda eriydigan qizil tusli modda – temir rodanid hosil qiladi:



Amalda indikator sifatida temir-ammoniyli achchiqtosh $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ning to'yingan eritmasi ishlatiladi, indikator eritmasiga gidrolizni susaytirish va eritmaning gidroliz tufayli paydo bo'ladigan qo'ng'ir tusini yo'qotish uchun ozgina konsentrlangan HNO_3 qo'shilgan bo'lishi kerak. Mor usulidan farqli ravishda bu usulda eritmada kislotaning ishtirok etishi titrlashga xalal bermaydi, balki aksincha, aniqroq natijalar olishga yordam beradi.

Rodanometriya qator afzalliklarga ega:

1. Rodanometrik analizni xloridlar, bromidlar, yididlar, rodanidlar va kumush ionlarini aniqlashga qo'llasa bo'ladi.
2. Usulni nordon eritmalarini titrlash uchun qo'llasa bo'ladi, chunki AgCNS cho'kmasi kislotalarda erimaydi.

Rodanometriyaning bu xususiyati quyidagilarni: kislotalarda eriydigan kumush qotishmalarini analiz qilishda hamda kuchli kislotali muhitda galogenidlarni miqdoriy aniqlashda qulaylik tug'diradi, chunki galogenidlarni bunday muhitda Mor usuli bo'yicha titrlab bo'lmaydi.

3. Boshqa ionlar Ba^{2+} , Pb^{2+} Mor usuli bo'yicha aniqlashga to'chqinlik qilsada, ko'p hollarda Folgard usuli bo'yicha aniqlashga xalal bermaydi.

Bu usul bilan titrlashga faqat simob tuzlari va oksidlovchilar xalal beradi, chunki simob tuzlari CNS^- ionini cho'ktiradi, oksidlovchilar esa uni oksidlaydi.

Ammoniy rodanid NH_4CNS ning titrlanish ish eritmasini tayyorlash

Ammoniy rodanid NH_4CNS ning ish eritmasi 0,05 n va undan yuqori qilib tayyorlanadi. Kichik konsentratsiyali eritmaning rangi nihoyatda och bo'ladi va ekvivalentlik nuqtasini aniqlash qiyinlashadi. Tortim bo'yicha ammoniy (yoki kaliy) rodanidning aniq konsentratsiyali (titrlangan) eritmasini tayyorlab bo'lmaydi, chunki bu tuzlar gidroskopikdir. Shuning uchun rodanidning taxminiy konsentratsiyali eritmasi tayyorlanadi, uning aniq konsentratsiyasini belgilashda kumush nitratning titrlangan (standart) eritmasidan foydalaniladi. Ekvivalentlik nuqtasini aniqlashda indikator sifatida temir (III) ionlari ishlatiladi.

100 ml 0,05 n konsentratsiyali ammoniy rodanid eritmasini tayyorlash. NH_4CNS ning ekvivalent massasi uning molekulyar massasiga teng, ya'ni 76,12 g. Shuning uchun taxminiy konsentratsiyasi 0,05 n bo'lgan 0,1 l eritma tayyorlash uchun zaruriy ammoniy rodanid tuzi miqdori $76,12 \cdot 0,05 \cdot 0,1 = 0,3806$ g bo'lishi kerak.

Analitik tarozida ammoniy rodaniddan 0,3–0,4 g atrofida tortim o'lchab olinadi, u sig'imi 100 ml li o'lchov kolbasiga solinadi, distillangan suvda eritiladi, yaxshilab chayqatiladi va eritma hajmi kolbaning belgisiga qadar yetkaziladi.

Tayyorlangan ammoniy rodanid eritmasining normalligini aniqlash. Byuretkani distillangan suvda tozalanadi, ammoniy rodanid eritmasi bilan chayiladi va taxminiy konsentratsiyali NH_4CNS eritmasi to'ldiriladi. Pipetka kumush nitratning standart eritmasi bilan chayiladi va uning yordamida AgNO_3 eritmasidan 10,0 ml o'lchab konussimon kolbaga quyiladi. Unga 1 ml temir-ammoniyli achchiqtosh (indikator) eritmasi va 3 ml 6 n HNO_3 (nitrat kislota) eritmasi qo'shiladi. Sekin, ammo to'xtovsiz chayqatib turgan holda byuretkadagi rodanid eritmasi bilan titrlanadi. Qattiq chayqatilganda ham yo'qolmaydigan qizg'ish-pushti rang paydo bo'lgandan so'ng titrlash to'xtatiladi.

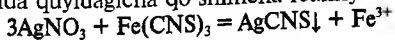
Titrlash 2–3 marta takrorlanadi, o'xshash natijalardan o'rtacha qiymat chiqariladi va ammoniy rodanid eritmasining normalligi hisoblab topiladi.

Masalan, 10 ml 0,0103 n kumush nitrat eritmasini titrlash uchun o'rtacha 2,06 ml ammoniy rodanid eritmasi sarflangan, u holda

$$N_{\text{NH}_4\text{CNS}} \cdot V_{\text{NH}_4\text{CNS}} = N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}$$

$$N_{\text{NH}_4\text{CNS}} = \frac{0,0103 \cdot 1000}{2,06} = 0,0500 \text{ n}$$

Xlor ionlari miqdorini rodanometrik usulda aniqlash Folgrad usuli. Eritma tarkibidagi galogenlar miqdorini Folgrad usuli bilan aniqlashda kumush nitratning galogenlar bilan ta'sirlashuvidan ortib qolgan miqdori ammoniy (yoki kaliy) rodanid eritmasi bilan titrlanadi. Bunda kumush xlorid bilan ortiqcha temir rodanid orasida quyidagicha qo'shimcha reaksiya boradi:



Bunda indikatorlarning to'q qizil rangi asta-sekin yo'qola boradi. Shu sababli titrlashda olingan natijaning xatosi katta bo'ladi.

Agar eritmadagi ortiqcha kumush nitratning rodanid eritmasi bilan titrlashdan oldin hosil bo'lgan AgCl cho'kmasi filtrlab ajratilsa, yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan xato kamayadi. Ba'zan esa eritmaga suv bilan aralashmaydigan organik erituvchi (masalan, CHCl_3 — xloroform yoki CCl_4 — uglerod (IV) xlorid qo'shib, AgCl cho'kmasi bilan eritma orasida inert qavat hosil qilinadi.

Aniqlash tartibi. Galogenning biror tuzi, masalan, NaCl dan analitik tarozida shunday miqdorda tortib olinadiki, 100 ml hajmli o'lchov kolbasiga solib eritilganda taxminan 0,05 n eritma hosil bo'lsin.

Konussimon kolbaga tekshirilayotgan eritmadan pipetka yordamida 10,0 ml 6 n nitrat kislotadan 3 ml solib, unga byuretkadagi AgNO_3 ning titrlangan eritmasidan ortiqcha miqdorda (masalan, 18 ml) qo'shiladi. Kolbadagi aralashma yaxshilab aralashtiriladi va hosil bo'lgan AgCl cho'kmasi filtrlab ajratiladi, cho'kma distillangan suv bilan 2—3 marta yuviladi va asosiy filtratga qo'shiladi. Filtratni tozalab, yuvilgan konussimon kolbaga solib, sekin, ammo to'xtovsiz chayqitib turgan holda byuretkadagi rodanid eritmasi bilan titrlanadi. Qattiq chayqatilganda ham yo'qolmaydigan qizg'ish-pushti rang paydo bo'lgandan so'ng titrlash to'xtatiladi. Aniqlashni 2—3 marta takrorlab o'rtacha qiymati olinadi. Masalan, namunadan olingan tortim massasi 0,1134 g bo'lsin, 10,0 ml tekshirilayotgan eritmaga 0,01030 n konsentratsiyali AgNO_3 eritmasidan 18,0 ml qo'shiladi, deylik. Ortib qolgan AgNO_3 ni titrlash uchun 0,0500 n ammoniy rodanid eritmasidan 2,86 ml sarflangan bo'lsin. Avvalo, 2,86 ml 0,0500 n konsentratsiyali ammoniy rodanid eritmasiga to'g'ri keluvchi konsentratsiyasi 0,0103 n bo'lgan kumush nitrat eritmasining hajmi topiladi:

$$N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3} = N_{\text{NH}_4\text{CNS}} \cdot V_{\text{NH}_4\text{CNS}}$$

$$V_{\text{AgNO}_3} = \frac{2,86 \cdot 0,0500}{0,0103} = 13,88 \text{ ml}$$

Demak, tekshirilayotgan eritmadagi Cl^- ionlarini to'liq

cho'ktirish uchun konsentratsiyasi 0,0103 *n* bo'lgan kumush nitrat eritmasidan 18,0–13,88 = 4,12 *ml* sarflanadi.

Bundan foydalanib, natriy xlorid eritmasining normalligini hisoblab chiqamiz:

$$N_{\text{NaCl}} \cdot V_{\text{NaCl}} = N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}$$

$$N_{\text{NaCl}} = \frac{0,0103 \cdot 4,12}{10,0} = 0,0042 \text{ } n$$

Xlorning ekvivalent massasi uning atom massasiga teng, ya'ni 35,46 g. Olingan natriy xlorid tortimida xlorning miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$g = 0,004243 \cdot 35,46 \cdot 0,1 = 0,0150 \text{ g}$$

Namuna tarkibidagi xlorning miqdorini foiz hisobida ifodalaymiz:

0,1134 g namuna	100 %
0,0150 xlor	<i>x</i> %

$$x = \frac{0,0150 \cdot 100}{0,1134} = 13,23 \%$$

15.6. Kompleksometrik titrlash asoslari, kompleksonlar

Kompleksonometrik titrlash usuli metall ionlarining organik reaktivlar bilan ichki kompleks birikmalar hosil qilishiga asoslanadi. 1944-yilda G. Sharsenbax organik reaktivlar sifatida taklif etilgan aminokarbon kislotalardan foydalandi va aminokarbon kislotalarni kompleksonlar, deb atadi. Keyinchalik bu usul ko'pchilik olimlar tomonidan e'tirof etildi va kompleksonometriya yoki kompleksonometrik titrlash, deb atala boshlandi.

Kompleksonometriya titrimetrik usul bo'lib, aniqlanuvchi ionlarning ba'zi bir organik reagentlar (kompleksonlar) bilan o'zaro ta'sir reaksiyasiga asoslangan. Metallarning ionlari amalda bir zumdayoq kompleksonlar bilan o'zaro ta'sirlashib, o'zgarmas tarkibli eruvchan kam dissotsiyanuvchi birikmalar hosil qiladi. Kompleksonlar o'ziga xos xususiyatlarga ega:

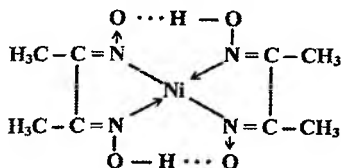
1. Suvda va ba'zi bir erituvchilarda yaxshi eriydi.
2. Ko'pchilik metall kationlari bilan oson reaksiyaga kirishadi, shu jumladan, boshqa kompleks hosil qiluvchi reagentlar bilan kompleks birikmalar hosil qilmaydigan ishqoriy – u me-

tallar kationlari bilan ham suvda eruvchan, barqaror kompleks birikmalar hosil qiladilar.

Bular hammasi, kompleksonlarning alohida xususiyatlarga ega bo'lishi, ularni kompleksometriya deb ataluvchi usullarda titrantlar sifatida keng qo'llanishiga imkon beradi.

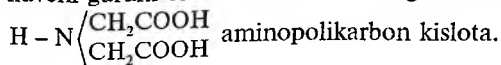
Kompleks tuzlarning tuzilishi

Etilendiamintetrasirka kislota to'rt asosli kislota bo'lgani sababli anionida to'rtta harakatchan vodorod ioni va asos xossasiga ega bo'lgan 2 atom azot bo'ladi. Bu anion metall ioni bilan ta'sirlashganda ichki kompleks birikma hosil qiladi. Bunga misol sifatida nikel dimetilgliksimatni keltirish mumkin:



Kompleks hosil qiluvchining metall ionlari, bir tomonidan organik birikmalar funksional guruhlarining aktiv vodorod atomlar o'rnini egallaganda ichki kompleks tuzlar hosil bo'lsa, boshqa tomondan ular koordinatsion bog'ning ioni bilan bog'laniş xususiyatiga ega bo'lgan guruhlar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Tarkibida vodorod ionlari bor, metall ionlarining o'rnini olishi mumkin bo'lgan va kompleks hosil qiluvchi ion bilan birikuvchi guruhlar misol qilib, karboksil — COOH, sulfoksil — SO₃H, oksim — NOH, gidroksid — OH va boshqa guruhlarini keltirish mumkin. Kompleks hosil qiluvchining metall ionlari bilan koordinatsion donor akseptor bog' orqali birikuvchi guruhlar: aminoguruh — NH₂, iminoguruh =NH, oksim guruh =NOH, karbonil guruh =CO, tioefir guruh va boshqalardir.

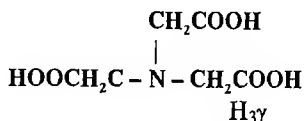
Kompleksonlarda kompleks hosil qiluvchining metall ionlari bilan bosh valentlik hisobiga o'zaro birikuvchi guruh — COOH guruhi hisoblanadi, qo'shimcha valentlik hisobiga o'zaro birikuvchi guruhi esa uchlamchi aminoguruhlardir. Kompleksonlar:



Analiz uchun quyidagi komplekslar qo'llaniladi:

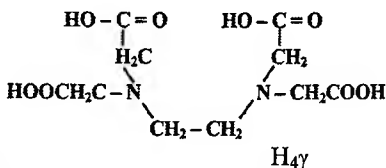
Komplekxon I.

nitril uch sirka kislota



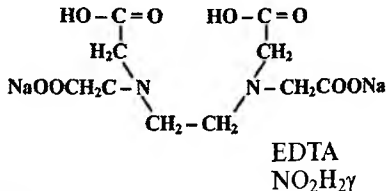
Komplekxon II.

nitril uch sirka kislota



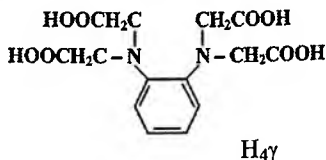
Komplekxon III.

EDTA ning dinatriyli tuzi yoki trilon-B:



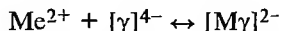
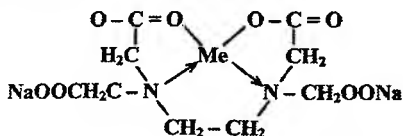
Komplekxon IV.

diaminsiklogeksanto'rtsirka kislota



Analiz amaliyotida ko'p hollarda V kompleksion III (EDTA) $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{H}_2$ qo'llaniladi, uning suvdagi, eruvchanligi yaxshi

bo'lgani uchun EDTA metallar kationlari bilan 1 : 1 nisbatda kompleks birikmalar hosil qiladi:



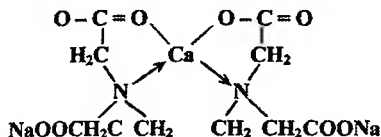
EDTA komplekslarida bog'larning bir qismi ionli, boshqasi donor-akseptorli bo'ladi. Ko'pgina metallarning EDTA bilan komplekslari oson hosil bo'ladi, ular yetarlicha barqaror hamda ko'pgina hollarda, suvda eruvchan bo'ladi. Bularning hammasi metallar tuzlarini titrimetrik aniqlashda EDTA dan foydalanish imkonini beradi.

Kompleksonometrik titrlashda metall ionlari bilan titrlashga nisbatan uncha mustahkam bo'lmagan kompleks hosil qiladigan maxsus metallxromli indikatorlardan foydalaniladi.

Komplekson III bilan ichki kompleks tuzlar hosil bo'lishida bir tomondan kompleks hosil qiluvchining ionlari karboksil guruhning aktiv vodorod atomlari o'rini egallaydi. Bunda u bosh valentlik hisobiga birikadi. Ikkinchi tomondan, qo'shimcha (koordinatsion) valentlik hisobiga kompleks hosil qiluvchining metall ionlari azot atomlari bilan bog'lanadi.

Analizda keng qo'llanadigan kompleksionning, eng ahamiyatli xossalardan biri — uning ishqoriy-yer metallarning ionlari bilan ichki kompleks tuzlar hosil qilishidir, Ma'lumki, ularni boshqa reagentlar bilan kompleks birikmalar tarkibiga o'tkazish amalda mumkin emas.

Kalsiyning ichki kompleks tuzining tuzilishini quyidagicha tasvirlash mumkin:

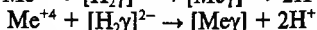
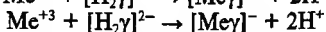
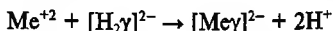


$\text{Na}_2 [\text{H}_2\gamma]$ yoki $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{H}_2$ EDTA, trilon — B.

γ — organik radikal

Kompleksonlarga o'xshash kompleksometriyaning indikatorlari ham metall ionlari bilan ichki kompleks tuzlar hosil qiladi. Bu tuzlar titrlash sharoitiga qarab, ushbu metallning komplekson III (EDTA) bilan hosil qiladigan kompleksiga nisbatan ancha beqarordir.

Kompleksonlar bilan metall kationlari orasidagi reaksiyalar stexnolitik tarzda, ya'ni qat'iy ekvivalent miqdorda boradi, bu vaziyat kompleksonlarni ko'pgina kationlarni miqdoriy jihatdan aniqlashga qulaylik yaratadi. Trilon-B, komplekson III, ko'pgina ionlar bilan, chunonchi Ca^{+2} , Mg^{+2} , Ba^{+2} , Co^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Ni^{+2} , Al^{+3} , Cr^{+3} , Cl^- , PO_4^{3-} va boshqa ionlarni aniqlashda foydalaniladi. Trilon-B eritmasi bilan har xil oksidlanish darajasi metallar ionlarining titrlaganda, quyidagi reaksiyalar o'tadi:



bu yerda: $\text{Na}_2[\text{H}_2\gamma] \rightarrow 2\text{Na}^+ + [\text{H}_2\gamma]^{2-}$

$[\text{H}_2\gamma]^{2-}$ — natriy trilonatning anioni — trilon-B ni).

Metallning bir ekvivalent massasi, uning oksidlanish darajasiga bog'liq bo'lmagan holda kompleksning bir ekvivalent massadagisini bog'laydi.

15.7. Kompleksonometriya usulida ekvivalent nuqtani belgilash usullari

Kompleksonometrik titrlashda ekvivalent nuqtani bir necha usullar yordamida belgilash mumkin:

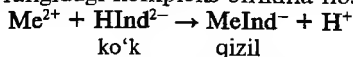
a) aniqlanuvchi kationni komplekson bilan o'zaro ta'siri natijasida eritma kationiga ekvivalent miqdorda bo'lgan H^+ ionlari ajralib chiqadi. Demak, eritmadagi vodorod ionlarining konsentratsiyasini alkalimetrik titrlash orqali aniqlab, tekshirilayotgan kation miqdori to'g'risida xulosa chiqarish mumkin.

b) kompleksonometrik titrlashda ekvivalent nuqtani fizik-kimyoviy metodlar (spektrofotometrik, amperometrik, potensiommetrik metod) bilan belgilash mumkin.

d) titrlashning oxirgi nuqtasi metall indikatorlar yordamida aniqlanadi. Bu indikatorlar organik bo'yoqlar bo'lib, kationlar

bilan rangli kompleks birikmalar hosil qiladilar. Bu rangli komplekslar, ayni kationlarni trilon-B bilan hosil qiladigan komplekslariga nisbatan beqarordir. Shu sababli, trilon-B eritmasi bilan titrlanganda metall kationlarining komplekson tomonidan bog'lanishi yuz berib, boshqa rang (ko'k rang)li erkin indikator ajraladi. Shunday qilib, ekvivalent nuqtada metallning indikator bilan kompleksining qizil rangi erkin indikatorning ko'k rangiga o'tadi.

Kompleksonometrik titrlashda indikator sifatida ko'pincha xromogen qora ET-00 ($C_{20}H_{13}O_7N_3S$) dan foydalaniladi. Bu bo'yoqning anioni ko'k rangli bo'ladi. Metall kationlari bilan bu anion qizil vino rangidagi kompleks birikma hosil qiladi:

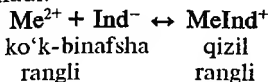


Trilon-B eritmasi bilan titrlanganda indikator kompleksi ($MeInd^{-}$) buziladi, chunki metall ionlarini trilon-B(Tr) tomonidan nisbatan mustahkam kompleksga bog'lanadi, indikator anionlari ($HInd^{2-}$) esa eritmada to'planib, eritmani ko'k rangga kiritadi:

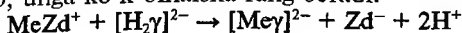


Eritmaning qizil-vino rangidan ko'k rangga kirishi muhitning $pH = 8-10$ bo'lganda, ayniqsa, yaxshi kuzatiladi. Shu sababli eritmaga ajraladigan vodorod ionlarini neytrallovchi ammoniyli bufer aralashma ($NH_4OH + NH_4Cl$) qo'shib, titrlash olib boriladi.

Kompleksonometrik titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlashda ishlatiladigan metall-indikatorlardan yana biri purpur kislotaning ammoniyli tuzi — mureksid $C_8H_6N_6O_6$ hisoblanadi. Bu indikatorning anioni Ind^{-} metall kationlari bilan qizil rangli komplekslar hosil qiladi:



Bu komplekslar metallarning trilon-B bilan hosil qiladigan komplekslariga nisbatan beqaror, shu sababli, titrlashda Me^{2+} kationlari trilon-B bilan bog'lanadi, indikator anionlari eritmada to'planib, unga ko'k-binafsha rang beradi:



Titrlash eritma ko'k-binafsha tusga kirganda to'xtatiladi. Metall ionining γ ioni bilan hosil qilgan koordinatsion birikmalarining nihoytda mustahkamligi bir guruh kationlarini titrimetrik aniqlash imkoniyatini beradi. Bunda koordinatsion birikmalarining titrant va indikator bilan mustahkam birikma hosil bo'ladi.

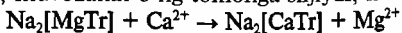
Kompleksonometrik titrlashning quyidagi metodlari mavjud: to'g'ri (bevosita) titrlash, teskari titrlash, o'rinbosarni titrlash, alkalimetrik titrlash.

1. To'g'ri titrlash oxirgi nuqtada rangini keskin o'zgartiradigan indikatorlar ma'lum bo'lganda o'tkaziladi. Masalan, magniy, stronsiy, kalsiy, rux va boshqa kationlarni trilon-B bilan indikator – mureksid yoki xromogen qora ishtirokida aniqlash mumkin.

Tekshiriladigan eritmaga bufer aralashma qo'shish bilan uning pH qiymati ishqoriy muhitga ($\text{pH} = 10$) keltiriladi va trilon-B ning standartlashtirilgan eritmasi bilan titrlanadi.

2. Teskari titrlash tekshirilayotgan metall kationi uchun indikator noma'lum bo'lgan hollarda o'tkaziladi. Tekshirilayotgan eritmaga ma'lum hajmda (ortiqcha) trilon-B ning standartlashtirilgan eritmasidan qo'shiladi, aralashma reaksiya tugallanishi uchun isitiladi, so'ng sovutilgach, trilon-B ning ortib qolgani magniy tuzi yoki rux tuzi (ZnSO_4) ning titrlangan eritmasi yordamida aniqlanadi. Bunda ekvivalent nuqta magniy yoki rux ioni uchun ishlatiladigan indikator ishtirokida belgilanadi.

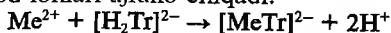
3. O'rinbosarni titrlash ko'pchilik kationlarga nisbatan magniy kationlarini trilon-B bilan mustahkam bo'lmagan kompleks hosil qilishiga asoslangan. Shu sababli, agar magniyli kompleks aniqlanuvchi metall kationlari (masalan, Ca^{2+}) bor eritma bilan aralashtirilsa, muvozanat o'ng tomonga siljiydi, masalan:



Ajralib chiqqan Mg^{2+} kationlari trilon-B ning standartlashtirilgan eritmasi bilan xromogen qora ishtirokida titrlab aniqlanadi, shu asosda tekshirilayotgan metall kationi miqdori hisoblanadi, chunki reaksiyada aniqlanuvchi kation miqdoriga ekvivalent bo'lgan Mg^{2+} kationlari ajralib chiqadi.

4. Alkalimetrik titrlash. Kompleksonning u yoki bu metall

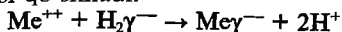
kationlari bilan o'zaro ta'sir jarayonida ma'lum ekvivalent miqdordagi vodorod ionlari ajralib chiqadi:



Ekvivalent miqdorda hosil bo'lgan vodorod ionlari ishqorning standartlashtirilgan eritmasi bilan fenolftalein ishtirokida titrlab aniqlanadi va shu asosda tekshirilayotgan eritmadagi aniqlanishi lozim bo'lgan metall kationining miqdori hisoblab chiqiladi.

15.8. Kompleksonometrik usulida indikatorlar

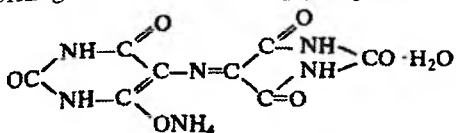
EDTA qo'llangan dastlabki titrimetrik usullarda oddiy kislota-asosli indikatorlardan ham foydalaniladi. Bunda metall tuzining neytral eritmasiga $\text{Na}_2[\text{H}_2\text{Y}]$ ning ortiqcha miqdordagi titrlangan eritmasi qo'shiladi:



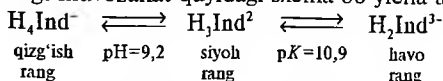
Ajralgan vodorod ionlari ishqor eritmasi bilan titrlanadi. Bunday usullar ayrim metallar doirasidagina qo'llanilishi mumkin. Bu usul o'zining amaliy ahamiyatini hozirga qadar saqlab qolgan. Kompleksonometriyaning jadal taraqqiyoti metall ionlari bilan rangini tez o'zgartiradigan, metallindikator deb nomlanuvchi moddalarning kashf etilishi bilan bog'liqdir. Bunday indikatorlarning birinchi turiga mureksid kiradi, uramildisirka kislota bilan o'tkazilgan tajriba tugagandan keyin kolbadagi uramildisirka kislota vodoprovod suvi bilan yuvilsa u holda rangning keskin o'zgarishi kuzatiladi. Rangning keskin. O'zgarishiga sabab vodoprovod suvi tarkibidagi kalsiy ionlarining uramildisirka kislota havo kislorodi bilan oksidlanishi natijasida hosil bo'ladigan mureksid bilan o'zaro reaksiyasidir.

Mureksid purpur kislota ammonyli tuzi bo'lib, ayrim kationlar ta'sirida eritmaning pH ga bog'liq holda o'z rangini o'zgartirib turadi.

Indikatorning tuzilish formulasi quyidagicha.

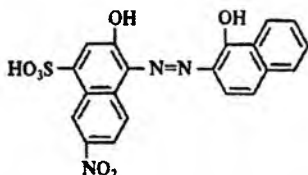


Eritmadagi muvozanat quyidagi sxema bo'yicha aniqlanadi:

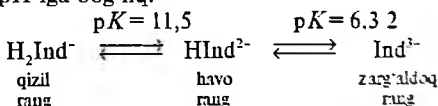


Mureksid kalsiy ioni Ca^{2+} bilan qizil rangdagi birikma, kobalt Co^{2+} , nikel Ni^{2+} , mis Cu^{2+} ionlari bilan esa sariq rangdagi birikmalarni hosil qiladi.

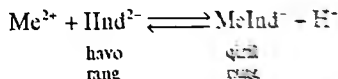
Kompleksonometriyada keng qo'llaniladigan indikatorlardan biri, bu qora erioxrom T dir. Bu indikator azobo'yoqlarga mansub bo'lib, molekulasida xelat hosil qiluvchi $-\text{OH}$ guruhi mavjuddir:



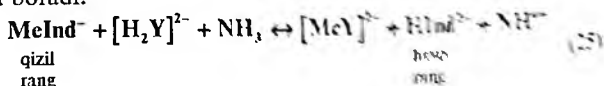
Eritmadagi proton sulfo-guruhi amalda to'liq dissotsiyalanadi. Protonni OH^- guruhidan keyingi ajralishi indikator rangining o'zgarishiga olib keladi. Qora erioxrom T ning rangi eritmaning pH ga bog'liq:



Ammiakli eritmadagi HInd^{2-} anioni metall ionlari bilan ta'sirlashib, qizil yoki binafsha rangga bo'yaladigan birikmalar hosil qiladi:



Qora erioxrom T bilan ammiakli mahulla tuzatib olib borilganda, ekvivalentlik nuqtasiga yaqin joyda quyidagi tarzda boradi:



Ko'pchilik kationlar (20 dan ortiq) qora erioxrom T bilan bo'yalgan birikmalar hosil qiladi, ammo titrlash usuli bilan faqat ularning ayrimlarinigina aniqlash mumkin. Hg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} va boshqa shularga o'xshash kationlar, qora erioxrom T bilan juda mustahkam kompleks hosil qiladi. Shuning uchun (25) ko'rinishdagi reaksiya bormasligi yoki juda ham sekin borishi mumkin.

Tajribalar, hisoblashlar yordamida aniqlanuvchi element trilon-B bilan indikator ta'sir etishi qiyin bo'lgan birikma hosil qilishligi aniqlangan.

Kompleksning indikator bilan hosil qilgan birikmasi, unchalik barqaror emasligi natijasida titrlash muddatidan ilgari tugaydi. Agar barqarorlik orasidagi farq unchalik katta bo'lmasa, amalda qora erioxrom T bilan qayta titrlanadi. Bunda, Mg^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} va boshqa kationlarni titrlash mumkin.

Kalsiy, magniy va bir qator boshqa metallarning ionlari indikatorlar bilan qizil-olcha rangga bo'yalgan ichki kompleks birikmalarini hosil qiladi.

Komplekson III bilan tarkibida aniqlanuvchi kation va indikator bo'lgan eritmani titrlashda metall ionlari indikatoridan komplekson III ga o'tadi va bu holda erkin indikator ioni ajraladi. Ekvivalentlik nuqtasida eritmaning qizil rangi indikatorning o'ziga xos bo'lgan ko'k rangga o'tadi. Qora erioxrom T ning suvdagi eritmaları beqaror bo'lib, saqlash vaqtida u parchalanadi. Qora erioxrom T o'xshash bo'lgan, ammo molekulasida NO_2^- guruhi yo'qligi bilan farqlanadigan kalmazit eritmasi ancha barqarordir. Bu moddalarning indikatorlik xossalari amalda bir xildir.

Kislotali muhitda titrlash uchun indikatorlarning ayrim uchfenilmetan bo'yoqlardan bo'lgan turlaridan foydalanildi. Ko'p kationlar (Fe^{3+} , Br^{3+} , Zn^{2+} va boshqalar)ni zarg'aldoq rangli ksilenol yoki gunafsha rangli pirekatexin indikatorlar yordamida titrlash mumkin. Shuning bilan birga aniqlanuvchi ion bilan rangli birikmalar hosil qiluvchi, o'ziga xos reaktivlardan ham foydalaniladi. Masalan, Fe^{3+} ni titrlaganda sulfosalitsil kislota yoki Vi^{3+} ni titrlashda tiomochevina kislota ishlatiladi.

Komplekson III eritmasining titrni aniqlash. Komplekson

III ning, standart (titrlangan) eritmasini tayyorlash uchun etilendiamintetrasirka kislotaning ikki molekula suv bilan kristallanadigan ikki natriyli tuzi ishlatiladi. Uning tarkibi quyidagi formulaga mos keladi: $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

1 l 0,1 n komplekson III eritmasini tayyorlash uchun

$$\frac{M_{\text{massa}}_{\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{2 \cdot 10} = 18,6 \text{ g}$$

komplekson olish kerak.

Komplekson III titrini aniqlash uchun kimyoviy toza kalsiy karbonat, kimyoviy toza rux oksidi yoki rux metali olinadi. Ma'lum miqdordagi hisoblab olingan rux metall kimyoviy toza vodorod xlorid yoki sulfat kislotada eritiladi va o'yuvchi natriy yoki ammiak bilan neytrallanadi, so'ngra ammiakning bufer eritmasi bilan suyultirilib, kerakli indikator ishtirokida komplekson III ning standart eritmasi bilan titrlanadi. Jarayon oxirlashib borayotganda, titrlash sekinlik bilan olib boriladi. Komplekson III eritmasining titri magniy tuzining fiksantli yordamida ham belgilanishi mumkin (sotuvda magniy sulfatning 0,01 va 0,05 n eritmalari bor).

1 l 0,05 n komplekson III ning eritmasini tayyorlash uchun $186,15 \cdot 0,05 \cdot 1 = 9,3075 \text{ g}$) trilon-B ning quruq tuzidan aniq o'lchab olinadi. Tortim 1 l sig'imli o'lchov kolbasiga solinadi va kolba chizig'igacha distillangan suv bilan to'ldiriladi.

Yuqorida bayon etilgan tartibda aniq konsentratsiyali eritma tayyorlash qiyin, shuning uchun, amalda trilon-B ning taxminiy konsentratsiyali eritmasi tayyorlanadi, so'ngra uning titri magniy sulfat yoki kalsiy xloridning fiksantdan tayyorlangan standart eritmasi yordamida aniqlanadi. Masalan, magniy sulfat tuzidan foydalanish mumkin.

Magniy sulfatning titrlangan eritmasini tayyorlash. Magniy sulfatning titrlangan eritmasi fiksantdan tayyorlanadi. Buning uchun ampula ichidagi tuz bidistillangan suvda eritiladi va eritmaning hajmi 1 l ga yetkaziladi. Agar fiksant bo'lmasa, u holda kimyoviy toza magniy sulfat $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan hisoblangan miqdorga yaqin tortib olinadi. Olingan tortimning hammasi o'lchov kolbasiga solinadi, bidistillangan suvda eritiladi, so'ngra suv qo'shib, eritma hajmini kolbaning 1 l belgisiga qadar yetka-

ziladi. Shundan keyin 0,05 *n* eritma uchun tuzatma va tayyorlangan eritmaning titri hisoblab topiladi.

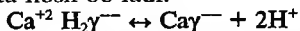
Ammoniyli bufer eritma tayyorlash. Analiz uchun zarur bo'lgan bufer eritma sig'imi 1 l li kolbada tayyorlanadi. 100 ml 20 %li NH₄Cl va 100 ml 20 %li NH₄OH kolbada aralashtiriladi, so'ngra kolbaning belgisigacha distillangan suv to'ldiriladi.

Trilon-B ning tayyorlangan eritmasi normalligini aniqlash. Konussimon kolbaga pipetka yordamida magniy sulfatning 0,05 *n* standart tayyorlangan eritmasidan 20,0 ml solinadi, uning ustiga 10 ml suv solinadi, ustiga 10 ml ammoniyli bufer eritma va bir qism indikator qora erioxrom T qo'shiladi. Konussimon kolbadagi aralashmaning rangi qizildan ko'k-binafsha tusga o'zgarguncha byuretkadagi trilon-B eritmasi bilan titrlanadi. Trilon-B eritmasining konsentratsiyasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$N_{\text{TR.B.}} = \frac{V_{\text{MgSO}_4} \cdot N_{\text{MgSO}_4}}{V_{\text{TR.B.}}}$$

15.9. Kalsiy miqdorini kompleksometrik usulda aniqlash

Kalsiyni aniqlashning kompleksometrik usuli, kalsiy ionlarini mureksid kompleksometrik usulida kalsiy ionlarini aniqlash indikator – mureksid ishtirokida komplekson III ning standart eritmasi bilan bevosita titrlashga asoslangan. Bu holda indikator kalsiy ionlari bilan qizil rangdagi kompleks birikma hosil qiladi. Eritmani komplekson III bilan titrlaganda, uning qizil rangi erkin indikatorga xos bo'lgan havo rangga o'tadi. Kalsiy tuzlarini komplekson III bilan titrlash natijasida Ca²⁺ kompleksi va kislota hosil bo'ladi:

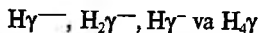


hosil bo'luvchi CaY⁻⁻ kompleksi nisbatan barqarordir:

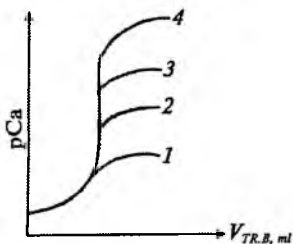
$$K_b = \frac{[\text{Ca}^{+2}] \cdot [\text{Y}^{--}]}{[\text{CaY}^{--}]} = 3 \cdot 10^{-11} \text{ mol/l}$$

Shuning uchun, reaksiya davomida erkin kislotaning hosil bo'lishi yoki uning titrlanayotgan eritmaga qo'shilishi ko'rsatilgan muvozanatni kompleksning parchalanish tomoniga, ya'ni chapga tomon siljitadi.

EDTA to'rt asosli kislota. Uning dissotsilanish konstantalari quyidagicha $pK_1 = 2$; $pK_2 = 2,7$; $pK_3 = 6,2$; $pK_4 = 10,3$. EDTA nisbatan kuchsiz kislota bo'lganligi sababli, uning Ca^{2+} bilan hosil qilgan kompleksi eritmasining dissotsiyanish konstantasi qiymati 10,3 dan past bo'lishi mumkin emas. pH ning qiymati kichik bo'lganda $\gamma^{4-} = H^+$ bilan tegishli gidroanionlarni hosil qiladi:



Bu holda kompleks $Ca\gamma^-$ parchalanadi yoki umuman hosil bo'lmaydi. Shunday qilib, kalsiy ionlarining komplekson III bilan hosil qilgan kompleks tuzlarining barqarorligi eritmaning pH qiymatiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun $Ca\gamma^-$ kompleksining hosil bo'lish reaksiyasining optimal borishini ta'minlash maqsadida kalsiy tuzini EDTA eritmasi bilan titrlashni kuchli ishqoriy $pH > 12$ bo'lgan muhitda olib borish kerak. Bu holda titrlash jarayonida hosil bo'ladigan erkin kislota to'liq neytrallashga erishiladi va bunda titrlash egri chizig'ining maksimal ko'tarilishi kuzatiladi.



Aniqlash tartibi. Hajmi 250 ml bo'lgan o'lchov kolbasida kalsiyning suvda eriydigan biror tuzining taxminiy 0,1 n li eritmasi tayyorlanadi. Konussimon kolbaga tayyorlangan eritmadan pipetka yordamida 10 ml solinadi, so'ngra ustiga 20 ml yangi distillangan suv, 10 ml 20 %li o'yuvchi natriy eritmasi, 2–3 qoshiqchada indikator solinadi va to'xtovsiz aralashtirib turgan holda komplekson III eritmasi bilan qizil rang, binafsha rang yoki ko'k rangga o'tgunga qadar titrlanadi. Jarayon oxirlab qolganda titrlash sekinlik bilan olib boriladi. Hisoblash har safaridek bajariladi.

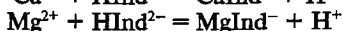
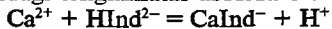
15.10. Suvning qattiqligini kompleksometrik usulda aniqlash

Suvning qattiqligi kalsiy va magniyning 1 l suvdagi milligramm-ekvivalent miqdori bilan ifodalanadi.

Umumiy qattiqlik qora erioxrom T ishtirokida, komplekson III eritmasi bilan kompleksometrik titrlash orqali aniqlanadi. Kalsiy va magniyning miqdorini alohida-alohida aniqlash zaruriyati tug'ilganda, dastlab, ularning umumiy miqdori aniqlanadi, so'ngra alohida namunada kalsiy oksolat ko'rinishida cho'kma-ga tushiriladi va magniy ionlari titrlanadi.

Analiz vaqtida tekshirilayotgan suvga ammoniy bufer eritma qo'shish bilan uning muhiti $\text{pH} = 10$ ga yetkaziladi. Indikator sifatida qora erioxrom T ishlatiladi, u Ca^{+2} va Mg^{+2} ionlar bilan to'q qizil rangli suvda eriydigan kompleksonlar hosil qiladi va eritma to'q qizil tusga kiradi. Beqaror kompleks trilon-B bilan titrlaganda parchalanadi va Ca^{+2} va Mg^{+2} ionlarining trilon-B bilan barqaror kompleksi hosil bo'ladi, rangsiz bo'ladi.

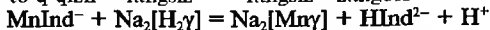
Reaksiya quyidagi tenglamalar asosida o'tadi:



Hosil bo'lgan kalsiyli kompleks birikmaning beqarorlik konstantasi $3,0 \cdot 10^{-6}$ magniyli $1 \cdot 10^{-7}$ trilon-B bilan Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlarining hosil qiladigan komplekslarining beqarorlik konstantasiga nisbatan kichik (kalsiyli kompleks uchun). Shu sababi, bu metallar ionlari bilan indikator orasida hosil bo'lgan kompleks birikma komplekson III (trilon-B) ta'sirida parchalanadi va beqaror komplekslar o'rniga nisbatan barqaror komplekslar hosil bo'ladi.



to'q qizil rangsiz rangsiz zangori



to'q qizil rangsiz rangsiz zangori

Ekvivalent nuqtada eritmaning to'q qizil rangi eritmada indikator ionlarining to'planishi natijasida ko'k (zangori) tusga o'zgaradi.

Kalsiyli qattiqlik esa ularning farqi orqali topiladi. Ayrim qo'shimchalar ishtirokida analizning borishi o'zgaradi. Masalan, mis va rux ionlari sulfid ko'rinishiga o'tkaziladi, marganes oksidlanib qolmasligi uchun esa gidroksilamin qo'shiladi.

Suvda Cl^- , SO_4^{2-} va HSO_3^- ionlarining bo'lishi, umumiy qattqlikni aniqlashda xalaqit bermaydi, chunki

$$EK_{\text{CaCO}_3} < K_{\text{kompl. Ca}^{2+}}$$

Kalsiy karbonat cho'kmasi erib ketadi va kalsiy komplekson III bilan to'liq titrlanadi.

Aniqlash tartibi. Suvning umumiy qattqligini aniqlash uchun o'lchov kolbasida aniqlanadigan suvdan 100 ml o'lchab olib, konussimon kolbaga solinadi, ustidan 10 ml ammoniyli bufer aralashmasi va bir qism indikator qora erioxrom T qo'shiladi. Aralashmani to'q qizil rangdan binafsha rang orqali ko'k-zangori rangga o'tguncha, doimo aralashtirib turgan holda buyretkadagi 0,05 n trilon-B eritmasi bilan titrlanadi. Titrlanayotganda eritmaning binafsha rangi trilon-B eritmasining bir tomchisidan ko'k rangga o'tganda titrlash tugatiladi. Ekvivalent nuqtaga yaqinlashgan sari trilon-B dan asta-sekin tomizish zarur. Titrlash 2–3 marta takrorlanadi va olingan natijalarning o'rtacha qiymatidan hisoblarda foydalaniladi.

Suvning qattqligini 1 l suvdagi Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlarining milligramm-ekvivalent soni bilan ifodalanadi. Suvning umumiy qattqligi (K) quyidag formula yordamida hisoblanadi:

$$K_1 = \frac{V_{\text{tr.B}} \cdot N_{\text{tr.B}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 1000 \text{ mg.ekv/g}$$

bunda: K – suvning mg.ekv/l hisobidagi qattqligi;

V – komplekson III eritmasining berilgan suvni titrlash uchun sarflangan hajmi, ml;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ – suvning titrlash uchun olingan hajmi, ml.

Aytaylik, aniqlanadigan (tabiiy) suvning 100 ml ni titrlash uchun o'rtacha 19,60 ml 0,04975 n komplekson eritasi sarflangan bo'lsa, suvning qattqligi quyidagicha bo'ladi:

$$K_1 = \frac{19,60 \cdot 0,04975}{100} \cdot 1000 = 9,75 \text{ mg.ekv/l}$$

Kompleksonometrik titrlash yordamida EDTA bilan titrlab, kationlar orqali cho'kmaga tushiriladigan anionlarni ham aniqlash mumkin.

Masalan, fosfatlarning miqdori MgNH_4PO_4 holida fosfat ionlarini miqdoriy cho'ktirish uchun sarf bo'lgan Mg^{2+} bo'yicha aniqlanadi. Magniy tuzining ortiqcha miqdorini qo'shib, cho'k-

ma ajratiladi hamda magniyning qoldig'i kompleksonometrik titrlash orqali aniqlanadi. Oksolatlarning miqdorini CaC_2O_4 cho'kmaga tushganidan so'ng qolgan kalsiy miqdorini aniqlash yo'li bilan analiz qilinadi.

Kompleks hosil bo'lish reaksiyasiga asoslangan titrimetrik usullarning ichida katta ahamiyatga ega bo'lgani, bu kompleksonlarni qo'llash usulidir. Deyarli barcha kationlar kompleksonlar bilan barqaror kompleks birikmalar hosil qiladi. Shuning uchun kompleksonometrik titrlash usullari universal bo'lib, ulardan turli xil ob'ektlarni analiz qilishda foydalanish mumkin. Titrlashda ekvivalentlik nuqtasini aniqlash uchun rangli indikatorlar ishlab chiqilgan. Kompleksonometrik titrlashning usullari to'xtovsiz ravishda takomillashmoqda.

Yuqori selektivlikka ega bo'lgan yangi turdagi kompleksonlar va yangi indikatorlar sintez qilinmoqda. Shuning bilan bir qatorda kompleksonometrik usullarni qo'llashning yangi sohalari kengayib bormoqda.

15.11. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar, mashqlar va masalalar

1. Hajmiy analizda cho'ktirish usullarini qo'llash uchun qanday sharoitlar talab qilinadi?

2. Cho'ktirish usullarining klassifikatsiyasi. Mor usullining ahamiyatini aytib bering.

3. Folgard usulining Mor usulidan farqi nimadan iborat?

4. AgNO_3 ning 0,025 *n* eritmasi berilgan. Uning titrini: a) xlor bo'yicha; b) NaCl bo'yicha hisoblang.

5. Cho'ktirish usulida indikatorning ahamiyati nimadan iborat?

6. Mor usuli bilan kumushni aniqlashda titrlashni qaysi tartibda olib borish kerak?

7. Rodanometrik titrlash qanday muhitda olib boriladi?

8. Agar 0,3000 g qotishmani HNO_3 da eritib, hosil qilingan eritmani titrlash uchun NH_4CNS ning 0,1000 *n* eritmasidan 23,80 ml sarflangan bo'lsa, shu qotishmada necha foiz kumush bor?

9. Agar KCl ning 25,0 ml eritmasini titrlash uchun AgNO_3 ning 0,1050 eritmasidan 34,0 ml sarflansa, shu eritmaning 250 millilitrida necha gramm KCl bor?

10. Kompleksonometriya usulining mohiyatini aytib bering.

11. Kompleksonometriyada qanday komplekslar ishlatiladi?

12. Suvning umumiy qattiqligi kompleksometrik titrlash yo'li bilan qanday aniqlanadi?

15.12. «Cho'ktirish va kompleksometrik titrlash» mavzusi bo'yicha masalalar

1. Magniy metallning komplekson III bilan birikmasida uning ekvivalentini aniqlang?

$$1. E_{\text{Mg}} = \frac{A_{\text{Mg}^{2+}}}{n}; \quad 2. E_{\text{Mg}} = \frac{A_{\text{Mg}^{2+}}}{n+4}; \quad 3. E_{\text{Mg}} = \frac{A_{\text{Mg}^{2+}}}{3};$$

$$4. E_{\text{Mg}} = \frac{A_{\text{Mg}^{2+}}}{2}; \quad 5. E_{\text{Mg}} = A_{\text{Mg}^{2+}}.$$

2. AgNO_3 eritmasida titrlanganda, qaysi holatda, titrlash sakrashi kichkina bo'ladi?

($E_{\text{K}_{\text{AgCl}}} = 1,56 \cdot 10^{-10}$; $E_{\text{K}_{\text{AgSCN}}} = 1,16 \cdot 10^{-12}$).

1. 0,1n li KCl eritmasida;
2. 0,1 n li KSCN eritmasida;
3. 0,1 n li KCrO_4 eritmasida;
4. 0,1 n li KBr eritmasida;
5. 0,1 n li KY eritmasida.

3. Qaysi holatda kompleksometriyada teskari titrlash usuli qo'llaniladi?

1. Kompleks hosil qilmaydigan kationlarni aniqlash uchun;
2. Komplekson bilan sekin reaksiyaga kirishuvchi Me^{n+} ga;
3. Anionlar (PO_4^{3-} , SO_4^{2-} va b.)ni aniqlash uchun;
4. Me^{n+} ioniga indikator yo'q bo'lganda;
5. 2) – 4) ko'rsatilgan barcha holatda.

4. Kompleksonometrik titrlashda qaysi indikatorlar ko'p qo'llaniladi?

1. Maxsus indikator;
2. Kislota-asosli indikatorlar;
3. Oksidlovchi-qaytaruvchi indikatorlar.

5. Agar 10,00 m^3 suvni titrlashga 10,25 sm^3 0,05020 n li kompleks III eritmasi sarflansa, suvning qattiqligini aniqlang?

1. 0,005145 $ng \cdot ekv.p^{-1}$;
2. 0,051455 $ng \cdot ekv.p^{-1}$;
3. 0,51455 $ng \cdot ekv.p^{-1}$;
4. 5,1455 $ng \cdot ekv.p^{-1}$;
5. 51,4550 $ng \cdot ekv.p^{-1}$.

1-variant uchun javoblari

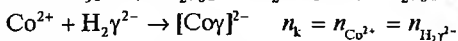
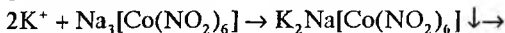
1. 1), 2), 3), 5) Noto'g'ri. $E_{Mg^{2+}}$ metall valentligiga bog'liq emas, shuningdek, ichki kompleks birikma hosil bo'lishida bitta metall ion va bitta komplekson molekulasining yarmiga teng.

4. To'g'ri.

2. 1) To'g'ri. Argentometrik titrlashda sakrash intervali kattaligi cho'kmaning erish kattaligiga bog'liq; birikmani titrlash natijasida olingan EK kattaligi qancha kichik bo'lsa, titrlash egrisining sakrash intervali shuncha keng va indikator yordamida titrlash oxirgi nuqtasini belgilash shuncha oson bo'ladi. Keltirilgan kattaliklardan $EK_{Fe_2CrO_4}$ katta. Shuning uchun titrlash sakrash kichikroq bo'ladi.

2)—5) Noto'g'ri. 1 ga qarang.

3. 1) Noto'g'ri. Kationlarni aniqlash uchun kompleks hosil qilishda almashinish usulini qo'llash yaroqsiz bo'ladi, masalan, kompleksometriya asosida K^+ ionini aniqlashda quyidagi sxema qo'llaniladi:



2)—4) Noto'g'ri. Javoblar to'liq emas.

5) To'g'ri.

4. 1) Noto'g'ri. Maxsus indikatorlarni kompleksometriyada qo'llash chegaralangan bo'ladi, chunki ular faqat aniq metall ionlari bilan reaksiyaga kirishadi. Masalan, Fe^{3+} ionini $\text{pH} = 2$ da, komplekson III bilan, indikator sifatida Fe^{3+} ioni bilan rang beruvchi birikmalar (rodanid, sulfosalitsil kislota) qo'llab titrlash mumkin. Titrlash jarayonida Fe^{3+} ioni komplekson III bilan birikib, juda mustahkam kompleks birikma hosil qiladi, shuning uchun Fe^{3+} ioni sulfosalitsil kompleksining qizil-siyoh rangi yo'qoladi.

2) Noto'g'ri. Kompleksonometriyada kislota-asosli indikatorlar neytrallash usuli bilan birgalikda tez-tez qo'llaniladi. Kompleks hosil bo'lish reaksiyasida Me^{n+} ionlarining ekvivalent miqdorida H^+ ionlarining ajralishi kuzatiladi. Ajralib chiqqan kislota odatdagi kislota-asosli indikatorlar bilan neytrallash usulida aniqlash mumkin.

3) Noto'g'ri. Oksidlovchi-qaytaruvchi indikatorlar oksidimetriya usulida qo'llaniladi.

4) Kompleksonometrik titrlashda ekvivalent nuqtani indikator belgilash mumkin emas, chunki hosil bo'lgan kompleks birikmalar rangsiz bo'ladi.

5) To'g'ri. Kompleksonometriyada turli Me^{n+} ionlari bilan rang ichki kompleks birikmalar hosil qiluvchi organik moddalar — metall-indikatorlar ko'p qo'llaniladi.

5. 1)–4) Noto'g'ri;

5) To'g'ri

$$J_{\text{minum}} = \frac{V_{\text{komp(III)}} \cdot N_{\text{komp(III)}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 1000 = \frac{10,25 \cdot 0,0520}{10,0} \cdot 1000 = 51,4850 \text{ ng} \cdot \text{ekv} \cdot \text{p}^{-1}$$

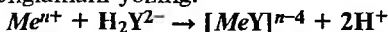
«Cho'ktirish va kompleksometrik titrlash» mavzusi bo'yicha tayyorlanish uchun dasturiy savollar

1. Komplekson III ning kalsiy ion bilan reaksiyasida uning gramm-ekvivalenti nechaga teng? (Reaksiya tenglamasini yozing) ($\frac{M_{\text{Na}_2\text{H}_2\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_8\text{N}_2}}{Y} = 327,5$).

1. $M_{\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}}$; 2. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}}}{2}$; 3. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}}}{3}$; 4. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}}}{4}$; 5. $\frac{M_{\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}}}{5}$.

2. Metall ionining komplekson III bilan reaksiyasida, uning gramm-ekvivalenti nechaga teng?

Quyidagi tenglamani yozing:



$$\begin{aligned} 1. E_{He^{n+}} &= M_{He^{n+}}; & 2. E_{He^{n+}} &= \frac{M_{He^{n+}}}{n}; & 3. E_{He^{n+}} &= \frac{M_{He^{n+}}}{n-4}; \\ 4. E_{He^{n+}} &= \frac{M_{He^{n+}}}{2}; & 5. E_{He^{n+}} &= \frac{M_{He^{n+}}}{3}. \end{aligned}$$

3. Metallning komplekson III bilan birikmasidan uning ekvivalentini aniqlang.

$$\begin{aligned} 1. E_{Al^{3+}} &= A_{Al^{3+}}; & 2. E_{Al^{3+}} &= \frac{A_{Al^{3+}}}{5}; & 3. E_{Al^{3+}} &= \frac{A_{Al^{3+}}}{4}; \\ 4. E_{Al^{3+}} &= \frac{A_{Al^{3+}}}{2}; & 5. E_{Al^{3+}} &= \frac{A_{Al^{3+}}}{3}. \end{aligned}$$

4. Temir (III) ionining, komplekson III bilan reaksiyasida uning gramm-ekvivalenti nechaga teng?

(Qisqartirilgan tenglamasini yozing)

$$\begin{aligned} 1. E_{Fe^{3+}} &= A_{Fe^{3+}}; & 2. E_{Fe^{3+}} &= \frac{A_{Fe^{3+}}}{2}; & 3. E_{Fe^{3+}} &= \frac{A_{Fe^{3+}}}{3}; \\ 4. E_{Fe^{3+}} &= \frac{A_{Fe^{3+}}}{4}; & 5. E_{Fe^{3+}} &= \frac{A_{Fe^{3+}}}{5}. \end{aligned}$$

5. Quyidagilardan barqaror kompleks ionini aniqlang (barqarorlik konstantasi ko'rsatkich - lgβ).

$$\begin{aligned} 1. [CaY]^{2-} - \lg\beta &= 10,57; & 2. [CY]^{2-} - \lg\beta &= 8,69; \\ 3. [MgY]^{2-} - \lg\beta &= 8,63; & 4. [BaY]^{2-} - \lg\beta &= 7,78; \\ 5. [MgInd]^{-} - \lg\beta &= 7,00; \end{aligned}$$

6. Komplekson III ning magniy ioni bilan reaksiyasi qanday muhitda to'liq ketadi?

1. Kuchli kislotali pH = 0–3;
2. Kuchsiz kislotali pH = 4–6;
3. Kuchli ishqoriy pH = 11–14;
4. Kuchsiz ishqoriy pH = 8–10;
5. Neytral pH = 7.

7. Komplekson III ning kalsiy ion bilan reaksiyasi qanday muhitda to'liq boradi?

1. Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$;
2. Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
3. Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$;
4. Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
5. Neytral $\text{pH} = 7$.

8. Komplekson III ning temir (III) ion bilan reaksiyasi qanday muhitda to'liq boradi?

1. Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$;
2. Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
3. Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$;
4. Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
5. Neytral $\text{pH} = 7$.

9. Kumush nitrat eritmasini ammoniy radanid eritmasi bilan titrlash qanday muhitda olib boriladi?

1. Kuchli kislotali $\text{pH} = 0-3$;
2. Kuchsiz kislotali $\text{pH} = 4-6$;
3. Kuchli ishqoriy $\text{pH} = 11-14$;
4. Kuchsiz ishqoriy $\text{pH} = 8-10$;
5. Neytral $\text{pH} = 7$.

10. Galogenlarni argentometrik aniqlashda qanday indikator qo'llaniladi?

1. Maxsus indikatorlar;
2. Kislota-asosli indikatorlar;
3. Metall-indikatorlar;
4. Oksidlovchi-qaytaruvchi indikatorlar;
5. Indikatorsiz.

11. Mg^{2+} ionini erioxrom qora indikator ishtirokida, komplekson III bilan titrlash reaksiyasida eritma qanday rangga bo'yaladi?

1. Rangsiz;
2. Qizil;
3. Sariq;
4. Pushti;
5. Ko'k.

12. Ca^{2+} ioni muriksid indikatorini ishtirokida komplekson III bilan titrlash reaksiyasida eritma qanday rangga o'tadi?

1. Pushti;
2. To'q qizil;
3. Ko'k-binafsha (liloviy);
4. Ko'k;
5. Qizil.

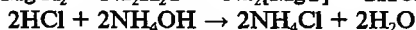
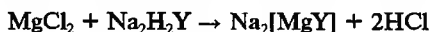
13. Fe^{3+} ionini salitsil kislota indikatorini ishtirokida komplekson III bilan titrlash reaksiyasida eritma qanday rangga bo'yaladi?

1. Rangsiz;
2. To'q qizil;
3. Sariq;
4. Ko'k-binafsha;
5. Qizil.

14. Keltirilgan indikatorlardan qaysi biri Folgard usuli (rodanometriya) bo'yicha ekvivalent nuqtasini aniqlash uchun ishlatiladi?

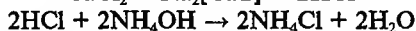
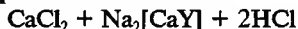
1. Fenolftalein;
2. Metiloranj;
3. Kaliy xromat;
4. Temir-ammoniyli kvarsalar;
5. Definilamin.

15. MgCl_2 eritmasini komplekson III eritmasi bilan titrlash oxirini aniqlashda ko'rsatilgan qaysi indikator yaroqli hisoblandi.



1. Erioxrom qorasi;
2. Salitsil kislota;
3. Fenolftalgin;
4. Mureksid;
5. Metiloranj.

16. Quyidagi qaysi indikator CaCl_2 ni komplekson III bilan titrlash oxirini aniqlashda ishlatiladi?



1. Metiloranj;
2. Salitsil kislota;
3. Fenolftalein;
4. Erioxrom qorasi;
5. Mureksid.

17. Nima uchun komplekson III bilan titrlashdan oldin metall ionlari bor eritmaga bufer aralashma solinadi?

1. Begona ionlari ta'sirini yo'qotish uchun;
2. Titrlash jarayonida erkin vodorod ionlari hosil bo'lganligidan doimiy pH ni ushlab turish uchun;
3. Metall-indikatorining o'tish rangini aniq belgilash uchun;

4. Reaksiya muvozanatini o'ng tomoni o'tishi uchun;

$$Me^{n+} + H_2Y^{2-} \rightarrow [MeY]^{2-} + 2H^+.$$

18. Quyidagi qaysi bufer eritma kalsiy ionini komplekson-III bilan titrlaganda ishlatiladi?

1. $\left. \begin{matrix} HCOOH \\ NaCOOH \end{matrix} \right\};$	2. $\left. \begin{matrix} CH_3COOH \\ CH_3OONa \end{matrix} \right\};$	3. $\left. \begin{matrix} C_6H_5COOH \\ C_6H_5OONa \end{matrix} \right\};$
4. $\left. \begin{matrix} Na_2HPO_4 \\ NaH_2PO_4 \end{matrix} \right\};$	5. $\left. \begin{matrix} NH_4Cl \\ NH_4OH \end{matrix} \right\}.$	

19. Qaysi modda komplekson III ning xarakteristikasi (T, N) ni aniqlash uchun qo'llaniladi?

1. $CaCO_3$;	2. $Na_2C_2O_3$;	3. $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$;
4. $NaCl$;	5. $K_2Cr_2O_7$.	

20. Qaysi modda kumush nitrat standart eritmasining normalligini aniqlash uchun ishlatiladi?

1. $NaCl$;	2. $Na_2C_2O_4$;	3. Na_2CO_3 ;
4. $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$;	5. $K_2Cr_2O_7$.	

21. Qaysi modda kaliy rodanid standart eritmasining normalligini aniqlash uchun ishlatiladi?

1. $AgNO_3$;	2. $NaCl$;	3. $Na_2C_2O_4$;
4. $K_2Cr_2O_7$;	5. $CaCO_3$.	

22. Ko'rsatilgan qaysi birikma komplekson III hisoblanadi?

1. Karboksil funksional guruh;
2. Azot atomlari;
3. Funksional karboksil guruhlar va ikkita atom azot;
4. Komplekson III barqarorligi;
5. Mg^{+2} ionini bilan ion bog'liq berish

23. Komplekson III molekulasining qaysi xossalari uning kompleks hosil qilish qobiliyatini ko'rsatadi?

1. Funksional karboksil guruhi;
2. Azot atomlarining bo'linmas qo'sh elektronlari bilan;
3. Funksional karboksil guruhi va azot atomlarini bo'linmas qo'sh elektronlari bilan;

4. Kompleksonlarni Me^{n+} ionlari bilan yuqori barqarorligini;

5. Me^{n+} ionlari bilan koordinatsion bog' hosil qilish qobiliyati.

24. Ko'rsatilgan qaysi kationni komplekson III standart eritmasi bilan to'g'ri titrlash usulida titrlash mumkin?

1. Al^{3+} ; 2. Cr^{3+} ; 3. Fe^{3+} ; 4. Ca^{2+} ; 5. Ba^{2+} .

25. Kompleksonometriya usulida suvning umumiy qattiqligi qanday usulda aniqlanadi?

1. To'g'ri; 2. Teskari; 3. Almashinish;
4. O'rin almashinish; 5. Reversion.

26. Komplekson III ni gramm-ekvivalenti qanday aniqlanadi?

1. $\frac{M_{oz}}{1}$; 2. $\frac{M_{oz}}{3}$; 3. $\frac{M_{oz}}{4}$; 4. $\frac{M_{oz}}{5}$; 5. $\frac{M_{oz}}{2}$.

M_{oz} — komplekson III ni molekula og'irligi.

27. Bir xil konsentratsiyada bo'lgan Cl^- , Br^- , I^- ionlaridan tashkil topgan aralashmani argentometriya usulida aniqlaganda cho'kmalar qanday tartibda tushadi? ($EK_{AgCl} = 1,56 \cdot 10^{-10}$; $EK_{AgBr} = 7,7 \cdot 10^{-13}$; $EK_{AgI} = 1,5 \cdot 10^{-16}$)

1. I^- , Br^- , Cl^- ; 2. Cl^- , I^- , Br^- ; 3. Cl^- , Br^- , I^- ;
4. I^- , Cl^- , Br^- ; 5. Br^- , I^- , Cl^- .

28. Ko'rsatilgan qaysi modda argentometrik titrlashda kislotali muhitda aniqlanadi?

1. $KNO_3 \cdot NaCl$; 2. $KNO_3 \cdot NaBr$; 3. $KNO_3 \cdot AgNO_3$;
4. $KCl \cdot NaNO_3$; 5. $KBr \cdot NaNO_3$.

29. Qaysi ionni Mop usulida titrlab aniqlash mumkin?

1. Ag^+ ; 2. SCN^- ; 3. Cl^- ; 4. I^- ; 5. Br^- .

30. Yodni cho'ktirish usulida aniqlaganda titrlashning qaysi usulidan foydalanadi?

1. To'g'ri; 2. Teskari; 3. Almashinish;
4. O'rin almashinish; 5. Reversion.

31. 5,00 ml KCl ni titrlashga 5,00 ml 0,01 n AgNO_3 eritmasi sarflandi. KCl ning 300 ml eritmasidagi miqdorni toping ($M_{\text{KCl}} = 74,5$).

1. 0,1117 g;	2. 1,1175 g;	3. 2,2350 g;
4. 0,02235 g;	5. 0,03656 g.	

32. NaCl ni titrlaganda 25,0 ml 0,05 n AgNO_3 eritmasi sarflanish uchun uning k.t. (x.g) tortma holatidan qancha olish kerak, ($M_{\text{NaCl}} = 58,5$).

1. 0,7312;	2. 0,07312;	3. 0,01462;
4. 1,4620;	5. 0,03656.	

33. NH_4SCN ning 2 ml 0,05 n eritmasini tayyorlash uchun tortma holatidan qancha olish kerak? ($M_{\text{NH}_4\text{SCN}} = 76,16$).

1. 0,007600;	2. 0,07600;	3. 0,7600;
4. 0,7,6000;	5. 3,800	

34. 250,0 ml 0,02 n eritma tayyorlash uchun NaCl dan, necha gramm kerak? ($M_{\text{NaCl}} = 58,5$).

1. 0,1462;	2. 0,2925;	3. 0,5850;
4. 1,4620;	5. 2,9250.	

35. Agar tarkibida 0,1053 g bor bo'lgan k.t. (x.r.) NaCl eritmasini titrlashga 36,0 ml AgNO_3 ketsa, AgNO_3 ning normaligini aniqlang ($M_{\text{NaCl}} = 58,5$).

1. 0,1000 n;	2. 0,05000 n;	3. 0,02500 n;
4. 0,5000 n;	5. 0,2500 n.	

36. 250, 0 ml 0,02 n li eritma tayyorlash uchun 2 %li NH_4SCN eritmasidan necha millilitr ($\rho = 1,00 \text{ g/ml}$) olish kerak?

1. 19,0 ml;	2. 1,90 ml;	3. 38,0 ml;
4. 3,8 ml;	5. 9,50 ml.	

37. Necha gramm rux metallidan olish kerak 250,0 ml 0,1 n eritma tayyorlash uchun ($A_{\text{Zn}} = 65,38 \text{ g}$).

1. 0,4086 g;	2. 4,086 g;	3. 0,8172 g;
4. 1,1634 g;	5. 3,2690 g.	

38. Komplekson III 25,0 ml titrlash uchun 25,0 ml 0,1 n $ZnSO_4$ eritmasidan sarflandi, komplekson III ni titrini aniqlang?

1. 0,0372 g/ml;	2. 0,3720 g/ml;	3. 0,0186 g/ml;
4. 0,1860 g/ml;	5. 1,860 g/ml.	

39. Nikel eritmasini 20,0 ml ni titrlash uchun 22,0 ml 0,02 n komplekson III sarflangan, nikel eritmasini konsentratsiyasini aniqlang? ($A_{Ni} = 58,71$ g).

1. 0,6458 g/ml;	2. 12,9162 g/ml;	3. 129,162 g/ml;
4. 6,4581 g/ml;	5. 64,5810 g/ml.	

Ko'ngilsiz holatlar yuz berganda birinchi yordam ko'rsatish

Qanday baxtsizlik yuz berishidan qat'iy nazar zudlik bilan shifokorni chaqirish lozim. Quyida yozilganlar faqat birinchi yordam sifatida qo'llaniladi:

1. Kuyish. Birinchi darajali kuyishda terining qizarishi kuza-tiladi. Kuygan joyga 90–96 %li etil spirt bilan ho'llangan paxta qo'yiladi, bu bir necha marta takrorlanadi.

Ikkinchi darajali kuyishda terida pufakchalar hosil bo'ladi; teri spirt bilan yuqorida ko'rsatilgandek ishlanadi, yoki 3–5 %li KMnO_4 eritmasi yoki yangi tayyorlangan 5 %li tanin eritmasi bilan teri jigar rangga kirguncha ho'llanadi.

Uchinchi darajali kuyishda to'qimalarning buzilishi kuzatiladi, bunda kuygan joy sterillangan bint bilan bog'lanadi va shifokor chaqiriladi.

2. Katta kesilishlar. Suv bilan jarohatni yuvmaslik kerak. Qonni o'zi jarohatni tozalaydi. Mustahkam joylashib olgan – jismlar, masalan, shisha bo'laklari shifokor ishtirokisiz jarohatdan olinmasligi lozim. Jarohat sterillangan quruq doka bilan bog'lanadi. Paxta ishlatilmasligi kerak. Agar sterillangan doka bo'lmasa, foydalanilmagan va dazmollangan dastro'mol bilan jarohatni bog'lash ham mumkin. Kuchli qon oqishchda jarohatdan yuqori qism qattiq siqib bog'lanadi.

3. Terini kislotalar, ishqorlar, brom, fosfor tomonidan kuyishi. Kuygan joy vodoprovod jo'mragidagi kuchli suv oqimi bilan yuviladi. Shundan so'ng ehtiyotlik bilan (ishqor ta'sirida kuyganda) 1 %li sirka kislotasi eritmasi bilan yoki (kislotasi ta'sirida kuyganda) natriy gidrokarbonatning 1 %li eritmasi bilan kuygan joy yuviladi. Brom ta'sirida kuyganda tananing kuygan joyi benzol bilan yuviladi. Fosfor ta'sirida kuyganda tananing kuygan qismiga mis sulfatning 1 %li eritmasiga shimdirilgan doka qo'yilib, uni bir necha marta almashtiriladi.

4. Ko'z kuyishi. Bunday holda ko'zni doimo ochiq holda ushlab vodoprovod jo'mragidan mo'l suv oqimi bilan yuvish kerak bo'ladi. Zudlik bilan shifokor chaqiriladi. Ko'z ishqorlar ta'siridan kuysa, borat kislotaning 2 %li eritmasi bilan yuvilishi, kislotasi ta'sirida kuyganda esa natriy gidrokarbonatning 3 %li eritmasi bilan yuvilishi lozim.

5. Og'iz va lablarning ishqorlar, kislotalar va og'ir metallar tuzlarining eritmalari ta'siridan kuyishi. Zaharga qarshi vositalar, masalan, sut, oqsil, suli qaynatmasi iste'mol qilinadi. Kislotalar ta'sirida kuyganda og'iz bo'shlig'ini yoki magniy oksid suspenziyasi bilan chayiladi, ishqorlar ta'sirida kuyganda esa og'iz bo'shlig'i sirka kislotalaning 1 %li eritmasi yoki limon sharbatining suvli eritmasi bilan chayiladi.

6. Nafas olish yo'llarini yallig'lantiruvchi gazlar, xlor, brom, vodorod xlorid, azot oksidlari ta'sirida zaharlanishi. Zaharlangan odam toza havoga olib chiqilib, bezovta qilinmaydi. Suv bug'lari, natriy gidrokarbonat eritmasini purkash bilan ingalyatsiya qilinadi. Kislorod bilan nafas oldiriladi. Nafas olish to'xtab qolsa, jabrlangan sun'iy nafas oldiriladi.

7. Vodorod sulfid, is gazi, sianid kislota, arsin gazi, fosfin bilan zaharlanish. Jabrlangan toza havoga olib chiqilib, bezovta qilinmaydi. Og'ir ahvolda bo'lsa, sun'iy nafas (kislorod bilan) oldiriladi. Sianid kislota ta'sirida zaharlanganda 2 g natriy tiosulfat va 0,5 g natriy nitratning 50 ml suvdagi eritmasi iste'mol qilinadi.

8. Ammiakdan zaharlanish. Sirka yoki limon sharbati qo'shilgan ko'p miqdordagi suv ichiriladi va qusishga majbur qilinadi. O'simlik moyi, sut yoki tuxum oqsili ichiriladi. Ammiak bug'lari bilan nafas olishda zaharlanish yuz bersa, jabrlangan ochiq havoga olib chiqilib, uni tinch holatda qoldiriladi.

9. Har xil zaharlar hisobiga zaharlanish. Jabrlanganga mis kuporosining 3 %li eritmasidan 15–25 ml ichirilib, qusishga majbur qilinadi va shu yo'l bilan zahar oshqozondan chiqariladi.

ILOVALAR

Kuchsiz kislota va asoslarning (25 °C) dissotsiatsiyalanish konstantalari

Nomi	Formulasi	Dissotsiatsiyalanish konstantasi	pK
Ammoniy gidrorksid	NH ₄ OH	$K = 1,8 \cdot 10^{-5}$	4,74
Oksolat kislota)	H ₂ C ₂ O ₄	$K = 5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
		$K = 5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27
Ortofosfat kislotalasi	H ₃ PO ₄	$K = 7,1 \cdot 10^{-3}$	1,96
		$K = 6,2 \cdot 10^{-8}$	6,70
		$K = 4,2 \cdot 10^{-13}$	12,44
Sirka kislotalasi	CH ₃ COOH	$K = 1,74 \cdot 10^{-5}$	4,74
Karbonat kislotalasi	H ₂ CO ₃	$K = 4,5 \cdot 10^{-7}$	1,76
		$K = 4,8 \cdot 10^{-11}$	7,20
Tsianid kislotalasi	HCN	$K = 5,0 \cdot 10^{-10}$	9,15
Sulfid kislotalasi	H ₂ S	$K = 1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
		$K = 2,5 \cdot 10^{-13}$	12,89
Sulfit kislotalasi	H ₂ SO ₃	$K = 1,4 \cdot 10^{-2}$	1,76
		$K = 6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Vodorod poroksid	H ₂ O ₂	$K = 2,0 \cdot 10^{-12}$	7,20
		$K = 1,0 \cdot 10^{-25}$	11,70
Chumoli kislotalasi	HCOOH	$K = 1,5 \cdot 10^{-4}$	3,75
Vino kislotalasi	H ₂ C ₄ H ₄ O ₆	$K = 1,0 \cdot 10^{-3}$	3,04
		$K = 4,6 \cdot 10^{-5}$	4,37
Ortoborot kislotalasi	H ₃ BO ₃	$K = 6,0 \cdot 10^{-10}$	9,24
		$K = 1,8 \cdot 10^{-13}$	
		$K = 1,6 \cdot 10^{-14}$	
Nitrit kislotalasi	HNO ₂	$K = 6,9 \cdot 10^{-4}$	3,29
Ftorid kislotalasi	HF	$K = 4,0 \cdot 10^{-10}$	3,17
Qo'rg'oshin gidroksidi	Pb(OH) ₂	$K = 9,6 \cdot 10^{-4}$	7,52

Kompleks ionlarining beqararlik konstantasi

Kompleks hosil qiluvchi ion	Kompleks ionning dissotsiatsiyalanishi	K	$pK = \lg K$
Aq^+	$[Aq(NH_3)_2] \leftrightarrow Aq^+ + 2NH_3$	$5,8 \cdot 10^{-8}$	7,17
Aq^+	$[Aq(CN)_2] \leftrightarrow Aq^+ + 2CN^-$	$1,08 \cdot 10^{-21}$	21
Al^{3+}	$[AlF]^{3-} \leftrightarrow Al^{3+} + 6F^-$	$2,0 \cdot 10^{-21}$	20,70
Cu^{2+}	$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Cu^{2+} + 4NH_3$	$2,0 \cdot 10^{-13}$	12,70
Cu^{2+}	$[Cu(CN)_4]^{2+} \leftrightarrow Cu^{2+} + 4CN^-$	$5,0 \cdot 10^{-28}$	27,30
Fe^{2+}	$[Fe(CN)_4]^{4-} \leftrightarrow Fe^{2+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-37}$	37
Fe^{3+}	$[Fe(CN)_6]^{3-} \leftrightarrow Fe^{3+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-44}$	44
Fe^{3+}	$[Fe(SCN)_6]^{3-} \leftrightarrow Fe^{3+} + 6SCN^-$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	3,50
Hg^{2+}	$[HgI_4]^{2-} \leftrightarrow Hg^{2+} + 4I^-$	$1,5 \cdot 10^{-30}$	29,82
I^-	$[I_3]^- \leftrightarrow I_2 + I^-$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,89
In^{2+}	$[In(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow In^{2+} + 4NH_3$	$2 \cdot 10^{-9}$	8,70
Co^{2+}	$[Co(SCN)_4]^{2-} \leftrightarrow Co^{2+} + 4SCN^-$	$6,3 \cdot 10^{-2}$	1,20
Co^{2+}	$[Co(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Co^{2+} + 6NH_3$	$4,07 \cdot 10^{-5}$	4,39
Co^{3+}	$[Co(NH_3)_6]^{3+} \leftrightarrow Co^{3+} + 6NH_3$	$6,17 \cdot 10^{-36}$	35,21
Cd^{2+}	$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Cd^{2+} + 4NH_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$	6,56
Cd^{2+}	$[CdI_4]^{2-} \leftrightarrow Cd^{2+} + 4I^-$	$7,94 \cdot 10^{-7}$	6,10

Eruvchanlik ko'paytmasi (EK)ning qiymati

Karbonatlar		Mn(OH) ₂	1,9·10 ⁻¹³	Bi ₂ S ₃	1,0·10 ⁻⁹
CaCO ₃	3,8·10 ⁻⁹	Zn(OH) ₂	1,2·10 ⁻¹⁷	Ag ₂ S	2,0·10 ⁻⁵⁰
CaSO ₃	4,0·10 ⁻¹⁰	Cr(OH) ₃	6,3·10 ⁻³¹	PbS	2,5·10 ⁻²⁷
Ag ₂ CO ₃	1,2·10 ⁻¹²	Cu(OH) ₂	2,2·10 ⁻²⁰	SnS	2,5·10 ⁻²⁷
CdCO ₃	1,0·10 ⁻¹²	Cd(OH) ₂	2,2·10 ⁻¹⁴	Xloridlar	
CoCO ₃	1,0·10 ⁻¹⁰	Co(OH) ₂	1,6·10 ⁻¹⁵	AgCl	1,78·10 ⁻¹⁰
SrCO ₃	1,1·10 ⁻¹⁰	Hg(OH) ₂	3,0·10 ⁻²⁶	Hg ₂ Cl ₂	1,3·10 ⁻¹⁸
ZnCO ₃	1,4·10 ⁻¹¹	Sb(OH) ₃	4,0·10 ⁻⁴²	PbCl ₂	1,6·10 ⁻⁵
NiCO ₃	1,3·10 ⁻⁷	Sn(OH) ₂	6,3·10 ⁻²⁷	Xromatlar	
MnSO ₃	1,8·10 ⁻¹¹	Sn(OH) ₄	1,0·10 ⁻⁵⁷	SrCrO ₄	3,6·10 ⁻⁵
RbSO ₃	7,5·10 ⁻¹⁴	Pb(OH) ₂	5,0·10 ⁻¹⁶	CaCrO ₄	7,1·10 ⁻⁴
FeCO ₃	3,5·10 ⁻¹¹	AgOH	1,6·10 ⁻⁸	BaCrO ₄	1,2·10 ⁻¹⁰
CuCO ₃	2,5·10 ⁻¹¹	Hg ₂ (OH) ₂	1,6·10 ⁻²³	CuCrO ₄	3,6·10 ⁻⁶
Hg ₂ CO ₃	8,9·10 ⁻¹⁷	Bi(OH) ₃	4,3·10 ⁻³¹	Hg ₂ CrO ₄	5,0·10 ⁻⁹
Sulfatlar		Sulfidlar		Ag ₂ CrO ₄	1,1·10 ⁻¹²
CaSO ₄	2,5·10 ⁻⁹	NiS	3,2·10 ⁻¹⁹	Fosfatlar	
SrSO ₄	3,5·10 ⁻⁷	ZnS	1,6·10 ⁻²⁴	MgNH ₄ PO ₄	2,5·10 ⁻¹³
BaSO ₄	1,1·10 ⁻¹⁰	MnS	2,5·10 ⁻¹⁰	AlPO ₄	5,7·10 ⁻¹⁹
PbSO ₄	1,6·10 ⁻⁸	FeS	5,1·10 ⁻¹⁸	CaHPO ₄	7,0·10 ⁻⁷
Gidroksidlar		CoS	4,0·10 ⁻²¹	BiPO ₄	1,3·10 ⁻²³
LiOH	4,0·10 ⁻²	CuS	6,3·10 ⁻³⁶	BaHPO ₄	9,1·10 ⁻⁸
Mg(OH) ₂	6,0·10 ⁻¹⁰	Ag ₂ S ₃	3,7·10 ⁻³⁸	Zn ₃ (PO ₄) ₂	9,1·10 ⁻³³
Ca(OH) ₂	5,5·10 ⁻⁶	Ag ₂ S ₃	4,0·10 ⁻²⁵	Ag ₃ PO ₄	1,3·10 ⁻²⁰
Al(OH) ₃	1,0·10 ⁻³²	Sb ₂ S ₃	1,6·10 ⁻²³	FePO ₄	1,3·10 ⁻²²
Fe(OH) ₂	7,9·10 ⁻¹⁶	Hg ₂ S	1,0·10 ⁻⁴⁷	Ni ₃ (PO ₄) ₂	5,0·10 ⁻³¹
Fe(OH) ₃	3,7·10 ⁻³⁸	HgS	1,6·10 ⁻⁵²		

I–II analitik guruh kationlarini ochish

Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob
1	1	8	3	17	3	24	4	31	2	38	1
2	1	9	5	18	2	25	2	32	1	39	1
3	5	10	5	19	4	26	4	33	2	40	3
4	4	11	3	20	1	27	4	34	5	41	1
5	2	14	5	21	3	28	4	35	1		
6	5	15	2	22	1	29	3	36	1		
7	5	16	1	23	2	30	1	37	1		

III analitik guruh kationlarini ochish

Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob
1	4	8	4	15	2	22	2	29	5	36	5
2	1	9	4	16	1	23	1	30	4	37	4
3	1	10	5	17	2	24	3	31	1	38	1
4	4	11	4	18	1	25	1	32	1	39	1
5	4	12	5	19	1	26	4	33	2	40	1
6	2	13	3	20	3	27	2	34	3	41	4
7	3	14	5	21	1	28	3	35	2	42	3

IV–V analitik guruh kationlarini ochish

Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob
1	4	6	5	11	4	16	3	21	1	26	3
2	4	7	5	12	5	17	3	22	5	27	1
3	4	8	4	13	4	18	3	23	5	28	3
4	5	9	2	14	3	19	3	24	4		
5		10	2	15	1	20	3	25	1		

I–II–III analitik guruh anionlarini ochish

Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob
1	1	5	2	9	1	13	2	17	2
2	3	6	1	10	4	14	1	18	5
3	3	7	3	11	4	15	4	19	5
4	2	8	4	12	3	16	3	20	2

Kislota-asosli titrlash usuli mavzusi bo'yicha savollar

Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob
1	5	9	5	17	4	25	5	33		41	1
2	3	10	2	18	4	26	4	34		42	1
3	5	11	2	19	1	27	3	35	2	43	4
4	1	12	4	20	1	28	3	36	1	44	4
5	1	13	2	21	1	29	2	37	3	45	2
6	4	14	2	22	1	30	3	38	4		
7	3	15	5	23	5	31	3	39	2		
8	3	16	1	24	4	32	2	40	2		

Oksidlanish qaytarilish usuli mavzusi bo'yicha savollar

Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob	Test savol-lari	Javob
1	2	8	1	15	1	22	3	29	3	36	3
2	-	9	4	16	5	23	3	30	2	37	3
3	4	10	1	17	2	24	4	31	5	38	3
4	4	11	5	18	5	25	1	32	2	39	5
5	1	12	3	19	1	26	5	33	4		
6	3	13	3	20	1	27	1	34	2		
7	3	14	4	21	1	28	3	35	2		

Tayanch so'zlar va iboralar

1. Analiz — moddalarni sifat va miqdorini aniqlash.
2. Analitik tarozi — 0,0001 gramm aniq tortish beradi.
3. Amor cho'kma — konsentrlangan eritmalaridan cho'k-tiriladi.
4. Adsorbsiya — moddani yutilishi.
5. Analitik reaksiya — «tashqi effekt» bilan o'tadi.
6. Analitik reaksiya shart-sharoitlari — analitik reaksiya o'tishi.
7. Amfoterlik — ham kislota ham asos xossalariga ega birikmalar.
8. Amfolitlar — ham kislota ham ishqor xossasiga ega.
9. Addentlar — markaziy ionni manfiy ionlar yoki neytral molekulalar koordinatlashgan.
10. Anionlar — musbat zaryadlangan ionlar.
11. Anionlar aralashmasini analizi — anionlarni topish reaksiyasini o'tkazish.
12. Adsorbsiya — moddani yutilishi.
13. Anion — musbat zaryadlangan ion.
14. Argentometriya — AgNO_3 ta'sirida titrlash.
15. Birinchi guruh anionlar reaksiyasi — anionlarni ochish.
16. Bufer eritmalar — regulyatorlar eritmani pH ini doimiy saqlaydi.
17. Birinchi guruh kationlarni analizi — I guruh kationlariga xos reaksiyalar.
18. Barqarorlik konstantasi — kompleks tuzlar uchun barqarorligi.
19. Bromometriya — oksidlanish-qaytarilish titrimetrik usul. Ish eritmasi bromat — ion.
20. Birgalashib cho'kish — birga cho'kish.
21. Birinchi, ikkinchi guruh kationlarini aralashmasini analizi — I–II guruh kationlarini aniqlash.
22. Vodorod ko'rsatkich pH — $-\lg[\text{H}^+]$ — eritmaning muhiti.
23. Gravimetrik analiz — modda massasini aniqlaydi.
24. Guruh reagent (reaktiv) — guruh kationlarni (anionlarni) cho'ktiradi.

25. Gramm-ekvivalent — ayni reaksiyada bir gramm-atom (yoki gramm-ion) vodorodga kimyoviy jihatdan teng (ekvivalent) keladigan va grammlarda, ifodalanagan miqdoriga aytiladi.

26. Gidroksid ko'rsatkich — $\lg[\text{OH}^-]$ — ishqoriy muhit.

27. Gomogen sistema — bir fazali sistema.

28. Geterogen sistema — ikki yoki uch fazali sistema.

29. Gidroliz — erigan tuz ionlarining suv ionlari bilan H^+ va OH^- ta'siriga aytiladi.

30. Gidroliz darajasi — tuzning umumiy miqdoridan qancha qismi gidrolizlanganini ko'rsatadi.

31. Dissotsiatsiya — tuzlarni suv ta'sirida ionlanish.

32. Dissotsiatsiya darajasi — ionlanish darajasi elektrolitni umumiy miqdordan qanday qismi dissotsiyalanmaganligini ko'rsatadi.

33. Dissotsiatsiya konstantasi yoki elektrolitning ionlanish konstantasi — elektrolitning ionlarga ajralish moyilligining o'lchovidir.

34. Yodometrik usuli — modda yod eritmasi bilan bevosita oksidlanishi.

35. Indikatorlarning xromofor nazariyasi buyicha modda rangi uni molekulasidagi xromofor deb ataluvchi va aqsixrom-guruh bo'lishiga bog'liq.

36. Indikator ko'rsatkich indikator bilan titrlashni tugatildigan pH kattaligi.

37. Ion — zaryadlangan chastitsa.

38. Indikatorlarni ion nazariyasi — eritma pH ini o'zgarishi bilan pH qiymati o'zgaradi.

39. Indikator ion — xromofor nazariyasi.

40. Indikator — reaksiyani muvozanat paytini aniqlaydi.

41. Indikator nazariyasi — indikatorni tanlash, *EN* belgilab beradi.

42. Ichki koordinatsion sfera — komplekson.

43. Ikkinchi guruh kationlarini analizi — kationlarni aniqlash.

44. Kation — manfiy zaryadlangan ion.

45. Qo'shaloq tuz (oddiy tuzni aralashmasi) — dissotsiyalanishda ham kationlar, ham anionlarga ajraladi.

46. Kompleks tuz — dissotsiyalanishi ichki va tashqi koordinatsion sferasini hosil qiladi.

47. Kristall cho'kma — eritma doimo cho'ktiriladigan birikmaga kamroq o'ta to'yingan bo'ladi.

48. Kimyoviy reaksiya tezligi — vaqt birligi ichida reaksiya yo'nalishi bilan modda konsentratsiyasining o'zgarishi.

49. Qaytar reaksiya — ikki yo'nalishda o'tadi.

50. Qaytmas reaksiya — bir yo'nalishda o'tadi.

51. Kimyoviy muvozanat — sistemada ayni harorat va boshqa tashqi sharoit doimiyligida reaksiyada ishtirok etuvchi komponentlarning muvozanat konsentratsiyalari barqarorligi.

52. Kinetika — kimyoviy reaksiya yo'nalish tezligini xarakterlaydi.

53. Kimyoviy kinetika — kimyoviy reaksiya tezligini o'rganadigan kimyo fanining bo'limi.

54. Kimyoviy reaksiyaning tezlik konstantasi — kimyoviy reaksiya tezligini reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyaga bog'liq.

55. Qaytaruvchi — modda o'ziga elektron qo'shadi, valentligi kamayadi.

56. Kompleks ion — yo musbat, yo manfiy zaryadlangan kompleks ion.

57. Kompleks kation — manfiy zaryadlangan ion.

58. Kompleks anion — musbat zaryadlangan ion.

59. Kompleks birikmalar — markaziy atom (ion) va uni o'rab olgan ligandlardan tuzilgan.

60. Kolloid eritma — sistemalarda eritilgan moddaning o'lchami 10^{-7} dan 10^{-15} sm li zarracha hoida bo'lib, bu chin eritmadagi ion va molekulalar o'lchamidan ancha katta bo'ladi, lekin cho'kmaga tushuvchi zarracha o'lchamidan ancha kichikdir.

61. K_d — dissotsiyanlash konstantasi — elektrolitning ionlar-ga ajralish moyilligining o'lchovidir.

62. Kimyoviy muvozanat — reaksiyaning ikki tomonidan tezliklari teng bo'lish.

63. Kompleksonometrik usuli — eritmada turli kationlarni EDTA bilan ta'sirlanishi.

64. Kompleksonlar — poliaminopolikarbon kislotalar.

65. Komplekson III — etilendiamintetra sirka kislotani ikki natriyli tuzi, (trilon-B, EDTA).

66. Qaytaruvchilarni aniqlash – yod eritmasi bilan bevosita qaytaruvchilar titrlanadi.

67. Ligand – (dentatye – tishli) markaziy ion atrofidan ma'lum sondagi koordinatsion o'rin egallashi bilan xarakterlanadi. Bo'lishi mumkin neytral molekula yoki musbat zaryadli ionlar.

68. Molyar konsentratsiya (X^-) – modda miqdori (X) molni hajmiga nisbatidir.

69. Massalar ta'siri qonuni – muvozanat hosil bo'lganda reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalar konsentratsiya ko'paytmasining reaksiya uchun olingan moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasiga bo'lgan nisbatini berilgan temperaturada shu reaksiya uchun doimiy son bo'lib, muvozanat konstanta.

70. Miqdoriy analiz – moddani miqdorini aniqlaydi.

71. Muvozanat konsentratsiya – erigan modda bilan erituvchi o'zaro ta'sirlashuvi jarayonida muvozanat holatga keladi.

72. Muvozanat konstantasi – o'zgarmas harorat va bosimda muvozanat konstantasi doimiy bo'lib, reaksiyaga ishtirok etuvchi komponentlar konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmaydi.

73. No'malum moddani aniqlash – sifatini aniqlash.

74. Normallik – 1 l eritmada necha gramm-ekvivalent erigan modda borligini ko'rsatadi.

75. Neytrallash reaksiya kislota, asosni o'zaro ta'sirlashuvi.

76. Normal potentsial – muhitni ta'sirida o'lgangan potentsial.

77. Nernst tenglamasi – potentsialni aniqlaydi.

78. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalar – reaksiyaga kirishuvchi zarrachalar orasida elektronlarning bir-biriga o'tishidir.

79. Oksidlanish-qaytarilish indikatorlar yoki (redoks-indikatorlar) – sistemani oksidlanish-qaytarilish potentsialiga qarab o'z rangini o'zgartiruvchi moddalar.

80. Oksidlovchilarni aniqlash – yod ionlarini oksidlanishi hamda ajralgan erkin yodni natriy tiosulfat bilan titrlashga asoslangan.

81. Okklyuziya – qo'shimcha moddalarni eritmadan ichki qismiga biriktirish.

82. Oksidlanish-qaytarilish jarayon – bir moddani oksidlanish jarayonini boshqasini qaytarilishi bilan uzluksiz bog'langan bo'ladi.

83. Oksidlanish-qaytarilish potensial — oksidimetrik reaksiyalarni yo'llantiradi.

84. Oksidlanish-qaytarilish titrlash egri chiziklari — titrlash jarayonida oksidlanish-qaytarilish potensialini o'zgarishini ko'rsatadi.

85. Oksidlanish — atom (ionni) elektron yo'qotishi.

86. Qaytarilish — atom (ionni) elektronni biriktirishi.

87. Oddiy tuz dissotsiylanishda kation va anion hosil qiladi.

88. Oksidlovchi — modda o'zidan elektron chiqaradi, valentligi oshadi.

89. Permanganatometrik usuli — kaliy permanganatni qaytaruvchilar bilan kislotali muhitda reaksiyasiga asoslangan.

90. Potensial — kuchlanish.

91. Reaksiya sezgirliги — ionlarni aniqlash uchun eng kam kerak bo'lgan moddani konsentratsiyasi.

92. Reaksiya ochilish minimumi — ma'lum sharoitda reaktiv bilan ochilish bo'lgan moddani eng kichik miqdori.

93. Reaksiya tezligi — ma'lum vaqtda reaktiv bilan ta'sirlanish tezligi.

94. Reaksiya — ikki moddani (molekulalarni) o'zaro ta'sirlanishi.

95. Real potensial — bir normal o'z eritmasiga tushirilgan elektrodni potentsiali, 25 °C.

96. Reagent (reaktiv) — reaksiyani o'tkazish uchun ta'sir etadigan modda.

97. Suvning qattiqligi — kalsiy va magniy molyar ekvivalent konsentratsiyasi bilan xarakterlanadi.

98. Suvni yo'qolovchi qattiqlik — suvning tarkibida gidrokarbonatlar bo'lsa, karbonatli qattiqlik; qaynatilsa, yo'qoladi.

99. Suvning doimiy qattiqligi — suvdagi gidrokarbonatlardan boshqa yana turli eruvchan tuzlar ham bo'ladi.

100. Suvning umumiy qattiqligi — suvning doimiy va karbonatli qattiqlikligini yig'indisi bo'ladi.

101. Sig'im — o'lchov, *ml*.

102. Suyultirish chegarasi — eng kam bo'lgan konsentratsiyaga teskari bo'lgan kattalik.

103. Sezgir reaksiya — ma'lum sharoitda reaktiv bilan ochilish mumkin bo'lgan moddani eng kichik miqdori.

104. Suvning ionlanish konstantasi — suvni ionlarga ajralishi miqdori.

105. Spetsifik reaksiya — bitta (ikkita) ionga xos reaksiya.

106. Titrlangan eritma — yuqori aniqlikdagi konsentratsiyali eritma. Titri (konsentratsiyasi) aniq.

107. Titrlash — aniq titrlangan eritmani aniqlanishi kerak bo'lgan ikkinchi modda eritmasiga asta-sekin (tomchilab) qo'shib, uning aniq ekvivalent miqdorini topishdir.

108. Titrant — titrlanuvchi eritmani ko'pincha ishchi eritma (titrant) deyiladi.

109. Titrlash usullari — titrlash reaksiyalar asosida.

110. To'g'ri titrlash — aniqlanadigan modda titrlanadi.

111. Teskari titrlash —

112. Titr — litrda erigan modda grammlar soni.

113. Trilon-B — kompleks hosil qilishda titrlanuvchi ishchi eritma.

114. Tortiladigan holat (gravimetrik) — aniq o'zgarmas formulaga ega.

115. Titrlash egri chiziqlari — titrlash davomida reaksiyada ishtirok etayotgan eritma konsentratsiyasini (yoki konsentratsiya logarifmi eritmani qandaydir xossasi) qo'shilayotgan titrant hajmi bog'liqligini grafik asosida tushuntiriladi.

116. Tarozi — kerakli tortimni olish.

117. Tanlovchan reaksiya — ion o'ziga xos reaktiv bilan reaksiyaga kirishligi.

118. Tuz effekti — bir ismli ioniga ega bo'lmagan tuzlar ishtirokida eruvchanligi ortadi.

119. Tuzni analizi — sifat va miqdorni topish.

120. Tashqi koordinatsion sfera — zaryadlangan ion.

121. To'g'ri reaksiya — bir yo'llanishda o'tadigan reaksiya.

122. II guruh kationlar analizi — kationlarga xos reaksiyalar o'tkazish.

123. III guruh kationlar analizi — kationlarni aniqlash.

124. III guruh kationlarni aralashmasini analizi — kationlarni aniqlash.

125. Umumiy reaksiya — guruh ionlari bilan o'tadigan reaksiya.

126. O'lchov idish — aniq sig'imli idish.

127. Hajmiy usul — reaksiya uchun sarflangan aniq konsentratsiyali reaktivning miqdori aniq o'lchashga asoslangan.

128. Xromatometriya usuli — kaliy bixromat bilan kislota muhitda oksidlash reaksiyasi.

129. Xelatlar — bir yoki bir nechta siklga ega bo'lgan koordinatsion birikmalar.

130. Xususiy reaksiya — ikkita, uchta ionga xos reaksiya.

131. Hajmiy usulning asosiy sharti — ekvivalent nuqtani aniqlash.

132. Cho'ktirilgan shakl — eritmada aniqlanuvchi komponentni cho'ktirish.

133. Cho'ktiruvchi — ta'sirida cho'ktirilgan shakl hosil bo'ladi.

134. Cho'ktirish — cho'ktirilgan shakl hosil qilish.

135. Cho'ktiruvchi miqdori — to'la cho'ktirish uchun aniq bo'lishi kerak.

136. Cho'ktirish reaksiyasi — cho'ktirish shaklini hosil qiladi.

137. Eruvchanlik ko'paytmasi (*EK*) — to'yingan eritmada ionlarning ko'paytmasini o'zgarmasdan saqlab turadi.

138. Ekvivalent nuqta — titrlash uchun qo'shilgan reaktiv miqdori aniqlanayotgan modda miqdoriga kimyoviy ekvivalent bo'lgan vaziyat.

139. Ekvivalent — o'ziga biriktira oladigan yoki, aksincha, o'zidan chiqaradigan kislota-asosli reaksiyalarda bitta vodorod ioniga yoki oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida bitta elektrogiga boshqa bir namuna ekvivalent.

140. Eritish — ionlarga ajratish.

141. Erish — ionlarga parchalanish.

142. Elektrolitning ionlanish konstantasi — elektrolitning ionlarga ajralish moyilligining o'lchovidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Alekseyev V.N. Miqdoriy analiz, —T.: O'qituvchi, 1976.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Т. 1, 2. —М.: Высшая школа, 1989.
3. Барсукова З.А., Аналитическая химия. —М.: Высшая школа, 1990.
4. Метерс Д.Ю, Хаей С. ДЖ., Хифтье Ч. Теория и практика аналитической химии. Т. 1, 2. — М.: Химия, 1978.
5. Фритц Джс. Шенк Ч. Количественный анализ. —М.: Мир. 1978.
6. Понамарев В. Д. Аналитическая химия, Т. 1, 2. —М.: Высшая школа, 1982.
7. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Т. 1, 2, 3. —М.: Химия, 1970.
8. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. — М.: Химия, 1977.
9. Скуг Д.К., Уэст Д. Основы аналитической химии. Т. 1, 2. — М. Мир, 1979.
10. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. — М.: Высшая школа, 1987.
11. Лурье Ю.Ю. Современная аналитическая химия. — М.: Химии, 1979.
12. Лейтинен Г.А., Харрис В.Е. Количественный анализ. — М.: Химия, 1979.
13. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по аналитической химии. — М.: Изд-во МГУ, 1984.
14. Булатов М.И. Расчеты равновесной аналитической химии. —М.: Химия. 1984.
15. Мусакин А.П., Хранковский А.И., Шайкинд С.П., Эфрос С.М. Задачник по количественному анализу. Изд-во — Д.п. Химия, 1972.
16. Миркомилова М.С. Аналитик кимё. — Т.: Ўзбекистон, 2001.
17. Rasulov K. R. Analitik kimyo. G'afur G'ulom nashriyoti, 2004.

18. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии, –М.: Высшая школа, 2004.

19. Шарло Г. Методы аналитической химии. Т. I, II. –М.: 1980.

20. Миркомилова М.С. Аналитик кимё. –Т.: Ўзбекистон. 2005.

21. Кельнер и др. Аналитическая химия, проблемы и подходы. Т. 1, 2. –М.: Мир. 2004.

22. Harvey D. Modern analitik Chemistry, Copyright, In 2000/ The M. Ysaw. Hill Companis, USA.

23. Отто М. Современные методы аналитической химии. Т. 2. – М.: Мир, 2003.

24. Whos Who in Analitical Chemistry, Europe. /Ed: M. Varcarel Cases and A. Rios Castro, Berlin etc: Springer-Verteger. 2002.

Internet saytlari

<http://www.anchem.ru> – Журнал аналитической химии (РФ).

<http://www.chemport.ru> – Kimyo bo'yicha barcha jurnallar ro'yxati.

<http://www.rusanalitchem.org> – Analitik kimyoning turli sohada qo'llanilishi.

Mundaija

Kirish	3

I bob. Analitik kimyo va uning ahamiyati

1.1. Analitik kimyo fani va uning usullari.....	6
1.2. Analitik kimyoning rivojlanish tarixi.....	9
1.3. Sifat analitik reaksiyalarini bajarish usullari.....	13
1.4. Analitik reaksiyalarning shart-sharoitlari, ularning sezgirligi va o'ziga xosligi	20
1.5. Eritmani bo'lib-bo'lib va sistematik analiz qilish tartibi ...	27
1.6. Sifat analizda guruh reagenti	29
1.7. Kationlarning sinflanishi.....	31
1.8. Yarimmikro usul bilan bajariladigan usullar (idishlar, asboblarda va uskunalar)	34
1.9. Analitik kimyo laboratoriyasida ishlash tartibi	40
Xavfsizlik texnikasi	41
O'z-o'zini tekshirish uchun savollar	43

II bob. Nazariy masalalar

2.1. Massalar ta'sir qonuni	44
2.2. Elektrolitik dissotsiylanish. Elektrolitlar dissotsiylanish darajasi	48
2.3. Suvning ion ko'paytmasi. Vodorod ko'rsatkich, gidroksid ko'rsatkich.....	53
2.4. Bufer eritmalar	57
2.5. Bufer eritmalarining pH ini hisoblash	62

III bob. Kationlarining birinchi analitik guruhi

3.1. Birinchi guruh kationlarining umumiy tavsifi va reaksiyalari	67
3.2. K^+ kationlarining reaksiyalari.....	69
3.3. Na^+ kationlarining reaksiyalari.....	71
3.4. NH_4^+ kationlarining reaksiyalari.....	72

3.5. Mg^{2+} kationlarining reaksiyalari	74
3.6. I analitik guruh kationlarining aralashmasining analizi	77
3.7. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar	80

IV bob. Kationlarning ikkinchi analitik guruhi

4.1. Geterogen sistemalardagi muvozanat. Eruvchanlik ko'paytmasi	82
4.2. Cho'kma hosil bo'lishiga ta'sir etuvchi omillar	86
4.3. Cho'kmaning erishi	92
4.4. II guruh kationlarining umumiy tavsifi	95
4.5. II guruh kationlarining guruh reagentining guruh kationlariga ta'siri	98
4.6. Ba^{+2} kationini reaksiyalari	100
4.7. Sr^{2+} kationlarining reaksiyalari	104
4.8. Ca^{+2} kationini reaksiyalari	106
4.9. I va II guruh kationlarining aralashmasini analiz qilish tartibi	110
4.10. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar	113

V bob. Kationlarning uchinchi analitik guruhi

5.1. III guruh kationlarining umumiy tavsifi	127
5.2. Tuzlarning gidrolizlanishi	134
5.3. Kompleks birikmalar	141
5.4. Oksidlanish-qaytarilish nazariyasi. Oksidimetriya	146
5.5. Amfoterlik	152
5.6. Temir Fe^{3+} kationlarining reaksiyalari	154
5.7. Mn^{+2} kationlarining reaksiyalari	157
5.8. Ni^{2+} kationlarining reaksiyalari	158
5.9. Alyuminiy Al^{3+} kationlarining reaksiyalari	160
5.10. Cr^{3+} kationlarining reaksiyalari	164
5.11. Zn^{2+} kationlarining reaksiyalari	166
5.12. III guruh kationlari aralashmasidan ayrim kationlarni (Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}) aniqlash	168
5.13. I, II va III analitik guruh kationlari aralashmasining analizi	171
5.14. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar	179

VI bob. Kationlarning to'rtinchi analitik guruhi

6.1. To'rtinchi guruh kationlarining umumiy tavsifi	188
6.2. IV guruh reagentining kationlarga ta'siri	189
6.3. Cu^{2+} kationlarining reaksiyalari.....	194
6.4. Cd^{2+} kationlarini reaksiyalari	196
6.5. Bi^{3+} kationlarining reaksiyalari.....	196
6.6. Qalay (IV) Sn^{4+} kationlarining reaksiyalari	198
6.7. Surma Sb^{3+} kationining reaksiyalari	201
6.8. Mishyak As^{3+} kationlarining reaksiyalari	203
6.9. IV guruh kationlarini aralashmasini analiz qilish tartibi	208
6.10. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar	211

VII bob. Kationlarning beshinchi analitik guruhi

7.1. Beshinchi guruh kationlarining umumiy tavsifi	213
7.2. Kumush Ag^+ kationining reaksiyalari	215
7.3. Qo'rg'oshin (II) Pb^{2+} kationlarining reaksiyalari.....	217
7.4. Simob (I) Hg_2^{2+} kationlarining reaksiyalari	219
7.5. Beshinchi guruh kationlari aralashmasining analiz qilish tartibi.....	220
7.6. I–V guruh kationlari aralashmasini analiz qilish tartibi	221
7.7. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar	225

VIII bob. Anionlar

8.1. Anionlar umumiy tavsifi, sinflanishi	232
8.2. Sulfat anionlarining SO_4^{2-} reaksiyalari.....	235
8.3. Sulfit anionlari SO_3^{2-} ning reaksiyalari	236
8.4. Tiosulfat anionlari $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ning reaksiyalari.....	238
8.5. Karbonat anionlari CO_3^{2-} ning reaksiyalari	239
8.6. Fosfat anionlari PO_4^{3-} ning reaksiyalari.....	240
8.7. Silikat anionlari SiO_3^{2-} ning reaksiyalari.....	242
8.8. Birinchi guruh anionlari aralashmasini analiz qilish tartibi.....	243
8.9. Anionlarning ikkinchi analitik guruhi. Ikkinchi guruh anionlarining umumiy tavsifi.....	245

8.10. Xlorid Cl^- anionlarining reaksiyalari	246
8.11. Bromid Br^- anionlarining reaksiyalari	248
8.12. Yodid I^- anionlarining reaksiyalari	248
8.13. Sulfid S^{2-} anionlarining reaksiyalari	250
8.14. Ikkinchi guruh anionlarni analiz qilish tartibi.....	250
8.15. Anionlarning uchinchi analitik guruhi. Uchinchi guruh anionlarining umumiy tavsifi	253
8.16. Nitrat NO_3^- anionlarining reaksiyalari.....	254
8.17. Nitrit NO_2^- anionlarining reaksiyalari	255
8.18. Asetat anionlari CH_3COO^- ning reaksiyalari.....	257
8.19. I, II va III analitik guruh anionlari aralashmasini analiz qilish tartibi.....	258
8.20. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar va mashqlar.....	262

IX bob. Quruq tuz

9.1. Noma'lum moddani analiz qilishning umumiy tartibi. Quruq moddani analizga tayyorlash va dastlabki sinovlar.....	268
9.2. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar	272

X bob. Miqdoriy analiz

10.1. Miqdoriy analizning usullari va vazifalari	273
10.2. Analitik tarozilar va tortish texnikasi	277
10.3. Miqdoriy analizdagi xatolar	285

XI bob. Gravimetrik (tortma) analiz

11.1. Gravimetrik analizning ahamiyati.....	287
11.2. Moddani analizga tayyorlash va o'rtacha namuna olish.....	289
11.3. Moddadan aniqlanuvchi komponentni cho'ktirish.....	291
11.4. Birgalashib cho'kish holatlari (absorpsiya, okkluziya).....	295
11.5. Cho'kmalarni eritmadan ajratish va yuvish.....	300
11.6. Cho'kmalarni filtrlash va qizdirish.....	303
11.7. Gravimetrik analiz natijalarini hisoblash.....	306
11.8. Gravimetrik analizga misollar.....	309
11.9. Natriy gidrofosfat eritmasi tarkibidagi PO_4^{3-} ioni miqdorini aniqlash.....	311

11.10. Temir (III) xlorid tarkibidagi temir miqdorini aniqlash	313
11.11. O'zini o'zi tekshirish uchun savollar va mashqlar	315

XII bob. Titrimetrik (hajmiy) analiz

12.1. Titrimetrik analizning ahamiyati.....	320
12.2. Titrimetrik analiz usullarida ekvivalent nuqtani aniqlash	322
12.3. Titrimetrik analiz usullarining sinflanishi.....	323
12.4. Titrlangan va standart (etalon) eritmalar tayyorlash	326
12.5. Titrimetrik analiz usullarida suyuqliklar hajmini o'lchash asboblari.....	330
12.6. Titrimetrik analizda eritmalarining normalligi. Gramm-ekvivalent soni	335
12.7. Titrimetrik analizdagi natijalarini hisoblash	340

XIII bob. Kislota-asosli neytrallash usuli

13.1. Neytrallash usulining ahamiyati.....	361
13.2. Kislota-asosli usulida ishlatiladigan indikatorlar	365
13.3. Indikator rangining o'zgarish sohasi, indikator ko'rsatkich.....	374
13.4. Titrlash egri chiziqlari. Kuchli kislotalarni kuchli ishqor bilan titrlash.....	377
13.5. Kuchsiz kislotalarni kuchli ishqor bilan titrlash egri chiziqlari.....	382
13.6. Kuchsiz asosni kuchli kislota bilan titrlash	388
13.7. Neytrallash usuliga doir laboratoriya mashg'ulotlari.	392
Buraning standart (titrlangan) ish eritmasini tayyorlash	392
13.8. Xlorid kislotalarining 0,1 n eritmasini tayyorlash va uning konsentratsiyasini aniqlash	394
13.9. Eritmadagi ishqor miqdorini aniqlash.....	397
13.10. O'yuvchi natriy NaOH bilan natriy karbonat Na_2CO_3 miqdorini ikkala modda ishtirokida aniqlash.....	397
13.11. Teskari titrlash usuli bilan ammoniy tuzlari tarkibidagi ammiakni aniqlash.....	399
13.12. Suvning karbonatli qattiqligini aniqlash	401
13.13. O'yuvchi natriy (NaOH)ning titrlangan ish eritmasini tayyorlash	402

13.14. Oksolat kislolaning standart eritmasini tayyorlash	403
13.15. NaOH eritmasining normalligini shavel	
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ kislolaning ish eritmasi bo'yicha aniqlash	405
13.16. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar, mashqlar va misollar.....	406

XIV bob. Oksidlanish-qaytarilish (oksidimetriya) usullari

14.1. Redoksimetrik usullarning ahamiyati	420
14.2. Oksidlanish-qaytarilish potentsiallari va reaksiyaning yo'nalishi	422
14.3. Redoksimetriyada oksidlanish-qaytarilish usulining titrlash egri chiziqlari.....	428
14.4. Oksidlanish-qaytarilish usullarida ishlatiladigan indikatorlar	433
14.5. Permanganatometriya	437
14.6. $KMnO_4$ ning ish eritmasini tayyorlash.....	440
14.7. $KMnO_4$ eritmasi titrini oksolat kislolaning standart eritmasi bo'yicha aniqlash.....	442
14.8. Fe^{2+} miqdorini aniqlash	443
14.9. Vodorod peroksid H_2O_2 ni aniqlash	445
14.10. Nitritlarni aniqlash.....	445
14.11. Ca^{+2} ionining eritmadagi miqdorini aniqlash.....	446
14.12. Yodometriya	449
14.13. Qaytaruvchilarni aniqlash	450
14.14. Oksidlovchilarni aniqlash.....	452
14.15. Natriy tiosulfatning foizli eritmasidan uning 0,02 n eritmasini tayyorlash	455
14.16. Yod eritmasini tayyorlash	458
14.17. Natriy sulfitni aniqlash.....	459
14.18. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar, mashqlar va masalalar	461

XV bob. Cho'ktirishga va kompleks hosil qilishga asoslangan usullar

15.1. Cho'ktirish usullarini umumiy tavsifi	472
15.2. Cho'ktirish usullarini sinflanishi	473
15.3. Cho'ktirish usulining titrlash egri chiziqlari	475
15.4. Argentometriya	480

15.5. Rodanometriya	483
15.6. Kompleksometrik titrlash asoslari, kompleksonlar	487
15.7. Kompleksonometriya usulida ekvivalent nuqtani belgilash usullari	491
15.8. Kompleksonometrik usulida indikatorlar	494
15.9. Kalsiy miqdorini kompleksometrik usulda aniqlash..	498
15.10. Suvning qattiqligini kompleksometrik usulda aniqlash	500
15.11. O'z-o'zini tekshirish uchun savollar, mashqlar va masalalar	502
15.12. «Cho'ktirish va kompleksometrik titrlash» mavzusi bo'yicha masalalar	503
Ko'ngilsiz holatlar yuz berganda birinchi yordam ko'rsatish	513
Ilovalar.....	515
Tayanch so'zlar va iboralar.....	520
Foydalanilgan adabiyotlar.....	527

M. MIRKOMILOVA

ANALITIK KIMYO

Qayta ishlangan va to'ldirilgan uchinchi nashri

Muharrir: N. Rustamova

Badiiy muharrir: M. Odilov

Kompyuterda sahifalovchi: A. Tillaxo'jayev

Nashr. lits. AI № 174. Bosishga ruxsat 28.05.2015-y.da berildi.
Bichimi 60×84 ¹/₁₆. Ofset qog'ozi №2. «Times» garniturası.
Shartli b.t. 31,15. Nashr hisob t. 33,5. Adadi 500 dona.
23-buyurtma.

«IQTISOD-MOLIYA» nashriyotida tayyorlandi.
100084, Toshkent, Kichik halqa yo'li ko'chasi, 7-uy.

«HUMOYUNBEK-ISTIQLOL MO'JIZASI»
bosmaxonasida chop etildi.
100000. Toshkent, Amir Temur 60«A»-uy.