

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
AL-XORAZMIY NOMLI URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI



« KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR» KAFEDRASI

**«FIZIK-KIMYOVIY TAHLILNING
ZAMONAVIY USULLARI»
FANIDAN**

magistrlar uchun

O'QUV - USLUBIY MAJMUA.

Bilim sohasi:	300000 – Ishlab chiqarish. Texnik soxa
Ta'lim sohasi:	320000 – Ishlab chikarishlar texnologiyasi
Bakalavriat yo'nalishlari:	Barcha magistratura mutaxassisliklari uchun

URGANCH -2013

Saparbaeva N.K. « Fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari » fani bo'yicha.
Urganch, Urganch Davlat Universiteti, 2013 yil, 252 b.

« Fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari » fanini o'qitadigan oliy o'quv yurtlari va uzluksiz ta'lim tizimidagi kimyoviy texnologiya bakalavriat yo'nalishidagi o'quv muassalarining professor o'qtuvchilari va talabalari uchun mo'ljallangan.

Taqrizchi:

t.f.d. prof. Jumaniyozov M.J.

MA'RUZA 1

Kvant mexanikasining asosiy tushunchalari. Yorug'likning kvant va to'lqin nazariyasi. Bor nazariyasi

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O`quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O`quv mashg'ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. Yorug'likning asosiy xossalari. 2. Yorug'likning kvant nazariyasi. 3. Vodorod spektrining seriyalari. 4. Bor postulotlari.
<i>O`quv mashg'ulotining maqsadi : Talabalarda Kvant mexanikasining asosiy tushunchalari. YOrug'likning kvant va to'lqin nazariyasi. Bor nazariyasi xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O`quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , YOrug'likning asosiy xossalari, YOrug'likning kvant nazariyasi, Vodorod spektrining seriyalari, Bor postulotlari to'g'risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O`quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

O`quv mashg'ulotining texnologik haritasi

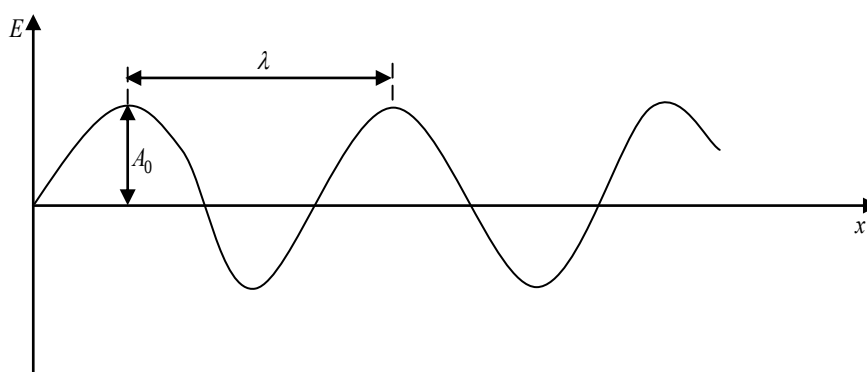
Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O`quv to'ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O`quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 <i>Kvant mexanikasining asosiy tushunchalari</i> haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezonini va vaqti e'lon qilinadi. O`quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning <i>Bilaman,bildim, Bilishni xoxlayman</i> grafalari to'ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. <i>Kvant mexanikasining asosiy tushunchalari</i> bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi. YOrug'likning kvant nazariyasi muammasini tavsiflanadi. 2.2. Vodorod spektrining seriyalari to'g'risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashg'ulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	--	--

1. Yorug'likning asosiy xossalari.

Yorug'likning to'lqin nazariyasi. Yorug'lik tabiatini o'rganish nisbatan ancha kech boshlangan. Birinchi marta yorug'lik bilan bog'liq bo'lgan dispersiya xodisasini (prizmadan quyosh nurining sinib o'tib etti xil rangga ega bo'lib qolishini) ingliz olimi I. Nyuton XVII asrda jiddiy ravishda o'rgangan. Uning fikri bo'yicha, yorug'lik korpuskulalarning (kichik yorug'lik zarrachalarining) oqimidan iborat. Bu nazariya o'z davrida anchagina optik xodisalarni tushuntirib berdi, biroq to'lqinlarning interferentsiya va difraktsiya hodisalarini tushuntirib beraolmadi. Faqat XVII asrning birinchi yarmida Frenel (Frantsuz olimi) va YUng (Ingliz olimi) tajribalari orqali yorug'lik to'lqin hossalarga ega ekanligi va u elektromagnit to'lqinligi isbot qilindi. Biz quyida elektromagnit to'lqinning asosiy xossalarini ko'rib chiqamiz.

Rasm 1. da x o'qi bo'ylab tarqayotgan sinusoidal to'lqin ko'rsatilgan.



Rasm 1.

Bu to'lqinning tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$E = A_0 \sin(\omega t - kx) \quad (1.1)$$

Bu erda E - to'lqinning elektr maydon kuchlanganligi, A_0 - uning amplitudasi, ω - aylanma chastota $= 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - to'lqin soni va ν - chiziqli chastota, T - to'lqin davri, λ - to'lqin uzunligi. Rasm 1. da ko'rsatilgan to'lqin monoxromatik

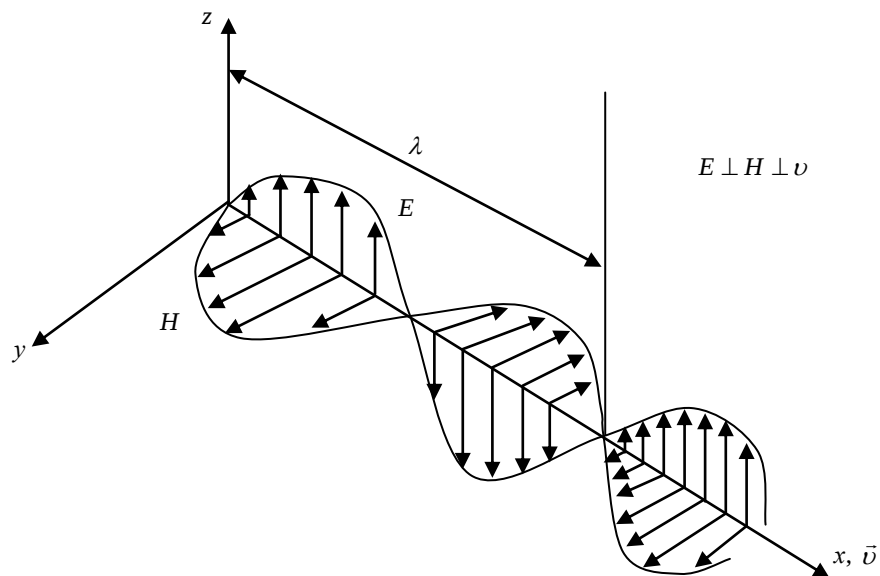
to'liqin bo'lib, u o'z navbatida tekis kutublangan, to'liqinda uning elektr maydoni kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ fazoda ma'lum yo'nalishda joylashgan tekislikda tebranadi, magnit maydon kuchlanganligi $\vec{H}$ esa shu tekislikka perpendikular bo'lgan tekislikda tebranadi, bu ikkala $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlar esa to'liqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'ladi. Natijaviy to'liqinlar $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlar quyidagi rasm 2 da ko'rsatilgandek o'zaro joylashgan bo'ladi.

Elektromagnit to'liqlarning har xil turlari bir – biridan to'liqin uzunliklari (λ) yoki chastotalari (ν) bilan farq qiladilar. To'liqin uzunligi λ to'liqinning qo'shni ikki maksimum (yoki minimumi) o'rtasidagi masofani bildiradi. Amalda to'liqin uzunligi quyidagi birliklarda o'lchanadi:

$$1 \text{ mikrometr} = 1 \text{ mkm} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-4} \text{ sm}$$

$$1 \text{ nanometr} = 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-7} \text{ sm}$$

$$1 \text{ angstrom} = 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ sm}$$



Rasm 2.

To'liqin chastotasi (ν) vaqt birligi ichida yuz beradigan tebranishlar sonini anglatadi, uning birligi sek^{-1} yoki gerts. Agar 1 sekund ichida 1 ta to'la tebranish yuz bersa, bunday to'liqinning chastotasi 1 gts bo'ladi. Chastota ν va to'liqin uzunligi λ o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{\nu} \quad (1.2)$$

v (yoki c) – to'liqinning tarqalish tezligi. Vakuumdagi elektromagnit to'liqlar, to'liqin uzunliklari qanday bo'lishidan qat'iy nazar, hammasi birxil tezlikda tarqaladi. $c=300000 \text{ km/sek}$.

Spektroskopiyada to'liqin soni ($\bar{\nu}$) degan parametr ham ishlatiladi:

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$$

$\bar{\nu}$ ning birligi SGS sistemasidagi sm^{-1} yoki SI sistemasidagi m^{-1} . $\bar{\nu}$ uzunlik birligida (1 m yoki 1 smda) toʻlqin uzunligi λ dan nechta joylashishini bildiradi.

Frenel va Yung tajribalaridan soʻng yorugʻlik elektromagnit toʻlqini ekanligi tan olindi va korpuskulyar nazariyasi vaqtincha chetga surib qoʻyilgandek boʻldi.

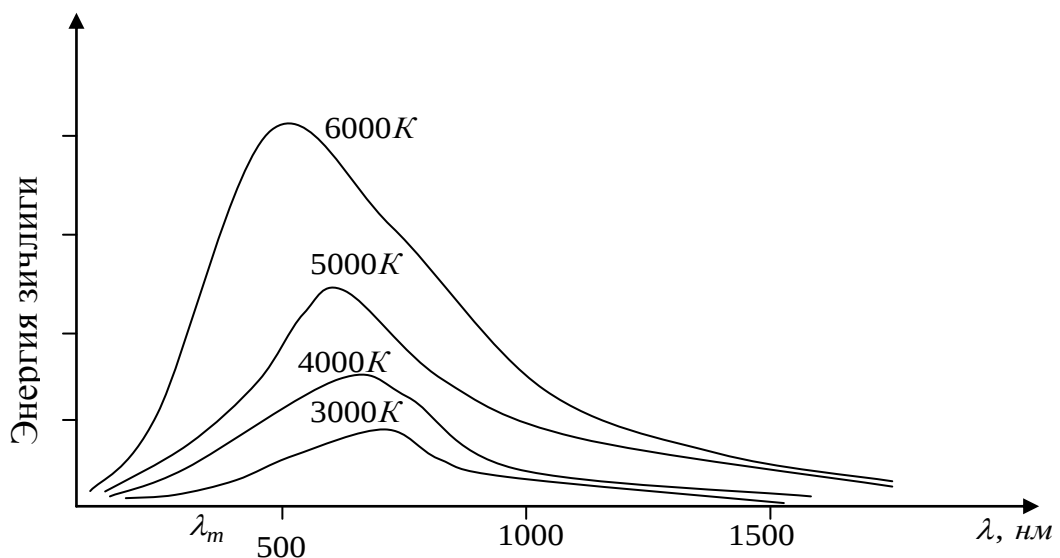
2. Yorugʻlikning kvant nazariyasi.

XIX asrning oxirgi yillarigacha fizikada ahvol juda stabil koʻrinardi: yorugʻlikning toʻlqin tabiati uzul – kesil gʻalaba qilgan va Nyuton mexanikasi esa kichkina qum donasidan tortib to planetalargacha boʻlgan jismlarning xarakatini ifodalab berar edi, goʻyoki fizikada birorta ham jiddiy muammo yoʻq edi.

Lekin XIX asr oxirida fizikada shunday yangi tabiiy jarayonlar ochildiki, ularni na yorugʻlikning toʻlqin nazariyasi bilan, na termodinamika qonunlari yordamida tushuntirishning imkoni boʻldi. Ular quyidagi jarayonlar edi:

- absolyut qora jism nurlanishi
- fotoeffekt
- atomlar nurlanishi spektrining diskretligi.

Hozir birinchi jarayonga toʻxtalamiz. 1899 yilda Lammer va Prinsgeym, boshqa birqancha olimlar bilan bir qatorda, qizib turgan jismlardan chiqayotgan nurlanishning temperaturaga bogʻliqligini tekshirdilar. Natijada ular bu nurlanishning spektrlarini aniqladilar (rasm 3.). Rasm 3 dan koʻrinib turibdiki, jismning temperaturasi oshgan sari spektrning maksimumga erishadigan toʻlqin uzunligi λ_m kamayaborar ekan, boshqacha aytganda $\lambda_m T = \text{const}$ tenglik bajarilar ekan, intensivlik esa oshaborar ekan. Ana shu aniqlangan yangi optik jarayonlarni toʻgʻri tushinish uchun qilingan xarakatlar fizika fanida yangi eraning ochilishiga olib keldi.



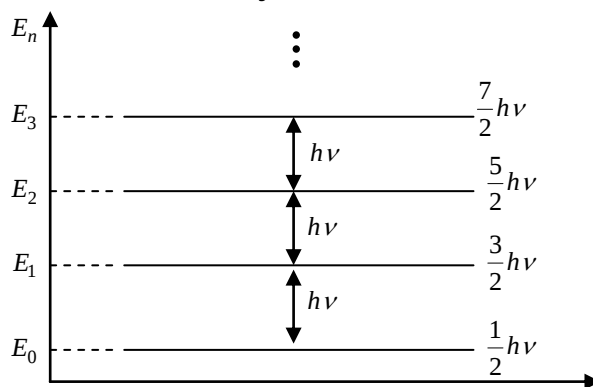
Rasm 3. Absolyut qora jism nurlanishining spektri.

Ma'lum bo'ldiki, harqanday jism, agar uning harorati $T > 0$ bo'lsa, o'zidan keng spektral diapazondagi elektromagnit to'lqinlarni nurlatar ekan. Bunga misol qilib elektr plitka spiralining qizil rangda nurlanishini, yoki har kuni uyimizda turadigan elektr lampochkalari spirallarining o'zidan nur taratishini misol keltirish mumkin. Lekin shuni unitish kerak emaski, jismdan nur chiqarish uchun undan albatta elektr tokini o'tkazish shart emas, jismning harorati $T > 0$ bo'lsa bo'ldi, undan elektromagnit to'lqini chiqaveradi. Faqat harorat kichik bo'lsa bu to'lqin spektri ko'zga ko'rinmas mikrometrli diapazonda bo'ladi, harorat ko'tarilsa spektr kichik to'lqin uzunli diapazonga suriladi (Rasm 3 ga qarang). Bunday nurlanish fizikada issiqlik nurlanishi deb ataladi va uning qonuniyatlarini to'lqin nazariyasi tushuntirib beraolmadi. Rasm 3 dagi grafiklar absolyut qora jism nurlanishning grafigi (yoki spektri) deb ataladi. Absolyut qora jism deganda o'ziga tushayotgan nurlanish energiyasining hammasini yutadigan jism tushiniladi.

1900 yilda nemis fizigi Maks Plank absolyut qora jismning nurlatayotgan energiyasining spektrini ifodalaydigan funktsiyani nazariy jihatdan topdi. Bu funktsiya oddiy jismlarning issiqlik nurlatishlarining xossalarini xamma tarafdin to'g'ri tushuntirib berdi. Lekin bu funktsiyani nazariy yo'l bilan topishda Plank shu paytgacha hech kimning hayoliga ham kelmagan g'aroib tahmin qildi. Plank aytadiki, harqanday nur chiqaruvchi (yoki nurlatuvchi) zarracha (yoki emitter) faqat o'z atrofidagi muhitdan energiya yutadi yoki o'sha muhitga energiya chiqaradi, lekin emitter ana shunday energiya uzatishni yoki yutishni uzluksiz ravishda emas, aksincha, diskret ravishda, energiyani portsiya – portsiya qilib bajarar ekan. Energiyaning ana shu portsiyasi fizikada kvant deb ataladi. Plank nazariyasida qattiq jismini tashkil qilgan atom va molekulalar ma'lum chastota bilan tebranib turadigan kvant ostsillyatorlari deb qaraladi va bu ostsillyatorning energiyasi uning tebranish chastotasi ν orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) h \nu \quad (1.3.)$$

$n = 0, 1, 2, \dots, h$ - Plank doimiysi $= 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$



Rasm 4. Kvant ostsillyatorining energetik xolatlari.

Klassik ostsillyator ham qandaydir ν chastota bilan tebranib turadi. Lekin bu ostsillyatorning energiyasini istagan ΔE energiyaga oshirish mumkin, boshqacha aytganda, uni uzluksiz ravishda o'zgartirish mumkin. Kvant ostsilyatorida unday emas. Bunday ostsilyatorda energiya n ga bog'liq (formula (1.3.)), n esa faqat ± 1

ga o'zgarishi mumkin, boshqacha aytganda $\Delta n = \pm 1$ bo'lish mumkin. Demak, kvant ostsillyatori ma'lum energetik E_n xolatda turgan bo'lsa, u faqat $h\nu$ energiyani yutishi yoki nurlatishi va natijada $E_{n\mp 1}$ holatga o'tishi mumkin, boshqacha aytganda energetik o'tishlar faqat qo'shni holatlar o'rtasida bo'lishi mumkin.

1. Vodorod spektrining seriyalari.

Atom spektrlari. XIX asrdayoq elektr tokining ta'sirida atomar vodorod gazi o'zidan nur chiqarishi va bu nurning spektri diskret spektral chiziqlardan iborat ekanligi topildi. Tez orada boshqa siyrak gazlarning ham nurlanish spektrlari ham chiziqli spektr ekanligi ma'lum bo'ldi. Tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, harbir gazning o'ziga xos spektri bo'lar ekan. Yana ma'lum bo'ldiki, spektral chiziqlarni gruppalariga (seriyalarga) bo'lib taqsimlash mumkin ekan. Bitta seriyaga tegishli spektral chiziqlar o'zaro ma'lum qonuniyat bilan bog'lanadilar. Masalan, 1885 yilda SHveytsariya fizigi Balmer vodorod spektrining ko'zga ko'rinadigan (optik) qismida joylashgan chiziqlar seriyasini topdi, bu chiziqlar chastotasi quyidagi empirik (tajribadan aniqlangan) formulaga bo'ysinadi:

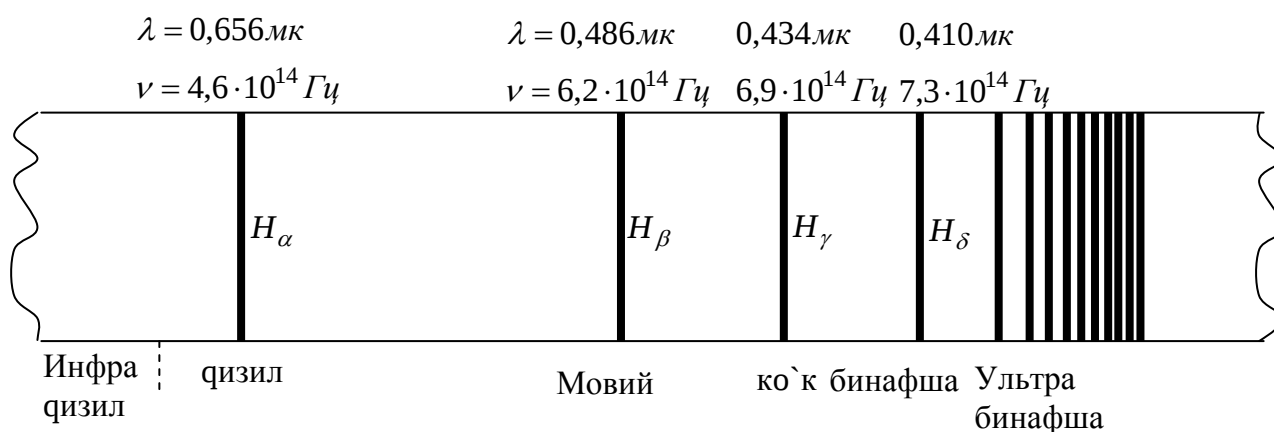
$$\nu = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1.4)$$

Balmer seriyasi rasm 7 da ko'rsatilgan. Spektral chiziqlar tepasida unga tegishli chastota va to'lqin uzunliklari keltirilgan, ularning qiymatlari (1.12) formula yordamida hisoblangan. H_α chiziq qizil ranga ega, uning uchun Balmer formulasidagi $n=3$. H_β - moviy rang, $n=4$, H_γ - ko'k rang, $n=5$ va H_δ - binafsha rang, $n=6$. Bu seriyaning boshqa chiziqlari ultrabinafsha diapazonda yotadi.

Bu erda $n=3,4,5,\dots$, $R=3,28985 \cdot 10^{15} \text{cek}^{-1}$ - Ridberg doimiysi.

Vodorod spektrida yana bir nechta seriya borligi aniqlandi; 1906 yilda ingliz olimi Layman spektrning ultrabinafsha qismida, 1908 yilda nemis olimi Pashen infraqizil diapazonda yangi seriyalar ochishdi:

$$\begin{aligned} \nu_n &= R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right); \quad n=2,3,4,\dots - \text{Layman seriyasi} \\ \nu_n &= R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right); \quad n=4,5,6,\dots - \text{Pashen seriyasi} \end{aligned}$$



Rasm 7. Balmer seriyasi.

Atomlarning nurlatish (yutish) spektrlarining chiziqli bo'lishi nurlatish va yutish protseslarida energiya portsiya – portsiya bo'lib – yoki kvant ko'rinishda nurlatiladi yoki yutiladi. Bundan shunday xulosa chiqadiki, atomlar faqat ma'lum diskret energetik holatlarda bo'lishi mumkin. Agar atom bir energetik holatdan ikkinchisiga o'tsa, u holda u nur yutadi yoki nurlatadi.

4. Bor postulotlari.

To'plangan fikrlarga asoslanib Daniya fizigi N.Bor 1913 yilda Rezerfordning atom modelini takomillashtirdi va atom tuzilishining kvant nazariyasini yaratdi. Bu nazariyaning asosida uchta postulat yotadi:

1. Atom yadrosi atrofida harakatlanuvchi elektronlar istagan orbitada emas, faqat ma'lum radiusli orbitalarda aylanishi mumkin. Bu orbitalar statsionar orbitalar deb ataladi va undagi elektronlarning harakat miqdori (yoki impuls) momenti quyidagi munosabatga bo'ysinadi:

$$mvr = n\hbar \quad (1.5)$$

bu erda m - elektron massasi, v - uning tezligi, r - orbita radiusi, $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ - kvant soni, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ va h - Plank doimiysi. Formula (1.13) orbita radiusini kvantlash sharti deb ham ataladi.

2. Elektron statsionar orbitada aylanayotganda u energiya yutmaydi, chiqarmaydi ham.

3. Elektron bir orbitadan ikkinchisiga o'tganda u energiya kvantini yutadi yoki chiqaradi. Bu kvantning miqdori $\varepsilon = h\nu$ bo'lib, u elektronning ikki orbitadagi energiyalarining ayirmasiga teng:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

Bilamizki, vodorod atomi bitta proton va uning atrofida aylanadigan bitta elektrondan iborat. Klassik fizikaning atom spektrlarini tushuntirib beraolmaganining

sababi u paytda yadro atrofida aylanayotgan elektronning xossalari ma'lum emas edi. Faqat Plankning kvant gipotezasi yaratilgandan so'ng undan foydalanib Bor 1913 yilda atom spektrlarining miqdoriy nazariyasini yaratdi.

Borning printsiplari bo'yicha elektronlar yadro atrofida aylana shaklidagi orbitalarda aylanadilar. Ularni yadro Kulon kuchlari bilan tortib turadi va bu kuchlar markazdan qochirma kuch bilan muvozanatlanadi.

Bilamizki, elektronni r - radiusli orbitada ushlab turuvchi markazga intilma kuchni Kulon kuchi yuzaga keltiradi:

$$\frac{m\nu^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1.6)$$

m va ν - elektronning massasi va tezligi, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m – elektr doimiysi. (1.14) tenglamani $m\nu r = n\hbar$ tenglama bilan birgalikda ishlansa vodorodning statsionar orbitalarning radiusi kelib chiqadi:

$$r_n = n^2 \frac{\epsilon_0 \hbar^2}{\pi m e^2} \quad (1.7)$$

bu formuladagi kvant soni $n = 1, 2, 3, 4, \dots$. Bu formula yordamida yadroga eng yaqin orbitaning radiusini hisoblaymiz:

$$r_n = 1^2 \frac{(6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Ж} \cdot \text{сек})^2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\mathcal{M}}}{3,14 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К})^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} = 0,53 \cdot 10^{-10} \mathcal{M} = 0,53 \overset{o}{\text{Å}}$$

Endi atomdagi elektronlarning to'liqin energiyasini aniqlaymiz. U kinetik va potentsial energiyalarning yig'indisiga teng.

$$W = W_k + W_n = \frac{m\nu^2}{2} + \left(-\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right)$$

Lekin $\frac{m\nu^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ni hisobga olsak, hosil qilamiz.

$$W = W_k + W_n = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} \quad (1.8)$$

Radiusi o'rniga uning ifodasini qo'ysak hosil bo'ladi:

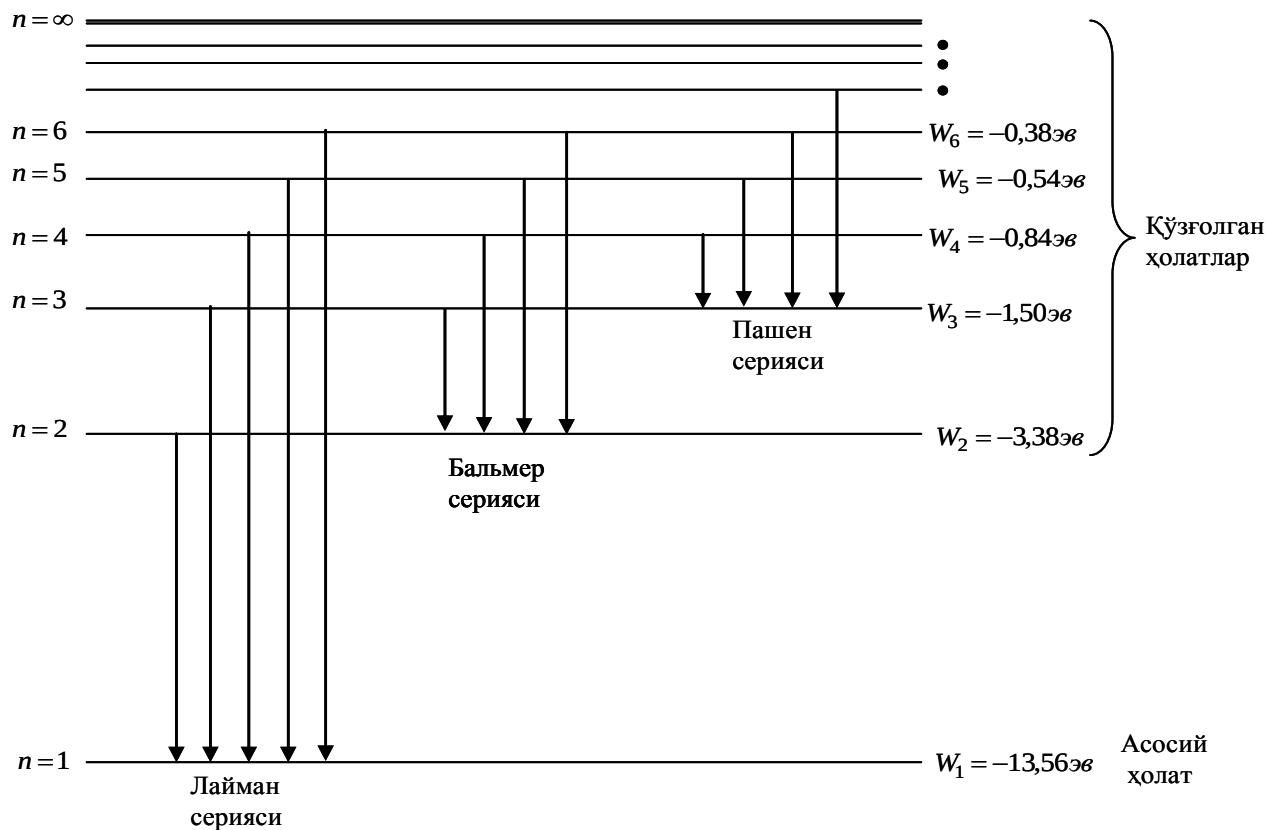
$$W_n = -\frac{1}{n^2} \frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 \hbar^2} \quad (1.9)$$

Bu formula orqali istalgan orbitadagi elektronning energiyasini topish mumkin: $n = 1$ uchun W_1 ni topamiz:

$$W_1 = \frac{1}{1^2} \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Кг} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл})^2}{8 \left(8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\mathcal{M}} \right)^2 (6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Ж} \cdot \text{сек})^2} \approx -21,68 \cdot 10^{-19} \text{ Ж} = -13,55 \text{ ЭВ}$$

Elektronning to'liq energiyasi atomning energetik darajasi (yoki holati) deb ataladi.

Rasm 8 da (1.9) formula yordamida hisoblagan vodorodning energetik xolatlari keltirilgan, ularning yonlarida esa holatlarning energiya qiymatlari elektron – voltlarda keltirilgan ($1 \text{ ev} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joul}$).



Rasm 8.

Formula (1.9) ga binoan atomning energiyasi kvant soni n oshishi bilan ortaboradi, boshqacha aytganda elektron orbitasining radiusi ortishi bilan. Bu erda shunga e'tibor berish kerakki, W manfiy bo'lgani uchun uning absolyut qiymatining kamayishi energiyaning ortishini anglatadi. YAdroga eng yaqin orbitada aylanadigan elektronning energiyasi minimal bo'ladi, $W = -13,56 \text{ эВ}$; elektron yadrodan eng uzoq orbitada $n = \infty$ aylanganda uning energiyasi maksimal $W = 0$ bo'ladi.

Elektron yuqori holatdan pastki holatga o'tsa bitta yorug'lik kvanti nurlatiladi. Bu kvantning energiyasi ikki energetik holatdagi energiyalar ayirmasiga tengdir. Masalan, agar elektron ikkinchi holatdan $n=2$ birinchi holatga $n=1$ o'tsa, nurlatilgan kvant energiyasi barobar

$$h\nu_{21} = -3,38 - (-13,56) = -3,38 + 13,56 = 10,18 \text{ эВ}.$$

Elektron o'z – o'zidan kichik orbitadan katta orbitaga o'ta olmaydi, buning uchun atomga tashqaridan energiya berilishi kerak, boshqacha aytganda atomni qo'zg'atish kerak. Masalan, atomni birinchi orbitadan ikkinchisiga o'tkazish uchun atom energiyasi $h\nu = 10,17 \text{ эВ}$ bo'lgan kvantni yutishi kerak, ikkinchi orbitadan uchinchi orbitaga o'tish uchun esa yutiladigan kvantning energiyasi

$h\nu = -1,50 - (-3,38) = 1,88\text{Эв}$ ga teng bo'lishi kerak. Demak, atom chastotalari yoki to'lqin uzunliklari faqat ma'lum diskret qiymatlarga ega bo'lgan to'lqinlarni nurlatishi va yutishi mumkin ekan, ana shuning uchun ham atomlarning optik spektrlari chiziqli bo'ladi.

Atomning kvant soni $n = 1$ bo'lgan holati asosiy (normal) holati deb ataladi. Bu holatning orbitasi yadroga eng yaqin joylashgan orbitadir. Bu holatda atom nur chiqara olmaydi, u faqat energiya yutishi mumkin.

Borning kvant nazariyasi fizika fanining rivojlanishida katta rol o'ynadi. Birinchidan, bu nazariya vodorod atomi tuzilishini va uning spektrini miqdoriy jihatdan to'g'ri tushuntirdi, ikkinchidan atom ichida yuz beradigan protseslarni o'rganishga to'g'ri yo'l ko'rsatdi. Albatta, tez orada ma'lum bo'ldiki, Bor nazariyasini ko'pelektronli atomlarga ishlatib bo'lmas ekan. SHu sababli Bor nazariyasi rivojlanishda davom etdi va natijada 15-20 yil ichida zamonaviy kvant mexanikasi yaratildi, bu fan atom va molekulalarning deyarli hamma hossalarni tushuntirib beraoldi. SHunga qaramasdan Bor nazariyasi ko'pelektronli atomlar tuzilishining va spektrlarining umumiy hossalarni sodda qilib tushuntiraoldi.

Bor kvant nazariyasining chegaralanganligi yana shu bilan bog'liqki, bu nazariya ba'zi joylarda zarrachalarning kvant printsiplaridan foydalansa, boshqa payt elektronlarning xarakatini klassik nuqtai nazardan (Nyuton mexanikasiga asoslanib) qaraydi. SHuning uchun bu nazariyani «yarimkvant» nazariya deb ataladi.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar.

To'lqin tenglamasi, to'lqin soni, absolyut qora jism, kvant, ostsillyator, spektr seriyalari, postulotlar.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar.

1. G. Grey «Электроны i ximicheskaya svyaz». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
2. I. I. Kondilenko, P.A. Korotkov «Vvedenie v atomnuyu spektroskopiyu». Izdatelstvo «Vysshaya shkola», Kiev. 1976 g.
3. G. Eyring, Dj. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
4. G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
5. L.P. Kazachenko «Molekularnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.
6. S.N. Andreev, M.F. Smirnova «Stroeniya elektronnykh obolochek atomov, teoriya ximicheskoy svyazi». Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1974 g.

Mavzu bo'yicha test savollar.**1. To'lqin uzunligi λ nima.**

- A. Vaqt birligi ichidagi tebranishlar soni.
- V. Bitta to'lqin tebranishi uchun ketadigan vaqt.
- *S. Ikki qo'shni maksimumlar orasidagi masofa.
- D. Vaqt birligi ichida bosib o'tgan yo'l

2. To'lqin soni $\bar{\nu}$ deb nimaga aytiladi.

- A. Vaqt birligi ichidagi tebranishlar soni.
- V. Bitta to'lqin tebranishi uchun ketadigan vaqt.
- S. Ikki qo'shni maksimumlar orasidagi masofa.
- *D. To'lqin uzunligi λ ga teskari bo'lgan parametr

3. Kvant energiyasi nimaga teng.

- A. $\varepsilon = \frac{mv^2}{2}$
- V. $\varepsilon = mgh$
- *S. $\varepsilon = h\nu$
- D. $\varepsilon = \bar{\nu}c$

4. Borning birinchi postulotlarida harakat miqdori momenti

- A. $mvr = h\nu$
- *V. $mvr = n\hbar$
- S. $mvr = \frac{2\pi}{\lambda}$
- D. $mvr = \hbar c$

5. Ikki energetik E1 va E2 xolatli atom ν chastotali yorug'likni yutishi uchun qanday shart bajarilishi lozim.

- *A. $h\nu = E_2 - E_1$
- V. $h\nu = mc^2(E_2 - E_1)$
- S. $h\nu = \hbar\omega \frac{1}{E_2 - E_1}$
- D. $\hbar = \frac{h}{2\pi} E_1 - E_2$

6. Kvant ostsilyatori energiyasi nimaga teng.

- A. $\varepsilon = \hbar\omega$
- V. $\varepsilon = \hbar\Omega$
- S. $\varepsilon = n\hbar\omega$
- *D. $\varepsilon = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\Omega$

7. Balmer seriyasi spektrining qanday diapazoniga kuzatiladi.

- A. Ultrabinafsha diapazonida.
- * V. Ko`zgu ko`rinadigan diapazonda.
- S. YAqin infraqizil diapazonda.
- D. Uzoq infraqizil diapazonda.

8. Kvant ostsilyatori nur yutsa (yoki chiqarsa) kvant soni n qanchaga o`zgaradi.

- A. $\Delta n = 0$ bo`lish kerak.
- V. $\Delta n = +1$ bo`lish kerak.
- S. $\Delta n = -1$ bo`lish kerak.
- D. $\Delta n = \pm 1$ bo`lish kerak.

Mavzu bo`yicha nazorat savollar.

1. YOrug`lik to`lqini nima va uning λ, ν, ν, T parametrlari o`zaro qanday bog`langan?
2. Absolyut qora jismning nurlanishi spektri qanday.
3. Kvant ostsilyatori nima.
4. Bor postulatlari va vodorod atomi.
5. Vodorod atomi uchun qanday seriyalar mavjud.

MA'RUZA 2

Vodorod atomi. Atom orbitallari. Elektromanfiylik va orbitallar gibridizatsiyasi.

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O`quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O`quv mashg`ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. Vodorod atomi uchun SHryodinger tenglamasi va to`lqin funktsiya. 2. Orbital tushunchasi. 3. Kimyoviy bog`lanish. 4. Elektromanfiylik.
<i>O`quv mashg`ulotining maqsadi : Talabalarda Atom orbitallari. Elektromanfiylik va orbitallar gibridizatsiyasi xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O`quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , Vodorod atomi uchun SHryodinger tenglamasi va to`lqin funktsiya, Orbital tushunchasi, Kimyoviy bog`lanish, Elektromanfiylik to`g`risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O`quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko`rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

O`quv mashg`ulotining texnologik haritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O`quv to`ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O`quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 Vodorod atomi uchun SHryodinger tenglamasi va to`lqin funktsiya haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezoni va vaqti e`lon qilinadi. O`quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning <i>Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman</i> grafalari to`ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. Vodorod atomi uchun SHryodinger tenglamasi va to`lqin funktsiya bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi. Orbital tushunchasi muammolari tavsiflanadi. 2.2. Kimyoviy bog`lanish, Elektromanfiylik to`g`risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

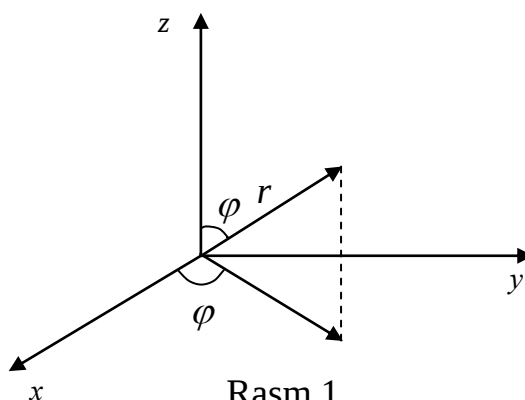
3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashg'ulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	--	--

1. Vodorod atomi

Vodorod atomi eng oddiy atom bo'lib, uning markazida yadrosi (bitta proton) va atrofida harakat qiladigan bitta elektroni bor. Bizning vazifamiz elektronning to'lqin funktsiyasi $\psi(x, y, z)$ ni va uning energiyasini topishdir. Bu xol uchun SHredinger tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi m}{h^2}(E - V)\psi = 0 \quad (2.1)$$

Bu erda V - elektronning potentsial energiyasi, u elektron va yadro o'rtasidagi mavjud Kulon kuchi tufayli paydo bo'ladi va u $\frac{e^2}{r}$ formula bilan ifodalanadi. YAdro va elektron o'rtasidagi tortishish kuchi sferik simmetriyaga ega bo'lganligi uchun (u faqat radius r ga bog'liq) masalani polyar koordinatalarida echgan ma'qul. Dekart va polyar kordinatalar o'rtasidagi bog'lanish rasm 1 da ko'rsatilgan.



Rasm 1.

$$x = r \sin \theta \cos \varphi, \quad y = r \sin \theta \sin \varphi, \quad z = r \cos \theta$$

Umumiy xolda to'liq funktsiyasini r, θ va φ koordinatalarga quyidagicha bog'liq deb aytish mumkin:

$$\psi(r, \theta, \varphi) = R(r)\theta(\theta)\Phi(\varphi) \quad (2.2)$$

Bu formulada $R(r)$ - to'liq funktsiyasining radial qismi, $\theta\Phi$ - burchakli qismidir. Biz SHredinger tenglamasini echib o'tirmaymiz, bu tenglama nazariy fizikada echilgan, uning echimi ma'lum.

Ma'lum bo'ldiki, bu echim uchta kvant soniga ega:

- bosh kvant son n
- qo'shimcha (yoki azimutal) kvant son ℓ
- magnit kvant son m_ℓ

Bosh kvant soni n to'liq funktsiyaning razmerini va elektronning energiyasini aniqlaydi, azimutal kvant soni ℓ to'liq funktsiyasining shaklini aniqlaydi va magnit kvant son to'liq funktsiyasining fazodagi orentatsiyasini aniqlaydi. Bu kvant sonlar yordamida elektronning holatini qanday qilib ifodalashni sekin – asta o'rganaboshlaymiz. Buni vodorod atomidan boshlaymiz.

n ning berilgan qiymati uchun ℓ n ta qiymatga ega bo'lish mumkin: $0, 1, 2, \dots, n-1$; berilgan ℓ uchun esa m_ℓ $(2\ell + 1)$ ta qiymatga ega bo'lishi mumkin: $0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm \ell$. Demak, masalan $n=3$ bo'lsa:

$$\ell = 0, 1 \text{ va } 2$$

$$\ell = 0, m_\ell = 0$$

$$\ell = 1, m_\ell = 0, \pm 1$$

$$\ell = 2, m_\ell = 0, \pm 1, \pm 2$$

Endi vodorod atomi uchun umumiy holda to'liq funktsiyasining ko'rinishini yozamiz:

$$\psi_{n\ell m_\ell} = NR_{n\ell}(r)\theta(\theta)\Phi(\varphi) = NR_{n\ell}(r)\chi_{\ell m_\ell}(\theta\varphi) \quad (2.3)$$

Bu erda N normirovka doimiysi deb ataladi va quyidagi shartdan aniqlanadi:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx dy dz = 1 \quad (2.4)$$

Bu shartning fizikaviy ma'nosi oddiy: elektronning fazoda qaerdadir bo'lishining ehtimoli birga teng. Ana shu integral olinsa N ning qiymati topiladi.

Jadval №1da ℓ ning harbir qiymati uchun to'liq funktsiyaning nomlari keltirilgan.

ℓ	to'liqin funktsiyalari
0	s
1	p
2	d
3	f
.	.

Masalan $n=3$ va $\ell = 2$ bo'lsa to'liqin funktsiya $3d$ deb yoziladi. Bitta elektronning to'liqin funktsiyasi orbital deb ataladi. Endi kvant mexanikasida elektronning holati orbitalar bilan emas, to'liqin funktsiya yoki orbital bilan aniqlanadi. YUqorida aytganimizdek, elektronning energiyasi teng:

$$E = -\frac{2\pi^2 me^4}{n^2 h^2} \quad (2.5)$$

Agar yadroda z ta proton bo'lsa, u holda (2.5) quyidagi ko'rinishga ega bo'lib qoladi:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 me^4 z^2}{n^2 h^2} \quad (2.6)$$

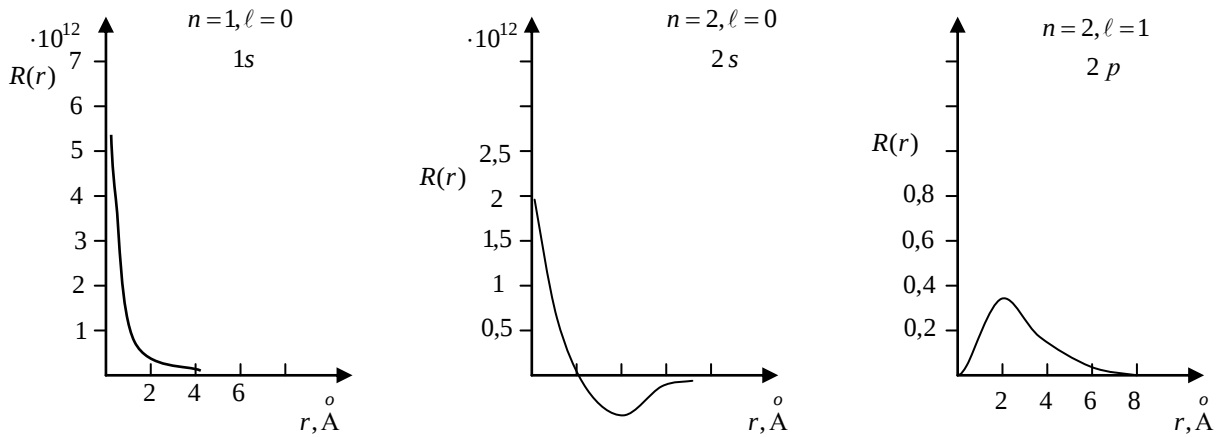
2. Atom orbitallari.

Bu erda biz to'liqin funktsiyasining tabiatini ko'rib chiqamiz. Avvalo to'liqin funktsiyaning radial qism $R(r)$ ga e'tiborimizni qaratamiz. $\sigma = \frac{2\pi r}{na_0}$ va $a_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 me}$ belgilarni kiritamiz. Jadval №2da uchta to'liqin funktsiyalari 1s, 2 s, 2p larning ko'rinishi keltirilgan:

Jadval №2

Orbital	$R(r)$
1s	$2\left(\frac{z}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{\sigma}{2}}$
2 s	$\frac{1}{2\sqrt{2}}\left(\frac{z}{2a_0}\right)^{\frac{3}{2}} (2-\sigma)e^{-\frac{\sigma}{2}}$
2p	$\frac{1}{2\sqrt{6}}\left(\frac{z}{2a_0}\right)^{\frac{3}{2}} \sigma e^{-\frac{\sigma}{2}}$

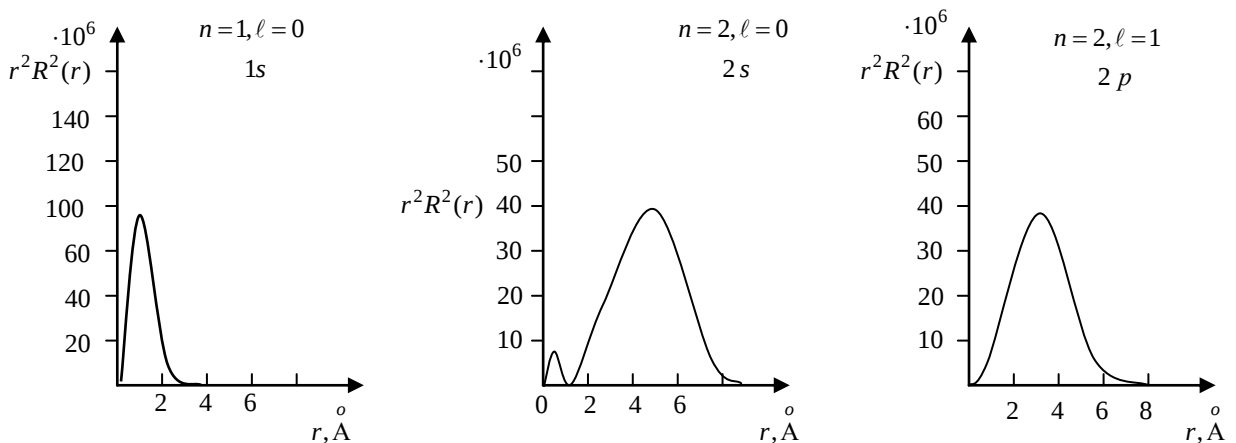
Keltirilgan funktsiyalarning grafiklari vodorod uchun quyidagicha bo`ladi:



Bilamizki, kvant mexanikasida ko`proq to`lqin funktsiyasi bilan emas, uning kvadrati $|\psi|^2$ bilan ish ko`riladi.

$R^2(r)$ elektronning yadrosidan r dan $r + dr$ masofagacha oralig`da bo`lish ehtimolini bildiradi. Lekin elektronning r dan $r + dr$ orasidagi sferik qatlamda bo`lish ehtimolligi bundan ham ko`proq informatsiyani beradi. Bu ikki radius orasidagi sferik qatlamning hajmi $4\pi r^2 dr$ teng, elektronning bu qatlam ichida bo`lish ehtimolligi  $4\pi r^2 R^2(r) dr$  ga teng.  $4\pi r^2 R^2(r)$  funktsiya radial taqsimot (yoki radius bo`yicha taqsimot) funktsiyasi deb ataladi.

Uning grafifi yuqoridagi 3 ta to`lqin funktsiya uchun quyidagicha bo`ladi:



SHunisi qiziqki 1s orbital uchun maksimal ehtimollik $r = 0,529 \text{\AA}$ da bo`lsa, bu radius Bor modelidagi birinchi orbitaning radiusiga teng ekan. Keltirilgan grafiklardan ko`rinib turibdiki, istalgan orbitadagi elektron qandaydir bitta qiymatli ehtimollika ega emas ekan, bu ehtimollik radiusi bo`yicha taqsimlangan ekan, boshqacha aytganda biz elektron zichligi taqsimoti haqida yoki elektron buluti haqida gapirishimiz mumkin. 2s - orbital 2 ta maksimumga ega, demak biz ma`lum bir sferik qatlamda ikkita qo`shni kontsentrik sferalarni ko`z oldimizga keltirishimiz kerak, yana ular orasida tugun (minimum) ham bor. p va d orbitallar ko`rinishi yanada murakkabroq.

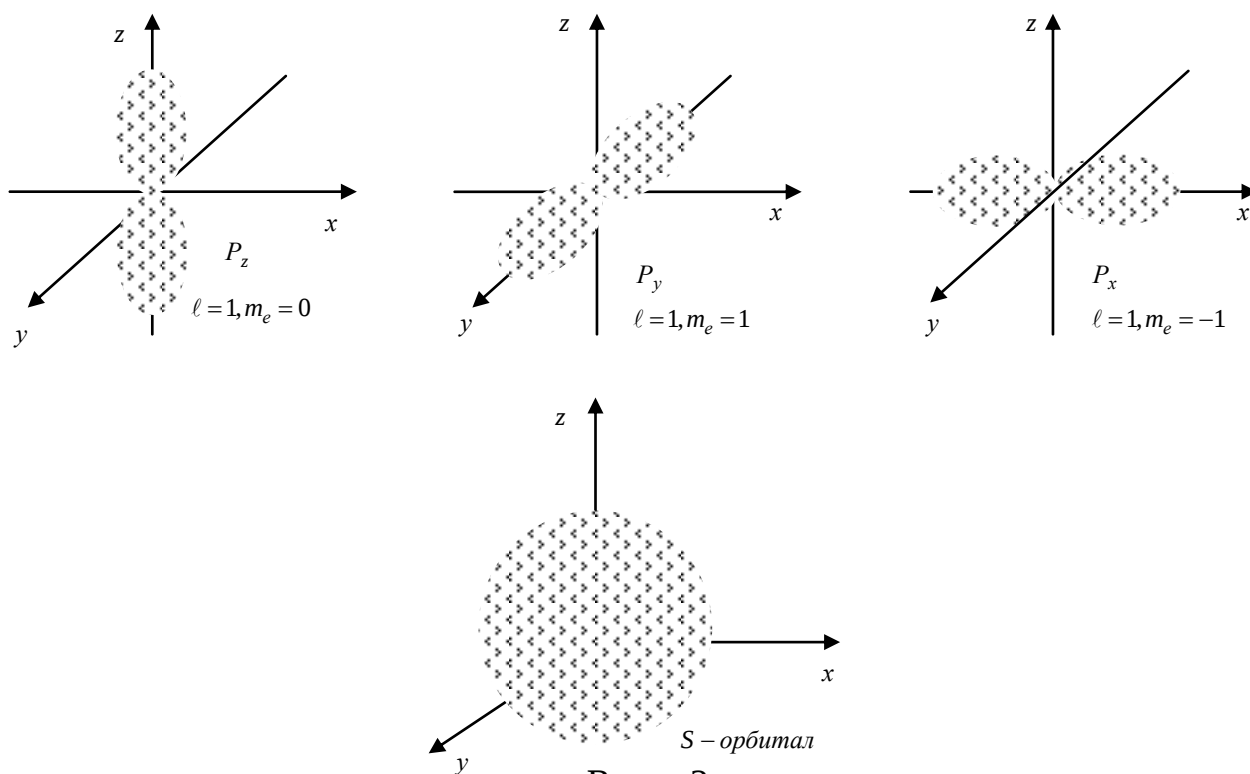
Orbitallarning formasini to'liq funktsiyaning burchakli qismi aniqlaydi, uning to'rtta orbitali ko'rinishi jadval №3 da keltirilgan:

Jadval №3

Orbital	$\theta(\theta)\Phi(\varphi)$
s	$\sqrt{\frac{1}{4\pi}}$
p_x	$\sqrt{\frac{3}{4\pi}}\sin\theta\cos\varphi$
p_y	$\sqrt{\frac{3}{4\pi}}\sin\theta\sin\varphi$
p_z	$\sqrt{\frac{3}{4\pi}}\cos\theta$

p_x , p_y va p_z orbitallarining fazoviy ko'rinishi rasm 13 da ko'rsatilgan:

S - orbital uchun to'liq funktsiyaning bo'rchak qismi $\sqrt{\frac{1}{4\pi}}$ ga teng, boshqacha aytganda u burchakka bog'liq emas, shuning uchun bu orbital sferik ko'rinishga ega bo'ladi. Lekin p orbitallar θ va φ ga bog'liq va sferik simmetriyaga ega bo'lmaydi. Rasm 13 da uchta p orbital ko'rsatilgan: p_x , p_y va p_z . Har bir orbital bir – biriga o'xshash ikki qismdan iborat, ular birlashib gantelga o'xshash figurani hosil qiladi. Gantelning bir qismida to'liq funktsiya musbat ishoraga, ikkinchi qismida manfiy ishoraga ega. Bu ikki qismning o'rtasida tugun joylashgan.



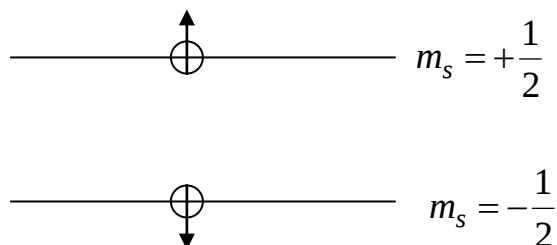
Rasm 2.

Bu tugunda to'liq funktsiya nolga aylanadi, shu bilan bir qatorda bu nuqtada yadro joylashgan. Bu orbitallar butunlay bir – biriga ekvivalentdir, ular faqat bir –

biridan fazoviy orientatsiya bilan farq qiladi. SHuning uchun ularga tegishli bo'lgan energiyalar bir – biriga tengdir ($E_x = E_y = E_z = \text{const}$). To'liq funktsiyalarining ishoralari, umuman olganda, alohida bir fizikaviy ma'no kasb etmaydi, fizikaviy ma'noga ega faqat bitta qiymat bor, u ham bo'lsa - $|\psi|^2$, to'liq funktsiya modulining kvadrati. Lekin orbitalarning o'zaro ta'sirini o'rganayotganimizda yoki kimyoviy bog'lanishlarning hosil bo'lishini ko'rib chiqayotganimizda to'liq funktsiyaning ishorasi ham muhim rol o'ynashiga ishonch hosil qilamiz. SHredinger tenglamasi echilganda vodorod atomi uchun uchta kvant son kiritilgan edi, n, ℓ, m_ℓ . Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, elektron uchun to'rtinchi kvant soni ham bor ekan, bu son spin kvant soni deb ataladi va u elektronning o'z o'qi atrofida harakat qilishi bilan bog'liq. Bu harakat tufayli elektron mexanik momentga (spinga) ega, $S = \frac{1}{2}\hbar$, bu moment bilan bog'liq bo'lgan magnit momentiga ham ega bo'ladi, va momentga tegishli magnit kvant soniga ega bo'ladi, uning ikkita qiymati bor:

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \quad (2.7)$$

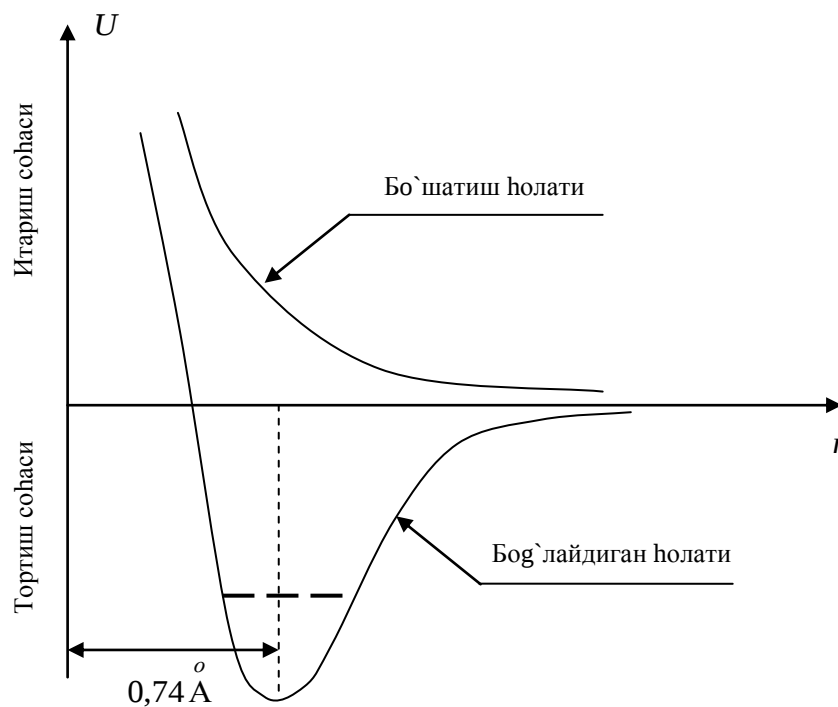
m_s ning qiymati elektron magnit momentining tashqi magnit maydon ta'sirida oladigan orientatsiyasini aniqlaydi: $m_s = +\frac{1}{2}$ bo'lsa spin tepaga, $m_s = -\frac{1}{2}$ bo'lsa spin pastga qaragan bo'ladi:



3. Kimyoviy bog'lanish

Molekulalarni tashkil etuvchi atomlar o'rtasidagi kimyoviy bog'lanishlarni va ularning strukturasi kvant mexanikasi to'g'ri tushuntirib berdi. Kvant mexanikasi bunda atom orbitallaridan foydalandi.

Savol berish mumkin: qanday qilib mustahkam (yoki turg'un) vodorod molekulasini paydo bo'ladi. Buni quyidagicha tushuntiramiz. Avvalo 2 ta vodorod atomi bir – biridan ancha uzoqda joylashsin, bunda ular bir – biriga ta'sir qilmaydilar. Agar ularni bir – biriga yaqinlashtiraboshlasak yadrolar va elektronlar o'rtasidagi tortishish Kulon kuchlari ortaboradi, lekin elektronlar o'rtasidagi (yadrolar o'rtasidagi ham) itarish kuchlari ham ortaboradi (rasm 14 ga qarang).



Rasm 3.

Bu kuchlar harbir atomning holatiga ta'sir ko'rsatadi. Lekin tortishish kuchlari itarish kuchlariga qaraganda tezroq ko'payadi va atomlar o'rtasidagi masofa $0,74 \text{ \AA}$ ga teng bo'lganda tortishish kuchlari maksimumga erishadi va vodorod molekulası paydo bo'ladi. Agar atomlarni bir – biriga yaqinlashtirishda davom etsak, bunda itarish kuchlari tezroq ko'payaboshlaydi (sistemaning energiyasi oshaboshlaydi). Bu rasmda (Rasm 14) U potentsial energiyasining $r = 0,74 \text{ \AA}$ dan keyn keskin ortib borishida ko'rsatilgan. $U = 0$ nuqtada ikkala vodorod bir – biridan ajratilgan holatda bo'ladi. Tortish sohasida $U < 0$, itarish sohasida $U > 0$. Demak, bog'lanish paydo bo'lganda energiya ajralib chiqar ekan (issiqlik energiyasi shaklida).

Rasm 14 da potentsial energiyaning ikki turi ko'rsatilgan, $U > 0$ sohada r kamaygan sari potentsial energiya oshaboradi, demak tashqi kuchlar U ni oshirish uchun ish bajaradi va bu holat itarish kuchlarining ortishi bilan bog'liq bo'ladi. Agar tashqi kuchlar, faraz qilaylik, birdan yo'qolib qolsa, u holda itarish kuchlari vodorodning ikki atomini turtib bir – biridan uzoqlashtirib yuboradilar.

Endi faraz qilaylik, itarish kuchlari yo'q bo'lsin va faqat tortishish kuchlari bo'lsin (pastki $U < 0$ holat). Juda kichik kuch bilan ham ikki atomni bir – biriga yaqinlashtirsak tortish kuchi oshaboradi, boshqacha aytganda, atomlar endi o'zlari bir – biriga yaqinlashaboshlaydilar va $r = 0,74 \text{ \AA}$ bo'lganda potentsial energiya

minimumga erishadi. Ana shu masofa molekulaning turg'unlik masofasidir. Agar biz atomlarni yanada bir – biriga yaqinlashtirmoqchi bo'lsak, darrov itaruvchi kuchlar paydo bo'lib ular atomlarni avvalgi holatiga qaytarishga intiladi. Aksincha, biz endi atomlarni bir – biridan uzoqlashtirmoqchi bo'lsak, shu zahotiyoq tortishish kuchlari oshadi va atomlar bir – biriga tortilib orqaga intiladilar. Demak, turg'un holatda atomlar «qotib» qolgan holatda bo'lmaydilar, ular uzluksiz shu holat atrofida tebranib turadilar, bu tebranishlar hattoki absolyut nol temperaturada ham ($T=0$) davom etadi. Tebranish energiyasi, xuddi elektronning energiyasi kabi, kvantlangan bo'ladi.

Eng kichik tebranish energiyasi nolga emas, $\frac{1}{2}h\nu$ ga teng, ν - tebranish chastotasi.

Temperatura $T > 0$ bo'lganda vodorod molekulasini H_2 ning tebranish energiyasi teng bo'ladi:

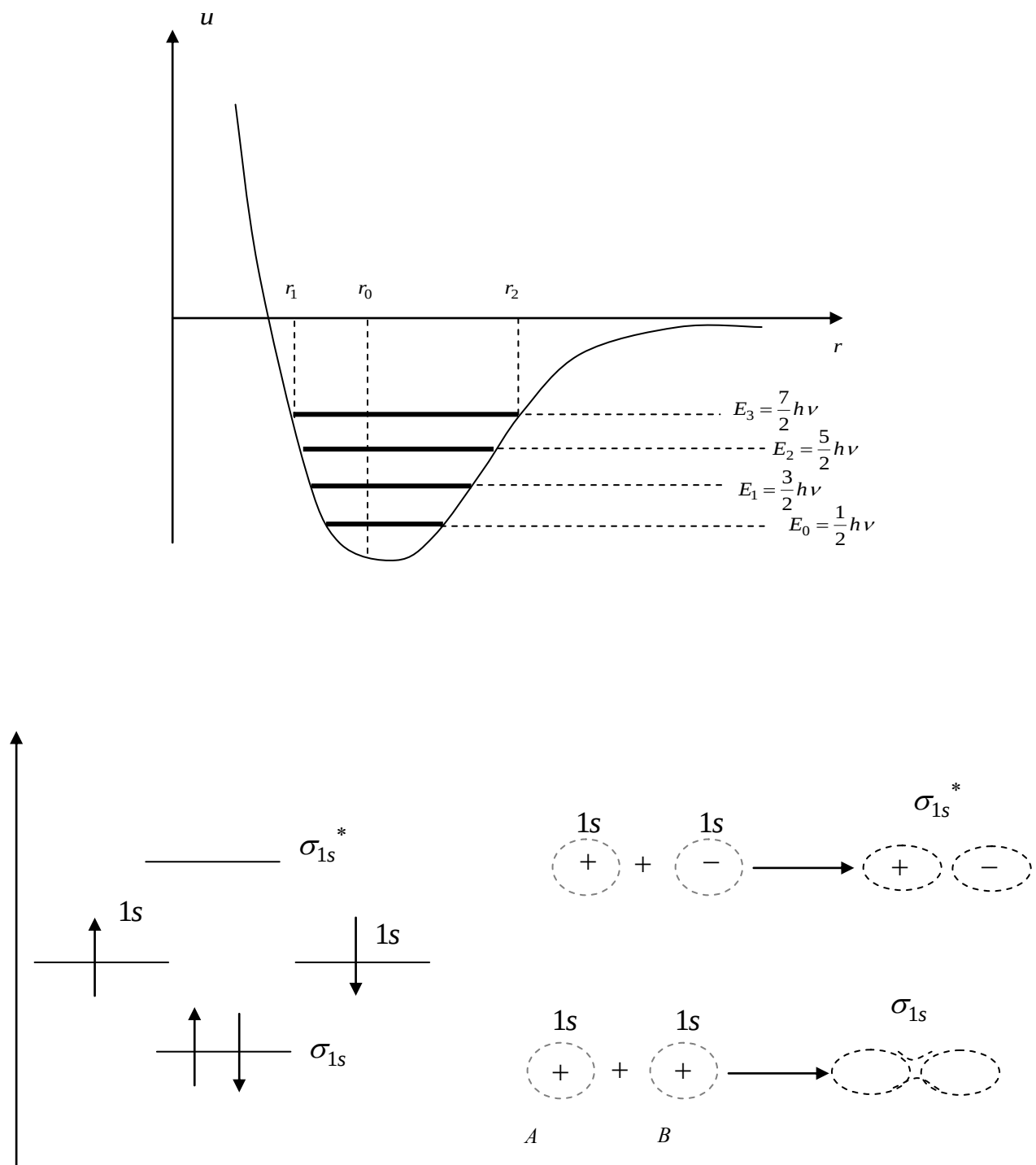
$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)h\nu \quad (2.8)$$

bu erda $n=0,1,2,\dots$ - tebranish kvant soni. $n=0$ bo'lganda $E_0 = \frac{1}{2}h\nu$ nolinch

tebranish energiyasi. $n=1$ uchun $E_1 = \frac{3}{2}h\nu$, $n=2$ uchun $E_2 = \frac{5}{2}h\nu$ va h.k. bo'ladi.

$E_1, E_2, \dots$ lar molekulaning tebranma holatining energiyalari deb ataladi. Har bir tebranma holat rasm 4 da gorizontaal chiziqlar bilan belgilangan. Bu chiziqlarning potentsial energiyaning grafigi bilan kesishgan nuqtalari (r_1 va r_2 lar) tebranayotgan atomlarning tebranish davomida orqaga qaytish nuqtasini (yoki masofasini) bildiradi.

Mana endi ikki vodorod atomi o'zaro bog'lanish hosil qilayotganda ularning 1s orbitallari qanday bir – biri bilan ta'sirlashadi? Umuman olganda bunda ikki imkoniyat bo'lishi mumkin. Ikki orbital bir – birini kuchaytirishi mumkin, agar ular uchrashgan joyda qo'shilsa, va bir – birini susaytirishi mumkin, agar ular bir – biridan ayrilsa. Bu o'zaro ta'sirlar bog'laydigan molekular orbitallarining hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin, bu orbital σ - orbital deyiladi. Agar natijada bo'shashtiruvchi molekular orbital hosil bo'lsa, bu orbital σ^* - orbital deb ataladi.



Rasm 4. Vodorod molekulasining bog'lovchi va bo'shashtiruvchi orbitallari.

Matematika tilida aytilganda bunday o'zaro ta'sir atom orbitallarining chiziqli kombinatsiyalari AOCHK bilan ifodalanishi mumkin:

$$\psi = N(\psi_A + \psi_B) \quad (2.9)$$

$$\psi^* = N(\psi_A - \psi_B) \quad (2.10)$$

bu erda ψ va ψ^* σ va σ^* - molekular orbitallarning to'liq funksiyalari, ψ_A va ψ_B lar esa - A va B atomlarning $1s$ atom orbitallari, N - normirovka koeffitsienti. Uning qiymati quyidagi shartdan topiladi:

$$\int \psi^2 d\tau = \int N^2 (\psi_A + \psi_B)^2 d\tau = 1 \quad \text{va} \quad \int \psi^{*2} d\tau = \int N^2 (\psi_A - \psi_B)^2 d\tau = 1$$

$d\tau = dxdydz$ - hajm elementi

Ko'rinib turibdiki, molekular orbital atom orbitallaridan kelib chiqqan bo'lib, ma'no jihatdan ularning umumlashgan davomidir. Vodorod atomida elektron $1s$ orbitalda o'rtnashgan. Vodorod molekulasida esa 2 ta elektron bo'lib, ular endi molekular orbitallarda joylashadilar (lokalizatsiya bo'ladilar). (2.9) tenglamani kvadratga oshirib hosil qilamiz:

$$\psi^2 = N^2 (\psi_A^2 + \psi_B^2 + 2\psi_A\psi_B) \quad (2.11)$$

Bu tenglamada ψ_A^2 va ψ_B^2 lar elektronning A yoki B yadro atrofida bo'lish ehtimolligini bildirsa, $2\psi_A\psi_B$ esa elektronlarning ikki yadro o'rtasida bo'lish ehtimolligini anglatadi, bu had ikki yadro o'rtasidagi atom orbitallarining ustma – ust tushishidan hosil bo'ladi, desak bo'ladi. Uning ishorasi musbatligi ikki yadro o'rtasidagi elektron bulutlarning zichligini oshganligini bildiradi. Bu had ψ^{*2} ning ifodasida manfiy ishoraga ega bo'ladi, $(- 2\psi_A\psi_B)$ bo'ladi, demak bo'shashtiruvchi molekular orbitalda $(- 2\psi_A\psi_B)$ had haqiqatdan ham ikki yadro o'rtasidagi elektron buluti zichligining kamayganligini bildiradi.

Demak, rasm 15 da ko'rsatilganidek, bog'lovchi hadlarni σ_{1s} deb belgilanadi va unda 2 ta elektron, spinlari harxil yo'nalgan holda, bo'ladi. σ_{1s}^* holat bo'shashtiruvchi holat deb ataladi. H_2 ning elektron konfiguratsiyasi $(\sigma_{1s})^2$ deb belgilanadi. σ_{1s} $1s$ orbitallardan tuzilgan molekular orbitaldir.

Elektrmanfiylik. YUqorida ko'rilgan geteroyadroli molekulalarda elektronning nosimmetrik joylashishi ba'zibir atomlarning elektrmanfiylik degan xususiyatga ega bo'lishining natijasidir. Bunday xususiyatga ega bo'lgan atom qo'shni atomlardagi elektronlarni o'ziga tortib olishga intiladi. L.Poling 1932 yilda ikki A va B atomlarning elektrmanfiyligining ayirmasini aniqlaydigan formulani berdi:

$$|X_A - X_B| = \sqrt{D_{AB} - \frac{1}{2}(D_{AA} + D_{BB})}$$

bu erda D_{AA} , D_{BB} va D_{AB} - A_2 , B_2 va AB molekulalarning bir – biridan ajratish energiyasi. Agar vodorod uchun $X_H = 2,1$ deb olsak (ixtiyoriy ravishda) shunda ba'zi

atomlarning elektrmanfiyligi quyidagicha bo`ladi: $H-2,1$, $Be-1,5$, $B-2,0$, $N-3,0$, $F-4,0$

Mavzu bo`yicha tayanch so`zlar.

SHredinger tenglamasi, to`lqin funktsiya, orbital, kimyoviy bog`lanish, bog`lovchi va bo`shashtiruvchi orbital, elektromanfiylik.

Mavzu bo`yicha foydalanilgan adabiyotlar.

1. G. Grey «Электроны и химическая связь». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
2. I. I. Kondilenko, P.A. Korotkov «Vvedenie v atomnuyu spektroskopiyu». Izdatelstvo «Vysshaya shkola», Kiev. 1976 g.
3. G. Eyring, D.J. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
4. M.A. Elyashevich «Atomnaya i molekulyarnaya spektroskopiya». Moskva. Fizmatiz, 1962 g.
5. G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
6. S.N. Andreev, M.F. Smirnova «Stroeniya elektronnykh obolochek atomov, teoriya khimicheskoy svyazi». Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1974 g.

Mavzu bo`yicha test savollar

1. Statsionar SHredinger tenglamasi qaysi javobda to`g`ri keltirilgan.

A. $\frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial y} + \frac{\partial \psi}{\partial z} + \frac{8\pi m}{h^2}(E - V)\psi = 0.$

V. $\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi m}{h^2}E\psi = 0.$

*S. $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi m}{h^2}(E - V)\psi = 0.$

D. $\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi m}{h^2}V\psi = 0$

2. Quyida keltirilgan ifodalardan kaysi biri elektronning ΔV hajmda bo`lish extimolligini bildiradi.

A. $\psi(x, y, z)\Delta V.$

V. $\psi^2(x, y, z)\Delta V.$

$$S. \frac{d\psi}{dr} \Delta V.$$

$$*D. |\psi|^2 \Delta V$$

3 Qaysi kvant son to'liq funktsiyaning shaklini aniqlaydi.

A. bosh kvant soni n

*V. azimutal kvant soni ℓ

S. manit kvant soni m_e

D. spin kvant soni m_s

4. Orbital deb nimaga aytiladi.

A. Elektron aylanayotgan aylanaga.

V. YAdrodan elektrongacha bo'lgan masofaga.

*S. SHredinger tenglamasining yechimi bo'lgan to'liq funktsiyasiga.

D. Elektronning sping momentiga.

5. r – orbital shakli nimaga o'xshaydi.

A. Sferaga.

V. Ellipsoidga.

S. To'g'ri chiziqqa.

*D. Gantelga.

6. Bo'shashtiruvchi molekular orbital σ^* qanday paydo bo'ladi.

A. Ikki atom orbitali bir-birini kuchaytirish natijasida.

*V. Ikki atom orbitali bir-birini susaytirish natijasida.

S. Atom orbitallarining shakli o'zgarishi natijasida.

D. Atom orbitallarining o'zaro kesishi natijasida.

7. Elektromanfiylik deb nimaga aytiladi.

A. Ortiqcha elektronga ega manfiy ionga.

V. Manfiy ionning musbat ionni o'ziga tortishiga.

*S. Qushni atomdan elektronni o'ziga tortib olish xususiyatiga.

D. Bir xil zaryadli ikki atomning o'zaro itarilishiga.

Mavzu bo'yicha nazorat savollar.

1. Vodorod atomi va kvant sonlari.
2. Vodorodning orbitallari: s , p , d .
3. Kimyoviy bog'lanish qanday paydo bo'ladi – ikki atomli molekula misolida.
4. Kvant ostsillyatori nima va uning spektri qanday?
5. σ va π orbitallar nima?
6. Bog'lovchi va bo'shashtiruvchi bog'lar nima?
7. Elektromanfiylik nima?

MA'RUZA 3***Molekulalararo kuchlar. Dipol – dipol ta'sirlashish. Vodorod bog'lanish.*****Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli**

O'quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O'quv mashg'ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. Dipol – dipol ta'sirlashuv energiyasi. 2. London kuchlari tabiati. 3. Vodorod bog'lanish mexanizmi. 4. Van-der-Vaals radiusi.
<i>O'quv mashg'ulotining maqsadi : Talabalarda Molekulalararo kuchlar. Dipol – dipol ta'sirlashish. Vodorod bog'lanish xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O'quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , Dipol – dipol ta'sirlashuv energiyasi, London kuchlari tabiati, Vodorod bog'lanish mexanizmi, Van-der-Vaals radiusi to'g'risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O'quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

O'quv mashg'ulotining texnologik haritasi

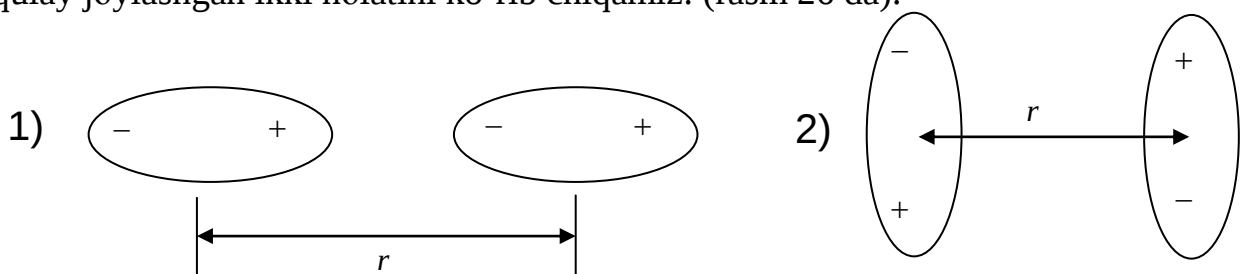
Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O'quv to'ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O'quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 Dipol – dipol ta'sirlashuv energiyasi haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezoni va vaqti e'lon qilinadi. O'quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning <i>Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman</i> grafalari to'ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. Dipol – dipol ta'sirlashuv energiyasi bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi. London kuchlari tabiati muzmuni tavsiflanadi. 2.2. Vodorod bog'lanish mexanizmi, Van-der-Vaals radiusi to'g'risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashgulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	---	--

1. Dipol – dipol ta'sirlashish

Agar molekulalarning o'zgarmas dipol momenti bo'lsa, ularning o'zaro ta'siri dipol – dipol ta'sirlashish deb ataladi.

Eslatib o'tamiz: Ikki birxil va ishorasi harxil q zaryadlar r masofada joylashgan bo'lsa ularning dipol momenti deb $\vec{\mu} = q\vec{r}$ ifodaga aytiladi. Demak, molekulada dipol momenti paydo bo'lishi uchun, unda musbat va manfiy zaryadlarning og'irlik markazi bir – biriga nisbatan surilgan bo'lishi kerak. Ana endi bir – biridan r masofada joylashgan ikki μ_A va μ_B dipolning ta'sirlashuvini topamiz. Ularning eng qulay joylashgan ikki holatini ko'rib chiqamiz: (rasm 26 da).



Rasm 1

CHap tarafdagi dipollarning orientatsiyasi uchun ularning ta'sirlashuv energiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$W = -\frac{2\mu_A\mu_B}{\epsilon r^3} \quad (3.1)$$

O'ng tarafdagisi uchun esa:

$$W = -\frac{\mu_A\mu_B}{\epsilon r^3} \quad (3.2)$$

bu erda ϵ - dielektrik singdiruvchanlik, minus ishorasi esa molekulalarning bir – biriga tortishishini bildiradi:

Agar dipollardan birining ishorasini o'zgartirsak unda molekulalar o'zaro itarishadi.

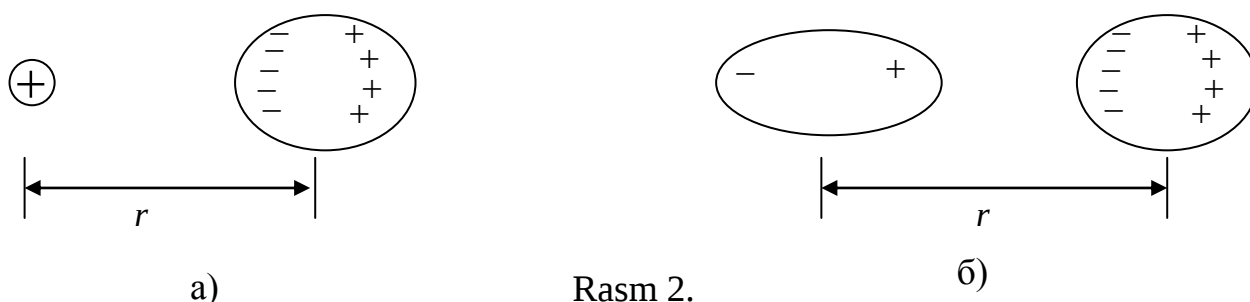
Makroskopik sistemalarda, masalan gaz yoki suyuqliklarda, dipollar harxil orientatsiyada bo'lishi mumkin, ular orasida ham tortishish, ham itarish kuchlari

bo'lishi mumkin, shuning uchun o'rta hisobda ularning o'zaro ta'sir energiyasi no'lga teng bo'lishi kerak. Lekin Boltzmannning taqsimoti qonuniga binoan energetik nuqtai nazardan o'zaro qulay orientatsiyaga ega bo'lgan molekulalar noqulay orientatsiyaga ega bo'lganlaridan $\exp\left(-\frac{\mu_A\mu_B}{\epsilon r^3 kT}\right)$ marta ko'pdir. SHu nuqtai nazardan aniqroq qilib bajarilgan hisoblarga qaraganda o'zgaras dipollarning o'zaro ta'sir energiyasining o'rtacha qiymati teng:

$$W = -\frac{2}{3} \frac{\mu_A^2 \mu_B^2}{\epsilon r^6} \frac{1}{kT} \quad (3.3)$$

Bu erda endi energiya masofaning oltinchi darajasiga teskari proportsionaldir, xudi shunday ahvol temperaturaga nisbatan ham. Demak, temperatura oshgan sari molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi ham oshadi va bir – biriga tortishish uchun kerak bo'ladigan orientatsiya ehtimolligi kamayadi, demak tortish kuchlari kamayadi, bu esa W ning ham absolyut qiymatining kamayishiga olib keladi.

Dipol va indutsirlangan dipol o'rtasidagi o'zaro ta'sir Agar elektron buluti yadro atrofida sferik simmetriya bo'yicha taqsimlangan bo'lsa, u holda musbat va manfiy zaryadlarning og'irlik markazlari bitta nuqtada (yadroda) bo'ladi va bu atomning dipol momenti nolga teng bo'ladi. Lekin shu atom yoniga bitta musbat zaryad joylashtirilsa, ahvol o'zgaradi, zaryadlar surilib dipol momenti paydo bo'ladi (rasm 27 ga qarang).



Rasm 2.

a) musbat zaryad ta'sirida dipol momenti indutsirlanadi. b) o'zgaras dipol ta'sirida dipol momentining hosil bo'lishi.

Indutsirlangan dipol momenti elektr maydonning kuchlanganligiga to'g'ri proportsional:

$$\mu_{ind} \sim E = \alpha E \quad (3.4)$$

α - proportsionallik koeffitsienti – kutblanuvchanlik (polarizatsiyalanuvchanlik) deb ataladi. Bu koeffitsient atom yoki molekuladagi elektron buluti qanchalik osonlik bilan maydon ta'sirida surilishini bildiradi. Odatda molekulaning razmeri katta bo'lgan sari uning qutblanuvchanligi ham kattalashaveradi. O'zgaras dipol ham molekulada dipol momentini indutsirleydi (rasm 27 b ga qarang). O'zgaras dipol va indutsirlangan dipollarning o'zaro ta'sir energiyasini 1920 yilda Debay topgan:

$$W = -\frac{2\alpha\mu^2}{\epsilon r^6} \quad (3.5)$$

Bu erda ham minus ishora dipollarning bir – biriga tortilishini bildiradi.

2. Dispersion (london) kuchlari.

SHu paytgacha biz atom yoki molekulada dipol momenti paydo bo'lishi uchun ularning yonida birorta zaryad yoki o'zgarmas dipol momenti bo'lishi shartligini ko'rdik. Aks holda dipol momenti yuzaga kelmasligi kerak. Lekin nega atomlari dipol momentiga ega bo'lmagan gazlar (nopolyar gazlar), masalan azot va geliy, kondensatsiya bo'lib suyuqlikka aylanishlari mumkin? Qanday qilib neytral atomlar o'rtasida tortish kuchlari paydo bladi?

Neytral (nopolyar) atomlarda elektronlar sferik simmetriyaga ega deganimizda, albatta, biz elektron bulutining o'rtacha, vaqtga bog'liq bo'lmagan holatini ko'zda tutib gapiramiz. Bunda elektron bulut qimirlamaydigan (qotib qolgan) holda bo'ladi. Lekin atomlar xaotik harakatda bo'lgani uchun ular o'zaro bir – biriga urilib turiladilar, shunda elektron bulut ham o'z muvozanat holidan chiqib ketishi va tebranaboshlashi mumkin. Demak, sferik simmetriya buzuladi va qisqa vaqt yashaydigan dipol momenti hosil bo'ladi. Bu dipol momenti, o'z navbatida, qo'shni atomlarda dipol momentlarini indutsirlaydi (chaqiradi). Natijada qo'shni atomlar o'rtasida tortishish kuchlari paydo bo'ladi. Albatta, bu kuchlar ancha kichik bo'ladi. Masalan, geliy 4 K° da qaynayboshlaydi. Demak, bu temperaturada tortish kuchlari geliy atomlarini birga ushlab tura olmaydi, buning uchun temperatura 4 K° dan kichik bo'lishi kerak. Agar qutblanuvchanlik katta bo'lsa, tortish kuchlari ham katta bo'ladi.

1930 yilda ingliz olimi London dipol – dipol o'zaro ta'sirini nazariy jihatdan o'rgandi. Kvant mexanikasining nuqtai nazaridan ikki bunday dipollarning o'zaro ta'sir energiyasi quyidagiga teng ekan:

$$W = -\frac{3}{4} \frac{I\alpha^2}{r^6}, \quad (3.6)$$

bu erda α - qutblanuvchanlik, I -atomning yoki molekulaning birinchi ionizatsiya potentsiali. Agar molekulalar har xil bo'lsa (3.6) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi;

$$W = -\frac{3}{2} \frac{I_A I_B}{I_A + I_B} \frac{\alpha_A \alpha_B}{r^6} \quad (3.7)$$

Tortish kuchlaridan tashqari yana itarish kuchlari ham bo'lishi kerak, aks holda molekulalar bir – biriga yopishib qoladi. Bunday kuchlar qo'shni atomlar (yoki molekulalar) dagi elektron bulutlari yoki yadrolari o'rtasidagi mavjud itarish kuchlaridir. Itarish energiyasi masofaga quyidagicha bog'langan:

$$W_{um} \sim \frac{1}{r^n} \quad (3.8)$$

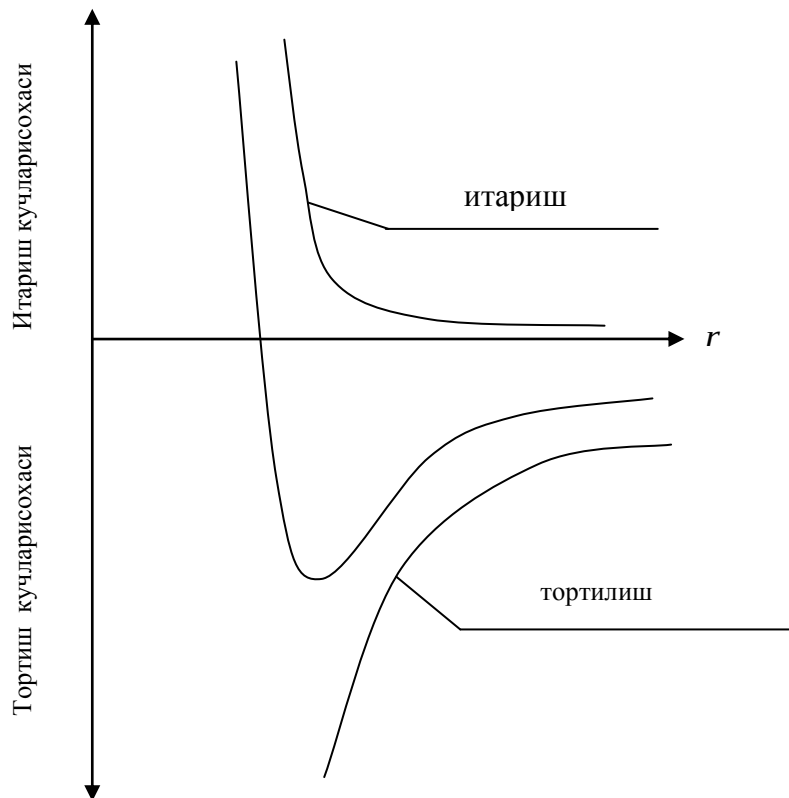
bu erda $n \approx 9 \div 12$ intervalda bo'ladi. Jons degan olim o'zaro ta'sir umumiy energiyasining quyidagi ko'rinishini taklif qildi:

$$W_t = -\frac{A}{r^6} + \frac{B}{r^{12}} \quad (3.9)$$

bu erda A va B lar o'zaro ta'sir etuvchi atomlar yoki molekulalar uchun o'zgarmas parametrlar. Amalda ko'pincha (3.9) ning o'rniga boshqa ifoda ishlatiladi:

$$W_t = -\frac{A}{r^6} + Be^{-\alpha r} \quad (3.10)$$

Bu formulada itarish kuchlari eksponenta bilan beriladi. Uning grafigi Rasm 28 da ko'rsatilgan.



Rasm 3. Ikki molekula o'rtasidagi tortilish va itarilishga tegishli potentsial energiya grafigi.

Biz shu davrgacha molekulalar o'rtasida quyidagi kuchlar hosil bo'lishini ko'rib chiqdik:

- o'zgarmas dipol va indutsirlangan dipol o'rtasida
- ion va indutsirlangan dipol o'rtasida
- London dispersion kuchlar va itarish kuchlari.

SHu va shunga o'xshash kuchlar Vandervaals kuchlari deb ataladi. London (yoki dispersion) kuchlar har doim tortishishga olib keladilar, molekulalarning o'zaro joylashishi (orientatsiyasi) qanday bo'lishidan qat'iy nazar. Ilmiy adabiyotda vandervaals radiusi degan tushuncha bor. Bu radius atom va molekulalar bir – biriga maksimal ravishda yaqinlashgandagi ular orasidagi masofaga aytiladi (bunda ular o'rtasida hali kimyoviy bog'lanish paydo bo'lmagan bo'ladi).

Jadvalda harxil atomlar uchun vandervaals radiuslari keltirilgan.

Atom	Radius, Å	Atom	Radius, Å
<i>H</i>	1,1	<i>F</i>	1,35
<i>C</i>	1,5	<i>Cl</i>	1,8
<i>N</i>	1,5	<i>Br</i>	1,95
<i>O</i>	1,4	<i>I</i>	2,2
<i>P</i>	1,9	<i>-CH₃</i>	2,0
<i>S</i>	1,85		

Dispersion kuchlar tabiatda, ayniqsa tirik organizmda ko'p kuzatiladi, katta molekulalarda muhim ahamiyat kasb etadi. Masalan, oqsil moddasining strukturasi ushlab turishda. Ma'lumki, oqsilning uchlamchi strukturasi asosan nopolyar gruppalar o'rtasidagi kontakt tufayli saqlanib turadi. Membranalarda lipid molekulalarining uglevodorod zanjirlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir dispersion xarakterga ega. Jadvalda bazibir zarrachalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir xillari va ularning masofaga bog'liqligi keltirilgan.

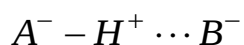
O'zaro ta'sir xili	Masofaga bog'liqlik	Misol	Bog'lanish energiyasi kJ/mol
Kovalent bog'lanish	Oddiy ifoda yo'q	<i>H – H</i>	200 – 800
Ion – ion	$\frac{e^2}{\epsilon r}$	<i>Na⁺Cl⁻</i>	40 – 400
Ion – dipol	$\frac{e\mu}{\epsilon r^2}$	<i>Na⁺(H₂O)⁻</i>	4 – 40
Dipol – dipol	$\frac{2\mu_1^2 \mu_2^2}{3\epsilon r^6 kT}$	<i>SO₂ SO₂</i>	0,4 – 4
Dipol – indutsirlangan dipol	$\frac{2\mu^2}{\epsilon r^6}$	<i>HCl C₆H₆</i>	0,4 – 4
Dispersion kuchlar	$\frac{3 I \alpha^2}{4 r^6}$	<i>He – He</i>	4 – 40
Vodorod bog'lanish	Oddiy ifoda yo'q	<i>H₂O...H₂O</i>	4 – 40

3. Vodorod bog'lanish

Vodorod bog'lanish tabiatda ko'p uchraydigan va molekulalar o'rtasida bo'ladigan o'zaro ta'sirning alohida ahamiyatga ega bo'lgan xilidir. Agar dipol momentiga ega bo'lgan molekula (polyar molekula) o'z tarkibida vodorod atomiga ega bo'lsa (masalan $O-H$ yoki $N-H$ fragmentli molekula) va elektrmanfiy atomlar bilan ta'sirlashsa, masalan, O , N , F yoki Cl bilan, shu holda vodorod bog'lanish paydo bo'ladi. Bu o'zaro ta'sir quyidagicha belgilanadi:

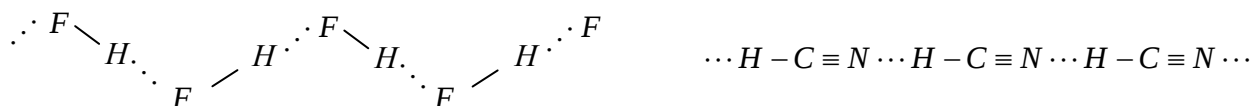


bu erda A va B - elektrmanfiy atomlar, punktir esa vodorod bog'lanishini bildiradi. Umuman olganda, keltirilgan formulani zaryad ishoralarini keltirib ham yozsa bo'ladi:



A va B lar elektrmanfiy atomlar bo'lgani uchun ular yonidagi atomlarning elektronlarini o'ziga tortib oladilar va manfiy ionga aylanadilar. Masalan, bu erda A vodorod atomidan elektronni o'ziga tortadi, shunda elektron buluti A ga qarab siljiydi va vodorod atomida proton yolg'iz o'zi qoladi. SHunda H^+ bilan uning yonida turgan manfiy atom B^- bilan elektrostatik bog'lanish paydo bo'ladi. Vodorod bog'lanishning energiyasi taxminan 40 kJ/mol. ga teng va u ko'p moddalarning xossalriga katta ta'sir ko'rsatadi. Masalan, u moddalarning qaynash temperaturasini o'zgartirib yuboradi. Odatda turdosh bo'lgan moddalarda qaynash temperaturasi molekular massa oshgan sari ortib boradi, lekin H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te qatorda bu qonuniyat bajarilmaydi: 373, 213, 231 va 271 K. Suvdagi qaynash temperaturasining anomal darajada yuqoriligi suv molekulalari o'rtasidagi vodorod bog'lanishning borligidir.

Nima uchun bunday bog'lanish faqat vodorod ishtirokida yuz beradi? Sababi shundaki, vodorod atomida faqat bitta elektron bor. Bu elektron kovalent bog'lanish uchun ishlatilsa va bu bog'lanish elektrmanfiy atom bilan yuz bersa, vodorod yadrosi proton yolg'izlanib qoladi, uning elektron buluti tomonidan ekranirovka qilinishi juda kamayib ketadi. Demak, natijada proton boshqa elektrmanfiy atom bilan ta'sirlashishi mumkin. Vodorod bog'lanishning kuchiga bog'liq ravishda bunday bog'lanish qattiq holda, suyuq yoki gaz holatda bo'lishi mumkin. Masalan, HF va HCN moddalar faqat suyuq holda H - bog'lanishga egadirlar:



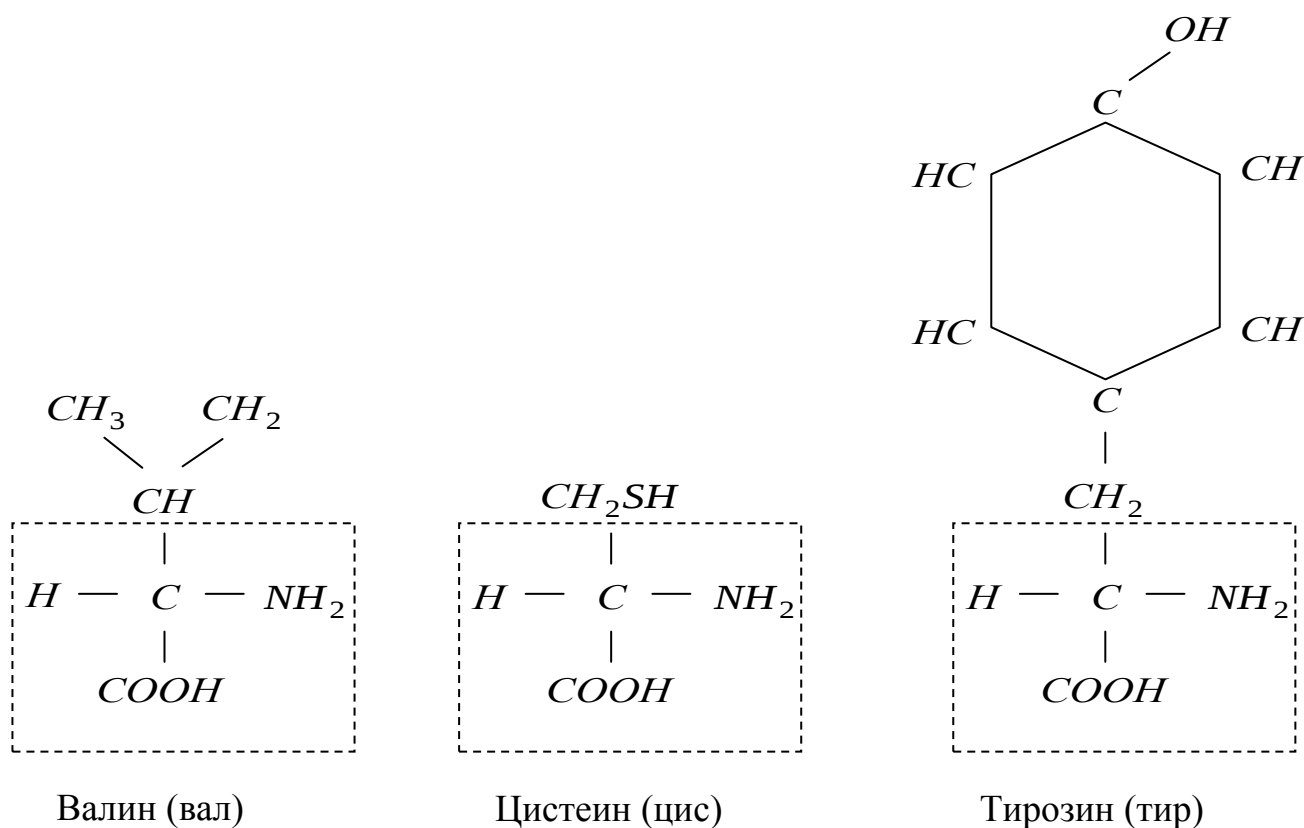
Vodorod bog'lanishning maksimal turg'unligi atomlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab joylashsa bo'ladi: $A-H \cdots B$. Suyuqlikda vodorod bog'lanish Infraqizil (Iq) spektroskopiya yordamida aniqlanadi. Vodorod bog'lanish AH va B lar o'rtasidagi

masofani $0,2 \div 0,3 \text{ \AA}$ ga kamaytiradi va shuning uchun valent tebranişlar chastotasi kamayadi va deformatsion tebranişlar chastotasi esa oshadi.

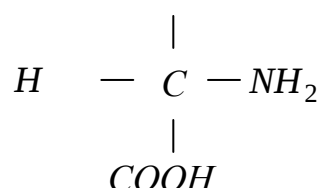


IQ spektri pikining kengligi va intensivligi ham vodorod bog`lanish ta'sirida ortishi mumkin.

Vodorod bog`lanish molekulaning ichida ham bo`lishi mumkin. Bunga misol qilib oqsil molekulasini keltirish mumkin. Oqsil polimer bo`lib, uning molekulasini ma'lum gruppalarining (monomerlarning) ketma – ket ulanishidan hosil bo`ladi. Oqsillar bir – biriga o`xshash birnecha xil monomerlardan tuzilgan. Bu monomerlar aminokislatalar deb ataladi (rasmga qarang)



Har bir aminokislata ikki qismdan iborat. Birinchi qism hamma aminokislatalarda bir xil:



Bunda NH_2 - aminogruppa, - $COOH$ esa karboksil gruppasi deb ataladi. Molekulaning ikkinchi qismi hamma aminokislotalarda harxil, u radikal deb ataladi. Fanga hammasi bo'lib 20 ta aminokislota ma'lum.

Oqsil molekulasini hosil bo'layotganda aminokislotalar bir – biriga xamma aminokislotalar uchun umumiy bo'lgan guruppirovka yordamida birlashadi (rasm 29 ga qarang).

Bitta aminokislotalarning karboksil gruppasidan va qo'shni aminokislotalarning aminogruppasidan suv molekulasini ajralib chiqadi va bo'shab qolgan valentliklar hisobiga aminokislotalar qoldiqlari birlashadilar. Aminokislotalar o'rtasida mustahkam $HN - CO$ peptid bog'lanish deb nom olgan kovalent bog'lanish paydo bo'ladi. Ikkita aminokislotalardan paydo bo'lgan peptid dipeptid, uchta aminokislotalardan paydo bo'lgani tripeptid, ko'p aminokislotalardan paydo bo'lgani polipeptid deb ataladi. Hamma oqsillar polipeptidlardir, boshqacha aytganda ular yuzlab va balki minglab aminokislotalardan tuzilgan zanjirlardir.

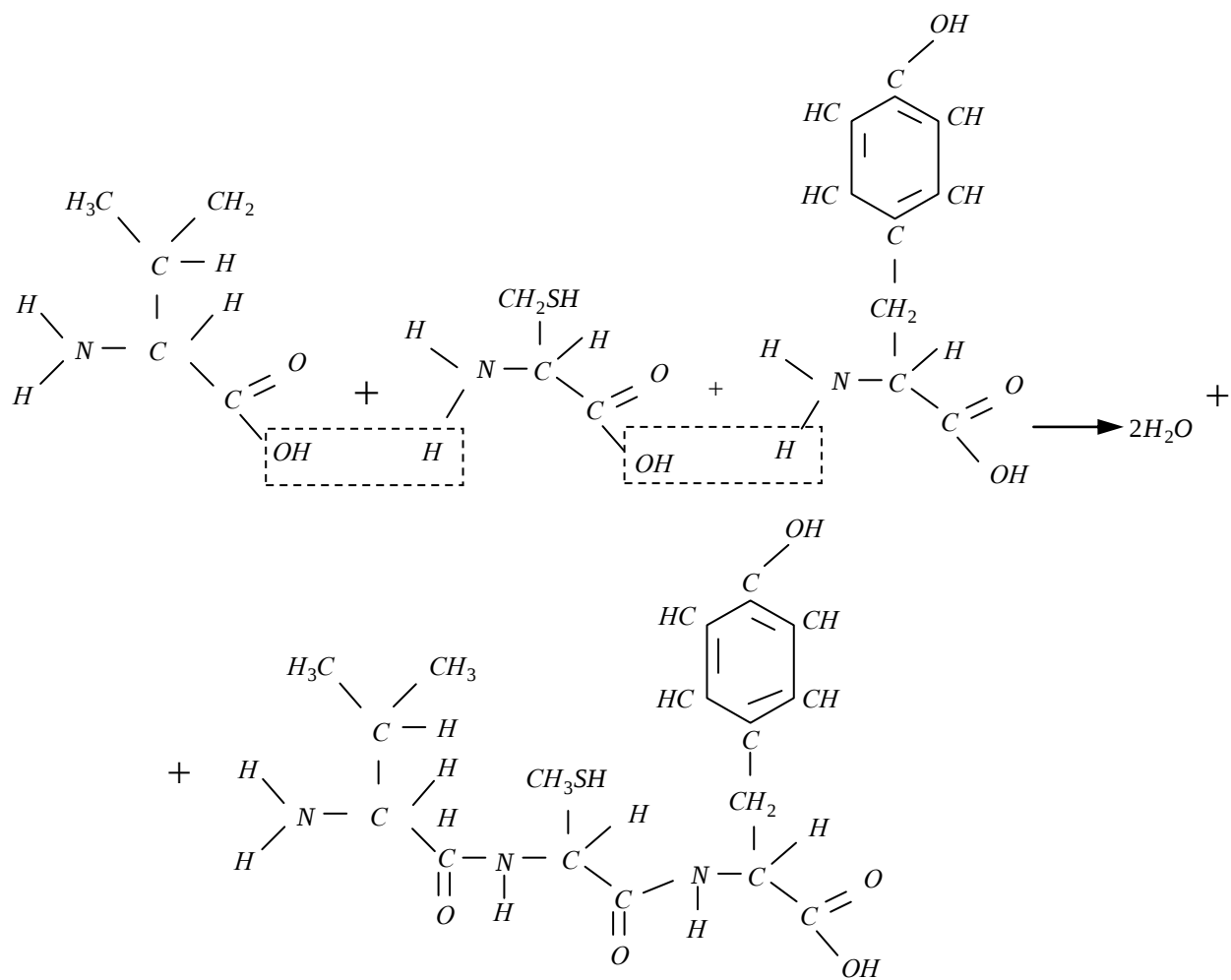
Oqsillar harxil bo'ladi. Harbir tirik organizmda hilmavil oqsillar bo'ladi. Oqsillarning fizikaviy va kimyoviy xossalari harxilligi ulardagi aminokislotalarning harxilligidan va ularning oqsil zanjirida harxil ketma – ketlikda kelishidandir.

Bitta aminokislotalarning o'lchami taxminan 0,40 nm bo'ladi, demak oqsil molekulasini 1000 ta aminokislotalardan tuzilgan bo'lsa, uning uzunligi 400 nm bo'lishi kerak. Lekin oqsil molekulasining razmeri undan ancha kichik, ba'zibirlari sharikka o'xshash dumaloq bo'ladilar, diametri 5 ÷ 10 nm atrofida. Demak, polipeptid zanjir shunday tahlangan yoki burilib joylashgan bo'ladiki, natijada u kichrayadi. Harbir oqsil o'zicha tahlanadi, boshqalarga o'xshamaydi. Oqsil molekulasining tuzilishini xarakterlash uchun uning birlamchi, ikkilamchi va uchlamchi strukturasini bilish kerak.

Molekulada aminokislotalarning ketma – ket joylashishi uning birlamchi strukturasini beradi. Bu struktura oqsil molekulasining formulasini beradi, desan bo'ladi:

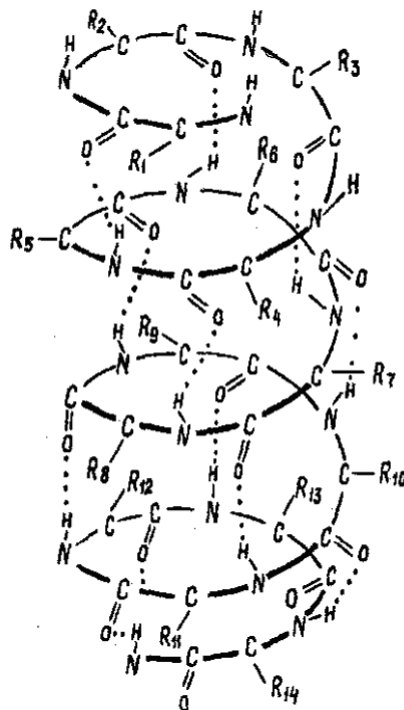
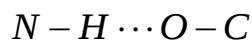
liz – glu – tre – ala – ala – liz -
(liz – lizin, glu – glutamin kislotalari, tre – treonin, ala – alanin).

Lekin ko'pincha polipeptid zanjiri butunlay yoki qisman spiral shaklida vujudga keladi. Bu oqsil molekulasining ikkilamchi strukturaidir.



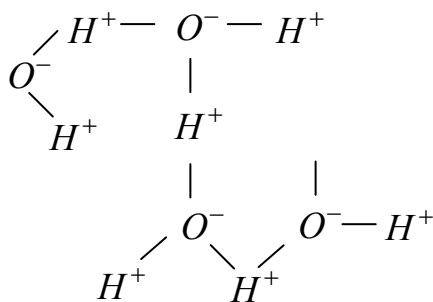
Rasm 4

Bu strukturada aminokislota radikallari spiralning tashqarisida bo'ladilar. Spiralning o'ramlari bir – biriga ancha yaqin joylashadilar. Bitta o'ramdagi NH gruppasi bilan qo'shni o'ramdagi CO gruppasi o'rtasida vodorod bog'lanish vujudga keladi:



Vodorod bog'lanish kuchsiz bo'lishiga qaramasdan u tez – tez uchrab tursa (spiral bo'ylab), bu bog'lanish spiralni ancha mustahkam qilib qo'yadi. Polipeptid spirali boshidan ohirigacha ko'psonli H - bog'lanishlar bilan go'yoki tikib qo'yilgandekdir, shuning uchun u anchagina mustahkamdir.

Vodorod bog'lanishiga yana bitta misol – suv. Suv xona xaroratida (o'zining tuzilishiga muvofiq) gaz holatda bo'lishi kerak, lekin H - bog'lanishlar tufayli uning qaynash temperaturasi $100^{\circ}S$ ga tengdir, 1 atm. bosimda.



Umuman olganda H - bog'lanishlar sababli bir stakan suvni ham juda katta makromolekula deb qarash mumkin.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar.

Dipol, induksiya, dispersion kuch, Van-der-vaals kuch, vodorod bog'lanish, elektromanfiylik, valent va deformatsion tebranish, peptid.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar.

1. G. Grey «Elektrony i ximicheskaya svyaz». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
2. G. Eyring, Dj. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
3. M.A. Elyashevich «Atomnaya i molekularnaya spektroskopiya». Moskva. Fizmatiz, 1962 g.
4. G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
5. L.P. Kazachenko «Molekularnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.

Mavzu bo'yicha test savollar.

1. Elektr dipoli deb nimaga aytiladi.

A. Neytral bo'lgan zaryadlar sistemasiga.

V. Bir-biridan r masofada turuvchi ikki atomga.

S. Bir chiziqda joylashgan ikki magnitga.

*D. Bir-biridan r masofada joylashgan ikki manfiy va musbat zaryadlar sistemasiga.

2. Atom yoki molekula yoniga joylashtirilgan q zaryad ta'sirida hosil bo'lgan dipol momenti nimaga teng.

A. $\mu = \alpha q$.

V. $\mu = q^2$

S. $\mu = qr$, r - zaryad va atom o'rtasidagi masofa

*D. $\mu = \alpha E$, E - zaryad hosil qilgan maydon kuchlanganligi.

3. Ikki dipol momentining μ_a va μ_b o'zaro ta'sir energiyasi nimaga proporsional.

A. $W \approx -(\mu_a + \mu_b)$.

V. $W \approx -(\mu_a + \mu_b)^2$

*S. $W \approx -\mu_a \mu_b$

D. $W \approx -\mu_a^2 \mu_b^2$

4. Dispersion (London kuchlari) kuchlari qanday paydo bo`ladi.

- A. O`zgarmas dipol momentining ta'sirida.
- V. Qushni molekulalarda qo`shimcha zaryadlar bo`lishi hisobiga.
- S. Qo`shni orbitallarning bir-birini kuchaytirish hisobiga.
- *D. Atomlarning xaotik xarakati tufayli bir-biriga urilishi tufayli.

5. Vodorod bog`lanish nima.

- A. Vodorod atomining qo`shni atom bilan umumiy elektronlar yordamida bog`lanishi.
- V. Vodorod atomining qo`shni ion ta'sirida dipol momentiga ega bo`lib qolishi.
- *S. Elektron bulutidan ayrilgan vodorod atomining qo`shni elektromanfiy atom bilan bog`lanishi..
- D. Ikki qo`shni vodorod atomining o`zaro s – orbitallar yordamida bog`lanishi.

6. Oqsil molekulasini hosil qiluvchi monomerlar qanday nom bilan ataladi.

- A. Peptidlar.
- *V. Aminokislotalar.
- S. Karboksil gruppalar.
- D. Gidroksidlar.

7. «Spin» tushunchasi nimani bildiradi.

- A. Elementar zarraning elektronning aylanma harakat kinetik energiyasini.
- V. Elektronning yadro atrofida aylanishi natijasida hosil bo`lgan aylanma tokni.
- S. Elektronning yadro atrofida aylanishidagi harakat miqdorining momentini.
- *D. Elektronning o`z o`qi atrofida aylanishi harakat miqdorining momenti.

Mavzu bo`yicha nazorat savollar.

1. Dipol deb nimaga aytiladi.
2. Dipol – dipol ta'sirlashuv qanday paydo bo`ladi.
3. Indutsirlangan dipol nima.
4. Dispersion kuchlarning fizik ma'nosi.
5. Vandervaals kuchlari qanday kuchlar.
6. Vodorod bog`lanish qanday paydo bo`ladi.
7. Oqsil molekulasini qanday tuzilgan.
8. Peptid bog` nima?
9. Nima uchun bir stakan suvni katta molekula deb hisoblash mumkin.

MA'RUZA 4. Cpektroskopiya asoslari. Prizma va difraksion panjara dispertsiyasi. Monoxromatorlar va spektrometrlar.

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O`quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O`quv mashg`ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. YOrug`likning tabiati va hossalari. YOrug`likning elektromagnit nazariyasi. 2. Spektral apparatlarning ishlash printsiplari. 3. Burchak dispertsiyasi. 4. Prizmalar qanday materialdan yasaladi. Difraksion panjara. 5. Spektral apparatlarning optik sxemasi.
<i>O`quv mashg`ulotining maqsadi : Talabalarda Cpektroskopiya asoslari. Prizma va difraksion panjara dispertsiyasi. Monoxromatorlar va spektrometrlar xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo`yicha tushunchalarni shakllantirish.	O`quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , yorug`likning tabiati va hossalari, yorug`likning elektromagnit nazariyasi, spektral apparatlarning ishlash printsiplari, burchak dispertsiyasi, prizmalar qanday materialdan yasalishi to`g`risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O`quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

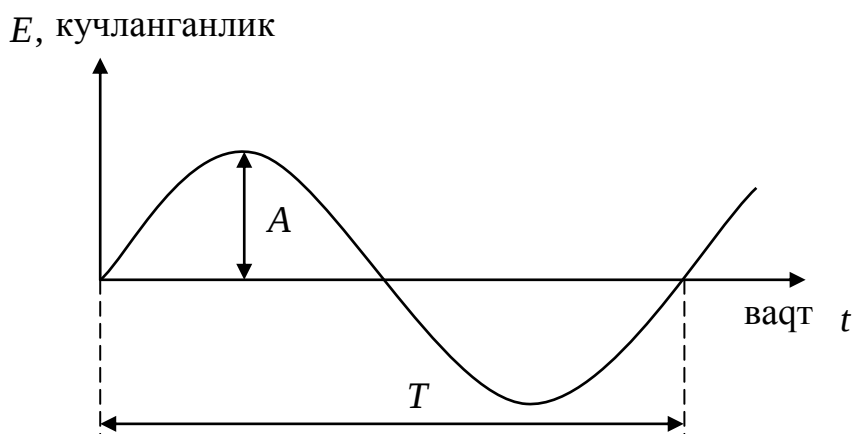
O`quv mashg`ulotining texnologik haritasi

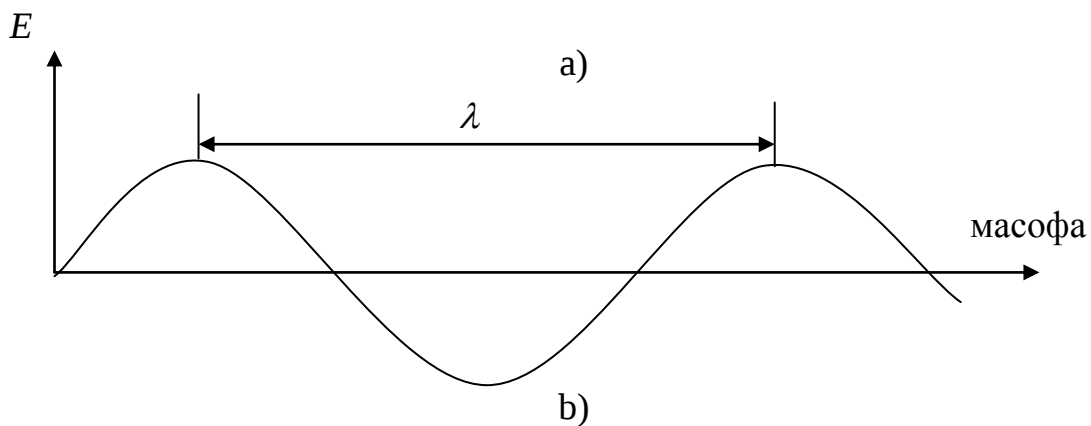
Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O`quv to`ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O`quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 YOrug`likning tabiati va hossalari. YOrug`likning elektromagnit nazariyasi haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezoni va vaqti e`lon qilinadi. O`quv mashg`ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning <i>Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman</i> grafalari to`ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. YOrug`likning tabiati va hossalari. YOrug`likning elektromagnit nazariyasi bo`yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi. <i>spektral apparatlarning ishlash printsiplari, burchak dispertsiyasi</i> muzmuni	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo`yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo`yicha savollar beradilar.

	tavsiflanadi. 2.2. <i>Prizmalar qanday materialdan yasaladi, difraksion panjara, spektral apparatlarning optik sxemasi to'g'risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.</i>	
3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashg'ulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.

1. YOrug'likning tabiati va hossalari. YOrug'likning elektromagnit nazariyasi

YOrug'likning tabiati haqidagi masala ko'p asrlar davomida munozaralar sababi bo'ldi – nur zarrachalar oqimimi yoki to'lqin tabiatiga egami? XIX asrda yorug'likning to'lqin nazariyasi ustun keldi. Bu nazariyaga binoan yorug'lik – bu elektromagnit to'lqindir. Harqanday isitilgan jism o'zidan uzluksiz elektromagnit to'lqinlarini nurlatadi. Bu to'lqin mavjud bo'lgan joyda elektromagnit maydon hosil bo'ladi, uning elektr maydon kuchlanganligi davriy ravishda o'zgarib turadi (1 – rasmga qarang).





Rasm 1. Maydon kuchlanganligi E ning o'zgarishi. a) fazaning bitta nuqtasidagi; b) harxil nuqtalarda vaqtning berilgan bir momentida, A – tebranishlar amplitudasi, T – davri, λ - yorug'likning to'lqin uzunligi.

Bitta to'la tebranishga ketgan vaqt T davr deb ataladi, u sekundlarda o'lchanadi. Vaqt birligi ichida yuz bergan tebranishlar soni chastota ν deb ataladi va u teng quyidagi ifodaga:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (4.1)$$

ν ning birligi sek^{-1} va u Gertslarda (Gts) o'lchanadi. 1 gerts – bu bir sekunda bitta tebranishni bildiradi. Yorug'lik to'lqinlarining chastotasi $10^{14} \div 10^{15}$ gerts atrofida bo'ladi. Elektromagnit maydon kuchlanganligi E quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$E = A \sin(\omega t - kx) = A \sin \varphi \quad (4.2)$$

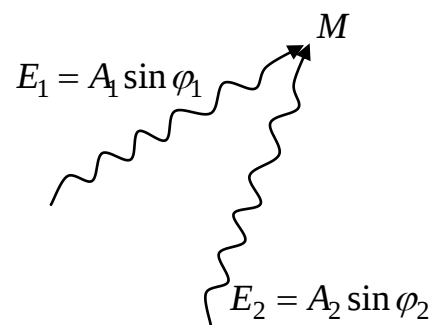
bu erda $\omega = 2\pi\nu$ - tsiklik chastota (yoki burchak tezligi), $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - to'lqin vektori,

$\omega t - kx$ esa to'lqinning fazasi deb ataladi. Fazaning ma'lum vaqtdagi (yoki nuqtadagi) qiymati shu vaqtdagi (nuqtadagi) kuchlanganlikning qiymati va ishorasini belgilaydi.

Lekin ko'pincha berilgan momentdagi fazaning qiymati emas, aksincha bitta nuqtaga kelib uchrashadigan ikki to'lqinlar fazalarining farqi ko'proq qiziqish uyg'otadi. Sababi shundaki, bu fazalar farqining ($\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ ning) qiymati shu ikki to'lqin M nuqtada uchrashganda bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishini belgilaydi. Agar

$\Delta\varphi = 0$ bo'lsa, bu to'lqinlar bir-birini kuchaytiradi, agar $\Delta\varphi = 180^\circ$ bo'lsa, ular bir-birini susaytiradi.

To'lqinning ikki qo'shni maksimumlari o'rtasidagi masofa to'lqin uzunligi deb ataladi va λ xarfi bilan belgilanadi. U angstromda ($\text{\AA} = 10^{-8} \text{ sm}$), mikronda ($1 \text{ mkm} = 10^{-6} \text{ m}$), nanometrda ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) o'lchanadi. λ, ν, T, c lar o'zaro quyidagicha bog'lanadi:



$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu} = \frac{2\pi c}{\omega} \quad (4.3)$$

YOrug`likning to`lqin nazariyasi XIX asrda ma`lum bo`lgan juda ko`p optik jarayonlarni tushuntirib berda. Lekin XX asr boshlarida shunday yangi optik jarayonlar kashf etildiki, ularni to`lqin nazariyasi tushuntirib beraolmadi. Bu jarayonlarning asosiylari quyidagilar edi.

1. Fotoeffekt.
2. Absolyut qora jism nurlanishining spektri.
3. Atomlar nurlanishining diskret spektri.

Bu jarayonlarni yorug`likning kvant nazariyasi tushuntirib berdi. Albatta, bu yorug`likning to`lqin nazariyasi noto`g`ri degan fakti bildirmaydi. Bu nazariya juda ko`p tajribalarda o`z isbotini topgan (ayniqsa difraktsiya va interferentsiya jarayonlarini tushuntirishda). Lekin to`lqinni uzluksiz davom etadigan jarayon deb qarash noto`g`ri bo`lib chiqdi. Ma`lum bo`ldiki, atom va molekular elektromagnit to`lqinlarni alohida gruppalar holida nurlatar ekan. Harbir bunday gruppada birbutun protsess bo`lib tarqaladi, hossalari ham zarrachalar hossalarga o`xshaydi. Ba`zan bunday gruppalarni «TSug»lar deb ataladi, lekin ularga (Eynshteyn taklifi bilan) fotonlar deb nom qo`yilgan. Haqiqatan ham, jism bilan o`zaro ta`sirlashganda foton o`zini xuddi zarrachadek tutadi, hechkim shu paytgacha fotonning yarim yoki chorak yutilganini ko`rmagan. Umumiy hola elektromagnit maydon energiyasining portsiyasini kvant deb ataladi (foton ham kvant). Plank g`oyasiga binoan kvant energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = h\nu \quad (4.4)$$

h - Plank doimiysi, u $6,62 \cdot 10^{-34}$ J·sek. ga teng, ν esa shu kvant bilan bog`langan elektromagnit maydon chastotasidir.

YOrug`lik intensivligi I endi fotonlar soni N va foton energiyasi $h\nu$ bilan belgilanadi:

$$I = Nh\nu \quad (4.5)$$

**O`lchov birligi.** YOrug`likning hossalarni tekshirishda to`lqin uzunligi  $\lambda$  va chastota  $\nu$  ko`p ishlatiladi. Lekin ulardan tashqari yana energetik tabiatga ega kattaliklarni (paramatrlarni) ham ishlatish mkmkin. (4.4) formuladan ko`rinib turibdiki, chastota fotonning energiyasining belgilaydi. SHuning uchun energiyaning o`rniga chastotadan foydalanish mumkin. Odatda to`lqin soni degan kattalikdan foydalaniladi, u $\bar{\nu}$ belgi bilan belgilanadi:

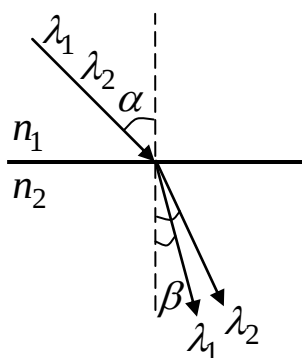
$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} \quad (4.6)$$

$\bar{\nu}$ teskari santimetrda (sm^{-1} da) o`lchanadi.

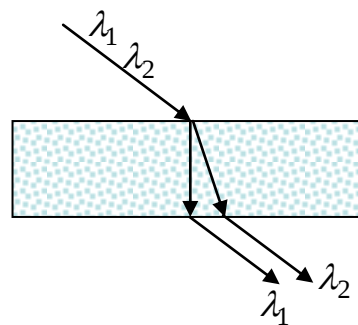
2. Spektral apparatlarning ishlash printsiplari

YOrug'lik manbasidan tarqalayotgan nur, o'z navbatida har xil to'lqin uzunlikka ega bo'lgan nurlardan iborat bo'ladi. Amalda bu nurlarni spektrga yoyish masalasi echiladi, boshqacha aytganda harxil to'lqin uzunligiga ega bo'lgan nurlarni fazoda bir-biridan ajratish kerak bo'ladi. SHundan so'ng harbir to'lqin uzunligiga to'g'ri keladigan nurning intensivligini o'lchash oson kechadi. Spektral apparatlar elektromagnit to'lqinni ana shunday spektrga yoyish vazifasini bajaradi. Bunday apparatlarda harxil to'lqin uzunligiga ega bo'lgan nurlarni bir-biridan prizma yoki difraktsion panjaralar yordamida ajratiladi.

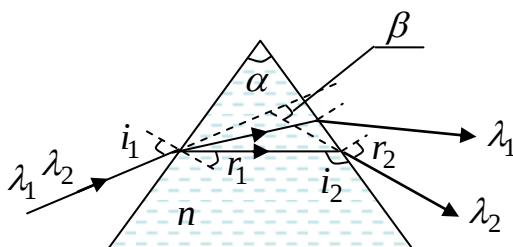
Prizma. Ikki muhit chegarasidan nur o'tganda u sinadi. Sinish qonuni quyidagicha: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$, $\sin \beta = \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha$.



Sindirish ko'rsatkichlar n_1 va n_2 lar chastotaga (to'lqin uzunligiga) bog'liq bo'lganligi uchun sinish burchagi ham λ ga bog'liq bo'lib qoladi. Boshqacha aytganda, muhit chegarasiga λ_1 va λ_2 nurlar parallel holda tushsa ham, ikkinchi muhitga o'tganda ular harxil yo'nalishda tarqaladi. Sindirish ko'rsatkichi to'lqin uzunligi oshgan sari kamayadi. Agar ikki to'lqin uzunligi λ_1 va λ_2 ni bir-biridan ajratish uchun yuzalari bir-biriga parallel bo'lgan plastinkani ishlatsak rasmda ko'rsatilgan natijaga ega bo'lamiz:



Demak, plastinkadan chiqqan λ_1 va λ_2 nurlar yana bir-biriga parallel bo'lib qoladilar, albatta, ular fazoda bir-biriga nisbatan biroz siljigan bo'ladilar. SHuning uchun nurlarni bir-biridan ajratish uchun shisha prizmadan foydalaniladi:



Nurning prizmadan keyingi yoʻnalishi toʻlqin uzunligi λ ga va tushish burchagi i_1 ga bogʻliq. YOyilgan dastada bitta toʻlqin uzunligiga ega boʻlgan nurlar bu yoʻnalishda tarqalishi mumkin emas. Buning uchun prizмага tushayotgan dastadagi nurlar bir-biriga parallel boʻlishi shart. SHunda prizmadan chiqayotgan nurlarning yoʻnalishi faqat toʻlqin uzunligiga bogʻliq boʻladi. α burchak sindiruvchi burchak β esa buruvchi burchak deb ataladi. Qisqa toʻlqin uzunligili nurlar eng koʻp buriladi, katta toʻlqin uzunligili nurlar eng kam buriladi.

3. Burchak dispersiyasi

Prizmaning harxil toʻlqin uzunlikka ega nurlarni fazoda ajratish qobiliyati $\frac{d\beta}{d\lambda}$ bilan belgilanadigan burchak dispersiya orqali ifodalanadi. U toʻlqin uzunligi oʻzgarganda burilish burchagi qanday tezlik bilan oʻzgarishini anglatadi. Burchak dispersiyasi α, n va $\frac{dn}{d\lambda}$ ga bogʻliq.

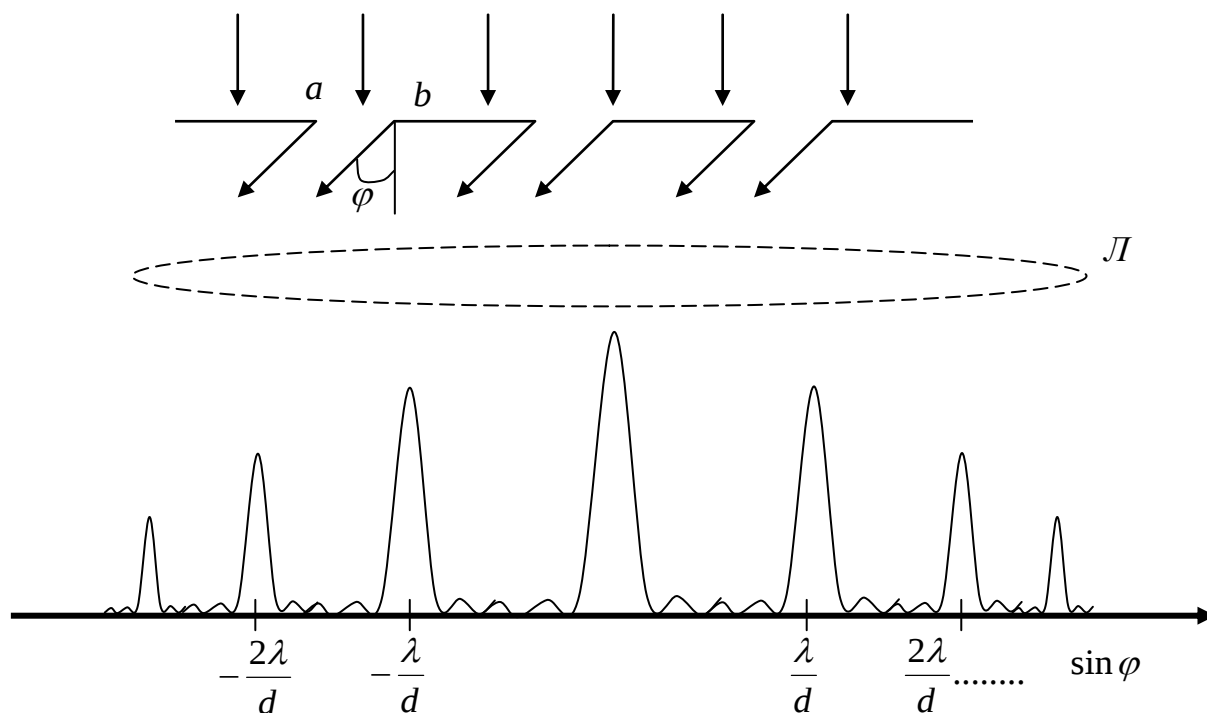
$$\frac{d\beta}{d\lambda} = \frac{2 \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \quad (4.7)$$

4. Prizmalar qanday materialdan yasaladi

Spektrning koʻzga koʻrinadigan qismi uchun odatda prizmalar optik shishalardan yasaladi. Ultrafiolet diapazon uchun kristall kvarts yoki kvarts shisha ishlatiladi. Bu material juda keng diapazonda shaffofdir, lekin uning dispersiyasi ($\frac{dn}{d\lambda}$) optik shishanikidan sezilarli darajada kam.

Vakuum ultrafiolet diapazon uchun SaF_2 va LiF ishlatiladi. Infraqizil diapazon uchun LiF , NaCl , KBr kabi kristallar ishlatiladi. Masalan, NaCl 4-15 mkm diapazonda anchagina shaffofdir.

Difraksion panjara. YOrugʻlikning spektrga yoyishda prizmadan ham kuchli imkoniyatga ega qurilma – bu difraksion panjaradir. U birxil kenglikka ega boʻlgan tor tirqishlar sistemasidan iborat boʻladi. (rasm). Ochiq tirqish kengligi a va berk qismining kengligi b boʻlsa $d = a + b$ difraktsin panjaraning doimiysi deb ataladi. Agar panjaraga parallel nurlar yuborilsa nurlar difraktsiyaga uchraydi va linzaning fokal tekisligida tor maksimumlardan iborat interferentsion manzara hosil boʻladi. Bu maksimumlar $d \sin \varphi = \pm k\lambda$ shartiga boʻysinadi, bu erda $k=0,1,2,\dots$, bu parametr spektr tartibi deb ham ataladi.

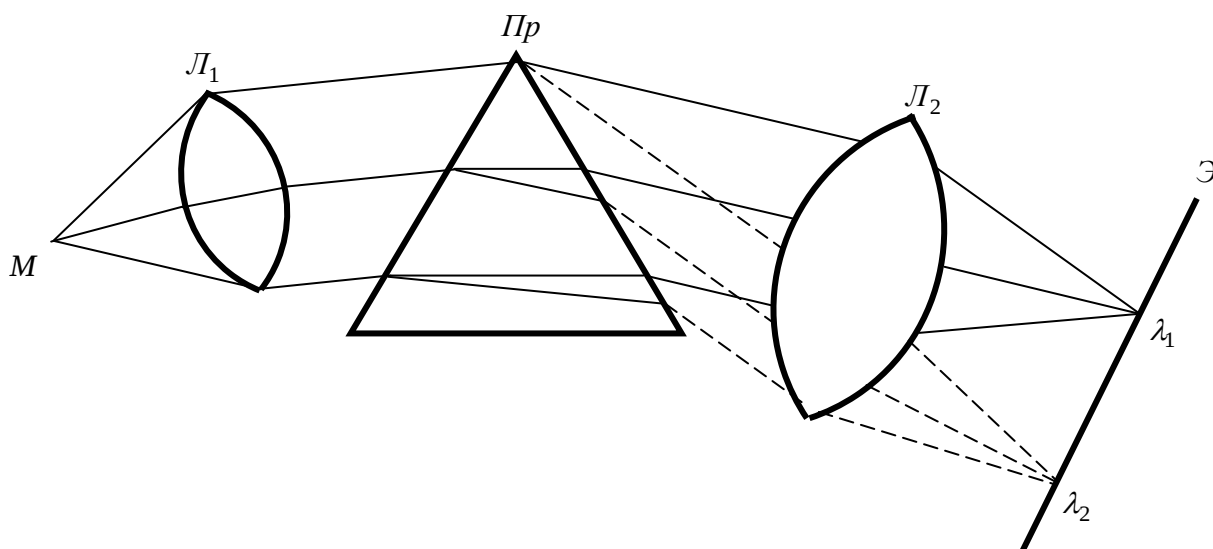


Rasm 4.2. Difraktsion panjaraning ishlash sxemasi.

Difraktsion panjara har bir toʻlqin uzunligi uchun juda tor maksimumlar yaratadi, shuning uchun bir-biriga yaqin boʻlgan ikki toʻlqin uzunliklari ham bir-biridan ajratilgan maksimumlarga ega boʻladi. SHuning uchun difraktsion panjaralar zamonaviy spektral apparatlarda juda keng ishlatiladi.

5. *Spektral apparatlarning optik sxemasi*

Prizmaga yoki difraktsion panjaraga tushyotgan yorugʻlik imkon boricha parallel nurlardan iborat boʻlish shart. Buning uchun yorugʻlik manbasi nuqtaviy boʻlishi va L_1 obʻektivning fokusiga joylashishi shart. Prizmadan oʻtgandan keyin har bir toʻlqin uzunligiga ega nurlar endi bir-biriga parallel boʻlmaydi, lekin bitta toʻlqin uzunligiga ega boʻlgan nurlar dastasi parallelligicha qolaveradi. Bu dasta L_2 obʻektivdan oʻtib E ekranda bitta nuqtaga toʻplanadi.



Rasm 4.3. Spektral apparatning sxemasi. M-yorug'lik manbasi, L_1 - birinchi kollimator linza (ob'ektiv), Pr - prizma, L_2 - ikkinchi (fokuslovchi) ob'ektiv, E-ekran.

Natijada harxil to'liqin uzunligiga ega bo'lgan nurlar E ekranda harxil nuqtalarga yig'iladi va yoyiq spektr paydo bo'ladi. Harxil spektrometr va monoxromatorlarda ana shu aytilgan printsiplar u yoki bu shakilda bajariladi.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar.

Elektromagnit to'liqin, fazalar farqi, interferentsiya, kvant, spektr, sinish qonuni, dispersiya, prizma, difraktsion panjara.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar.

7. T. Gilson, P. Xendra. «Lazernaya spektroskopiya KR v ximii». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1973 g.
8. G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
9. YA. Rabek «Eksperimentalnye metody v ximii polimerov». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1983 g.
10. L.P. Kazachenko «Molekularnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.
11. A.N. Zaydel, G.V. Ostrovenaya. Texnika i praktika spektroskopii. Izdatelstvo «Nauka», M., 1972 g.

Mavzu bo'yicha test savollar.

1. Quyidagi ifodalarning qaysi birida sinish qonuni to'g'ri yozilgan.

A. $n_1 \sin(\alpha - \beta) = n_2$

V. $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)}$

*S. $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

D. $n_1 \sin \beta = n_2 \sin \alpha$

2. Normal dispersiya deb nimaga aytiladi.

A. Sindirish ko'rsatkichi $n = const$

*V. Sindirish ko'rsatkichining chastota oshganda oshishi.

S. Sindirish ko'rsatkichining chastota oshganda kamayishi

D. Sindirish ko'rsatkichining ma'lum chastotada rezonans berishi

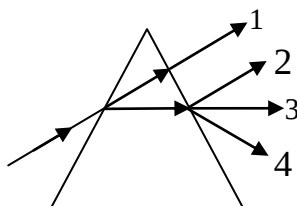
3. Rasmda prizmagacha tushgan nur sinib tashqariga chiqadi. Ko'rsatilgan to'rt yo'nalishning qaysi biri to'g'ri.

A. 1

V. 2

S. 3

D. 4



4. Spektrning infraqizil diapazoni qaysi ifodada to'g'ri ko'rsatilgan.

A. $\lambda < 2500 \text{ Å}$

V. $\lambda \approx 4000 \text{ Å} - 5000 \text{ Å}$

S. $\lambda \approx 4000 \text{ Å} - 7000 \text{ Å}$

*D. $\lambda \approx 4000 \text{ Å} - 40000 \text{ Å}$

5. Quyidagi ifodaning qaysi birida difraksion panjaraning maksimum sharti to'g'ri ko'rsatilgan.

A. $\varepsilon \sin \varphi = k \frac{\lambda}{2}$

V. $d \cos \varphi = \pm m \lambda$

*S. $d \sin \varphi = \pm m \lambda$

D. $d \sin \varphi = \pm \left(m + \frac{1}{2} \right)$

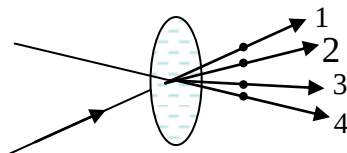
6. Linzaga tushgan nur linzadan o'tib qaysi yo'nalishda tarqaladi.

A. 1

*V. 2

S. 3

D. 4



7. To'lqin soni deb nimaga aytiladi.

A. $\lambda = cT$

V. $\nu = c/\lambda$

S. $\omega = 2\pi\nu$

*D. $\bar{\nu} = 1/\lambda$

Mavzu bo'yicha nazorat savollar.

1. Yorug'likning to'lqin va kvant hossalari deganda nimani tushunish kerak.
2. Elektromagnit to'lqin polarizatsiyasining qanday yuz bkrishini tushuntiring.
3. Spektr qanday xosil bo'ladi.
4. Oddiy spektrlar qanday elementlardan tashkil topgan.
5. Shisha prizmada nurning o'tish va unda spektrning paydo bo'lish qanday yuz beradi.
6. Burchak dispersiyasi deb nimaga aytiladi.
7. Sindirish ko'rsatkichi yorug'lik chastotasiga qanday bog'langan.
8. To'lqin uzunligi, chastota, tezlik va davr o'zaro qanday bog'langan.
9. Difraksion panjara nimaga aytiladi..
10. Difraksion panjarada yorug'lik spektri qanday paydo bo'ladi.
11. Difraksion panjaraning maksimum va minimumlar sharti qanday.
12. Difraksion panjaraning shisha prizmadan asosiy ustunligi nimadan iborat.

**MA'RUZA 5. Molekular sistemada yorug'likning yutilishi va nurlanishi.
Absorbtsiya va lyuminescent spektroskopiya.**

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O'quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O'quv mashg'ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. YUtilish va nurlatish (tanlash qoidalari). 2. Ber – Buger qonuni 3. Absorbtsion va lyuminescent spektroskopiya (lyuminescentsiya, fluorestsentsiya, fosforestsentsiya).
<i>O'quv mashg'ulotining maqsadi : Talabalarda Molekular sistemada yorug'likning yutilishi va nurlanishi. Absorbtsiya va lyuminescent spektroskopiya xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O'quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , YUtilish va nurlatish (tanlash qoidalari), Ber – Buger qonuni, Absorbtsion va lyuminescent spektroskopiya (lyuminescentsiya, fluorestsentsiya, fosforestsentsiya) to'g'risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, “Klaster”, ma'ruza
O'quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

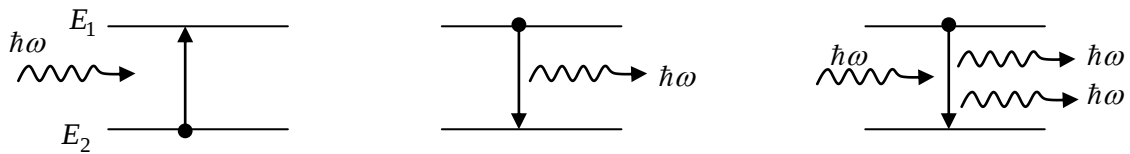
O'quv mashg'ulotining texnologik haritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O'quv to'ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O'quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1, YUtilish va nurlatish (tanlash qoidalari), Ber – Buger qonuni haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezonini va vaqti e'lon qilinadi. O'quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning <i>Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman</i> grafalari to'ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi.	YUtilish va nurlatish (tanlash qoidalari), Ber – Buger qonuni tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi. Ber – Buger qonuni muammasi tavsiflanadi. 2.2. Absorbtsion va lyuminescent spektroskopiya (lyuminescentsiya, fluorestsentsiya, fosforestsentsiya) to'g'risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashgulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	---	--

1. YUtilish va nurlatish (tanlash qoidalari)

YUqorida ko'rdikki, atomlarning energiyasi diskret bo'ladi, boshqacha aytganda, elektronlar diskret energetik holatlariga egalar. Umuman olganda, siyrak gazning ham spektral hossalari xudi atomlarnikidek bo'ladi. SHuning uchun eng oddiy hol – atomlarning yutishi va nur chiqarishi qanday yuz berishini ko'rib chiqamiz. Atomlarda uch hil elektron o'tishlarni kuzatish mumkin (rasm 30 ga qarang).



a) maburiy yutilish. b) spontan nurlatish. v) majburiy nurlatish.

Rasm 5.1 . Elektron o'tishlarning turlari

Rasm 30 (a) da atomga $h\omega$ energiyali yorug'lik (foton) tushganda, agar $h\omega = E_2 - E_1$ bo'lsa, bu fotonning yutilishi va natijada elektronning E_1 holatdan E_2 holatga o'tishi ko'rsatilgan. YOrug'likning vaqt birligi ichida yutilish ehtimolligi teng:

$$W_{12} = B_{12}\rho_\nu$$

Ana endi qo'zg'algan atomdagi elektron E_2 holatda uzoq tura olmaydi, tahminan 10^{-8} sekunddan so'ng u E_1 holatga tushishi kerak. Lekin elektron yuqori E_2 holatdan pastki E_1 holatga ikki uslubda tushaoladi, birinchisi spontan uslubida nur chiqarib (rasm 30 (b) ga qarang), ikkinchisi – tashqi elektromagnit maydon ta'sirida majburiy ravishda nurlatib (rasm 30 (v) ga qarang).

YOrug'lik spontan nurlanishining vaqt birligi ichidagi ehtimolligi teng:

$$W_{21} = A_{21}$$

YOrug'likning vaqt birligi ichidagi majburiy nurlatish ehtimolligi teng:

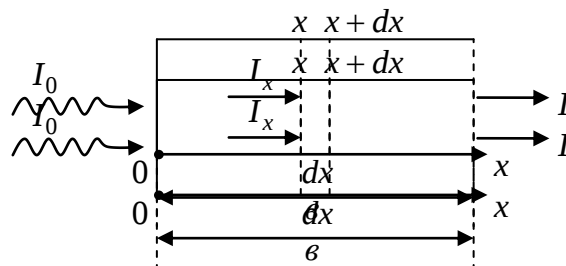
$$W_{21}^M = B_{21}\rho_\nu$$

Bu erda B_{12}, A_{21}, B_{21} lar Eynshteyn koeffitsientlari deb ataladi, ular ikki energetik holatlar o'rtasida elektron o'tishlarning ehtimolligiga proporsional koeffitsientlardir, ρ_ν esa tashqi maydon energiyasining spektral zichligi.

Spontan o'tishni ba'zan o'z – o'zidan, majburiy bo'lmagan o'tish deb ham ataladi, majburiy o'tish esa ko'pincha indutsirlangan o'tish deb ham ataladi va u tashqi elektromagnit maydon (yoki yorug'lik) ta'sirida yuz beradi.

2. Ber – Buger qonuni.

Bu qonun nurning yutilish jarayonini va yutayotgan modda tabiati o'rtasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Tajribadan ko'rish mumkinki, agar nur biror muhitda tarqalar ekan, u tarqalish davomida o'z energiyasini (intensivligini) yo'qotib boradi, buning sababi harqanday muhit o'zida tarqayotgan to'lqinni kam yoki ko'p yutishidir. Faraz qilaylik, yorug'lik to'lqini muxitda x o'qi bo'ylab tarqalayotgan bo'lsin, muhit esa biror moddaning s konsentratsiyali eritmasi bo'lsin. I_0 va I - muhitga tushayotgan va muhitdan chiqayotgan yorug'lik intensivligi. I_x bilan muhitning boshlang'ich nuqtasidan x masofa uzoqlikdagi yorug'lik intensivligini belgilaymiz.



Rasm 5.2 Nurning yutilishi.

Bu yorug'lik x nuqtadan o'tib $x + dx$ nuqtaga etganda uning intensivligi $-dI_x$ ga kamayadi, u $I_x dx$ ga proporsionaldir:

$$-dI_x \sim I_x dx = kI_x dx \quad (5.1)$$

Bu erda k - yutayotgan muhit hossalriga bog'liq bo'lgan koeffitsient. (5.1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{dI_x}{I_x} = -k dx$$

Uning echimi teng:

$$\int \frac{dI_x}{I_x} = -\int k dx \rightarrow \ln I_x = -kx + C$$

C - doimiy qiymat. $x=0$ bo'lganda $I_x = I_0$ va $C = \ln I_0$. Muhitning chiqish nuqtasida $I_x = I$, shuning uchun

$$\ln I = -k\varepsilon + \ln I_0 \quad \text{va} \quad \ln \frac{I}{I_0} = -k\varepsilon \quad \text{yoki} \quad I = I_0 e^{-k\varepsilon} \quad (5.2)$$

Agar o`nli logorifmga o`tsak:

$$\lg \frac{I_0}{I} = +k\varepsilon \lg e = k^1 \varepsilon \quad (\lg e = 0,434) \quad \text{va} \quad k = 2,303k^1 \quad (\text{yoki} \quad k^1 = k \lg e = 0,434k).$$

Oxirgi formulani qulayroq shakilda yozish mumkin:

$$\lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon c \quad (5.3)$$

$$A = \varepsilon c \quad (5.4)$$

Bu erda ε - yutilishning molyar koeffitsienti yoki molyar ekstinktsiyasi deb ataladi (birligi $\text{litr/mol} \cdot \text{sm}$).

$k^1 = \varepsilon c$. Oxirgi ikki tenglama Ber qonuni deb ataladi. $\lg \frac{I_0}{I}$ esa muhitning optik zichligi (A) deb ataladi. A ning qiymati amalda $0 \div 3$ intervalda o`zgaradi, lekin nazariy jihatdan u no`ldan cheksizga o`zgarishi mumkin.

Spektroskopiyada yana bir muhim parametr bor – o`tkazuvchanlik (shaffoflik). U quyidagicha ta`riflanadi.

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (4.5)$$

SHunday qilib:

$$-\lg T = A = \varepsilon c$$

O`tkazuvchanlikning foizdagi qiymati $\frac{I}{I_0} \cdot 100\%$ ifoda bilan beriladi.

Tanlash qoidasi. Biz Bor postulatlarini o`rganganimizda aytgan edik, agar foton energiyasi  $\hbar\omega$  ikki holatning energiyalari ayirmasiga teng bo`lsa bunday fotonni atom yutadi: $\hbar\omega = E_2 - E_1$. Lekin keyinchalik ma`lum bo`ldiki, bu tenglik (rezonans sharti) ba`zan fotonning yutilishi uchun etarli emas ekan. Energetik holatlar o`rtasidagi o`tishlar (yutilish yoki nurlatish) ma`lum o`tish qoidalariga bo`ysunadilar. SHu qoidalarga bo`ysinadigan o`tishlar ruxsat etilgan o`tishlar deb ataladi, bo`ysinmaydigan o`tishlar taqiqlangan o`tishlar deb ataladi. Tanlash qoidalari kvant mexanikasida nazariy hisoblashlar yordamida topiladi. Nazariyada ikki turli taqiqlangan o`tishlar topilgan: spin bo`yicha va simmetriya bo`yicha.

Spin bo`yicha taqiqlangan o`tishlarda spin multipletnosti o`zgaradi. Spin multipletnosti deb  $M = 2S + 1$  ifodaga aytiladi, bu erda  $S$  - atomning elektron spini (yoki valent elektronlar spinining vektor yig`indisi). $(2S + 1)$ ning qiymati atomning spini tashqi magnit maydonda necha xil yo`l bilan orientatsiya olish mumkinligini bildiradi.

Tanlash qoidasi shundayki, energetik holatlar o`rtasida o`tish yuz berganda multipletlik o`zgarishi mumkin emas, boshqacha aytganda  $\Delta S = 0$  bo`lishi kerak. Masalan, ko`pincha singlet va triplet holatlar o`rtasidagi holatlar taqiqlangan bo`ladi.

Juftlanmagan elektronlar soni	Elektron spini	$2S + 1$	Multipletlik
0	0	1	Singlet
1	$\frac{1}{2}$	2	Dublet
2	1	3	Triplet
3	$\frac{3}{2}$	4	Kvartet

Simmetriya bo'yicha taqiqlangan o'tishlar i va j bilan bog'langan. Ikki i va j holatlar o'rtasida o'tishning intensivligi (ko'p - kamligi) o'tishning dipol momenti deb ataluvchi ifoda bilan bog'liq:

$$\mu_{ij} = \int \psi_i \mu \psi_j d\tau \quad (5.6)$$

bu erda μ - i va j holatlarni bir – biriga bog'lovchi dipol momenti vektori. Integral hamma koordinatalar bo'yicha olinadi; $d\tau = dx dy dz$. Agar $\psi_i \mu \psi_j$ ba'zibir simmetriya talablarga javob beraolmasa integral nolga teng bo'lishi mumkin. O'tishning dipol momenti vektorining fizikaviy ma'nosi shundaki, bu moment boshlang'ich va oxirgi energetik holatlar dipol momentlarining ayirmasi bilan bog'langan.

Misol sifatida molekulada elektron o'tishini ko'rib chiqamiz.

Dipol momentlarining o'rtasidagi farq ikki holatdagi elektronning (elektron zaryadining) har xil taqsimlanishi bilan bog'liq, chunki yutilish jarayonida zaryad migratsiya qiladi. Agar shunda integral nolga aylansa, bunday o'tish butunlay taqiqlangan bo'ladi.

Albatta, taqiqlangan o'tishlar hech qachon yuz bermaydi, deb bo'lmaydi. Taqiqlar ma'lum sharoitlarda biroz yumshashi va o'tishlar, juda kuchsiz bo'lsada, yuz berishi mumkin.

3. Absorbtsion va lyuminescent spektroskopiya (lyuminesentsiya, fluorestsentsiya, fosforestsentsiya)

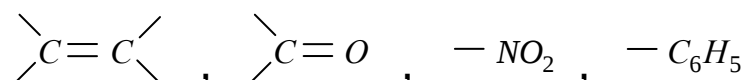
YUqorida aytib o'tildiki, nurning (yoki fotonning) yutilishi moddadagi (atom yoki molekuladagi) elektronning pastki energetik holatdan yuqori energetik holatga o'tishi bilan bog'liqdir. Lyuminesentsiya esa elektronning yuqori holatdan pastki holatga o'tganda yuz beradi. Ana shu o'tishlarning chastotaga, temperaturaga va boshqa parametrlarga bog'liq bo'lishi moddaning tuzilishi va hossalari haqida juda ko'p informatsiya beradi.

Kimyo va boshqa tabiiy fanlarda elektron o'tishlar juda keng spektral diapazonda kuzatiladi: ultrafiolet, optik diapazon (ko'zga ko'rinadigan to'liqlar diapazoni) va infraqizil diapazon. Molekular orbitallar nazariyasi ramkasida elektronlarni σ, π yoki n (bog'lamaydigan) elektronlarga bo'lib chiqish mumkin (ularning qanday orbitallarni band qilib turishiga qarab turib). Kvant mexanikasida, simmetriya nuqtai nazarini ham hisobga olib, quyidagi o'tishlarga ruhsat beriladi

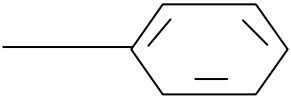
(ularning ehtimolligi katta bo`ladi):  $\sigma \rightarrow \sigma^*$ ,  $\pi \rightarrow \pi^*$  va  $n \rightarrow \pi^*$ .  $\sigma$  va  $\sigma^*$  orbitallari energiyalari ayirmasining qiymati katta bo`ladi, shuning uchun bunday utishlar o`rta va uzoq UF diapazonda yuz beradi.  $\pi \rightarrow \pi^*$  va  $n \rightarrow \pi^*$  o`tishlar esa ko`pincha yaqin UF va optik diapazonda yuz beradi.

Bilamizki, molekulaning ichki energiyasini elektron energiyasi, atomlarning o`zaro tebranish va molekulaning aylanish energiyalari tashkil etadi. Bu uch xil energiyalar (yoki harakatlar) o`zaro bog`langan. Masalan, molekulaga foton ta`sir ko`rsatib yutilsa (elektron o`tish yuz bersa) parallel ravishda molekulaning tebranish va aylanish energiyalari ham o`zgaradi.

Ba`zibir funktsional gruppalar IQ – spektrda o`zlarining o`ziga xos chastotalari bilan namoyon bo`ladilar. SHunga o`xshash elektron spektrlarda ham ba`zibir gruppalar o`zlarining chastotalari bilan ajralib turadilar. Bu gruppalar misol qilib quyidagilarni ko`rsatish mumkin:

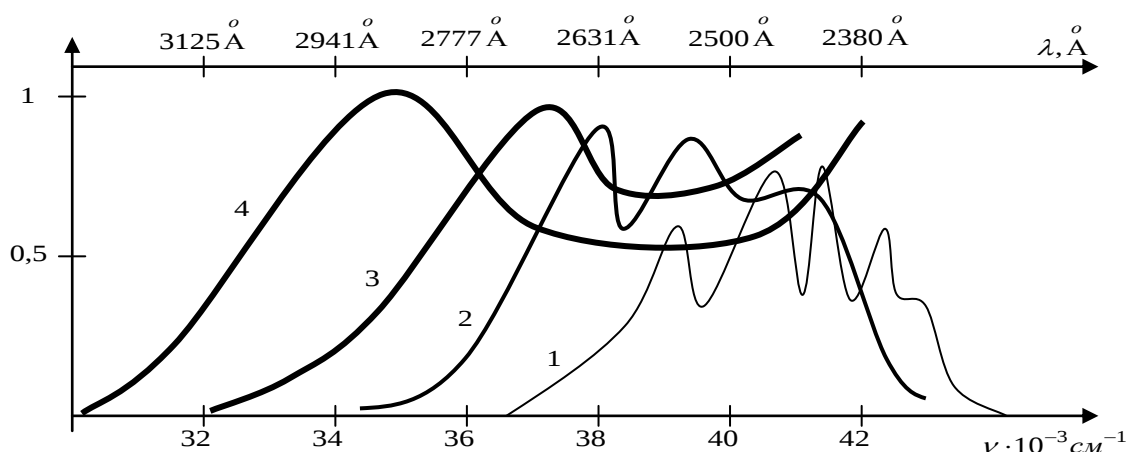


Bunday gruppalar xromoforlar deb ataladi. Jadvalda ba`zibir xromofor va ularning yutish chastotalari (to`lqin uzunliklari) misol qilib keltirilgan. Bu erda shuni aytish kerakki, xromoforlarning yutish to`lqin uzunliklari nafaqat ularning tuzilishiga, ular yana temperaturaga va atrofdagi muhitga ham bog`liq.

Xromofor	$\lambda_{\text{макс.}}^o, \text{Å}$	Xromofor	$\lambda_{\text{макс.}}^o, \text{Å}$
$\diagup C = C \diagdown$	1900	$-C \equiv N$	1600
$\diagup C = C - C = C \diagdown$	2100	$-COOH$	2000
	1900 2600	$-N = N -$	3500
$\diagup C = O$	1900 2800	$-NO_2$	2700

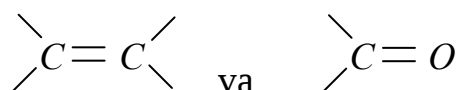
Optik (ko`zga ko`rinadigan) diapazon 4000 dan to 8000 Å gacha bo`lgan joyni egallaydi. Nega jismlar rangli bo`ladi? Sababi shundaki, ular spektrning ba`zibir diapazondagi to`lqinlarni yutsa, boshqa diapazondagi yorug`liklarni o`zidan o`tkazib yuboradi (yoki qaytaradi). Masalan, mis kuporosi eritmasi sariq sohada yutadi, lekin rangi ko`kimtir bo`ladi.

Kondensirlangan muhitlarda, xususan suyuqlikda, yutilish elektron – tebranma o`tishlar bilan bog`langan. Rasm 35 da misol tariqasida 4 ta birikmaning etil spirtidagi eritmasining strukturaga ega va sidirg`a (strukturasis) spektrlari keltirilgan. Benzoldan ftalimidga o`tilar ekan yutilish spektri uzun to`lqin uzunligi tarafiga qarab suriladi va vibron tebranish strukturasi yo`qolib boradi:

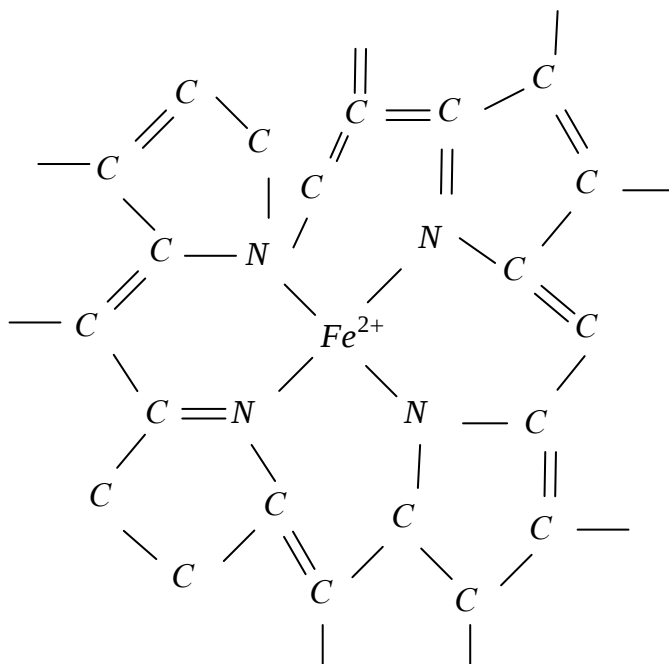


Rasm 5.3. 1 – benzol, 2 – toluol, 3 – ftal kislotasi, 4 – ftalimidning etil spirtidagi yutish spektrlari, $t = 20^{\circ}C$.

Alkanga oʻxshash toʻyingan organik molekulalarda oʻtishlar $\sigma \rightarrow \sigma^*$ tipiga oʻxshashdir. Aromatik molekulalarda yoki xromofor gruppalari



lar boʻlgan birikmalarda $\pi \rightarrow \pi^*$ va $n \rightarrow \pi^*$ oʻtishlar kuzatiladi. Boshqa misol qilib parafin molekulalarini koʻrsatish mumkin. Agar molekula oʻrtasida Mg^{2+} boʻlsa (xlorofil), u yashil rangda boʻladi, agar Fe^{2+} boʻlsa (gemoglobin) – qizil rangda boʻladi:

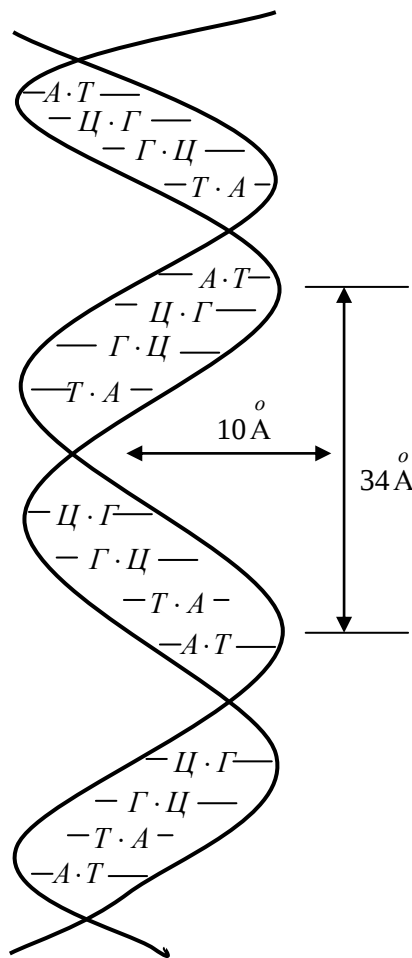


- bu gemoglobin, agar Fe^{2+} Mg^{2+} ga almashtirilsa u xlorofilga aylanadi. Gemoglobin kislorodni tashiydi, xlorofill – fotosintez jarayonida asosiy rolni

o'ynaydi. Bu hollarda rang asosan ikki narsa bilan aniqlanadi: elektronlarning delokalizatsiya darajasi va o'rtadagi metal ionining tabiati bilan.

Aminokislotalarning ko'pchiligida $\sigma \rightarrow \sigma^+$ o'tishlar kuzatiladi, bu o'tishlar uzoq UF sohada bo'ladi, 2300 Å dan pastroqda. Faqat fenilalanin, triptofan va tirozin bunday emas. Ularda yutilish maksimumi 2800 Å ga yaqin. Bu pik eritmada oqsil moddasining kontsentratsiyasini aniqlashda ishlatiladi.

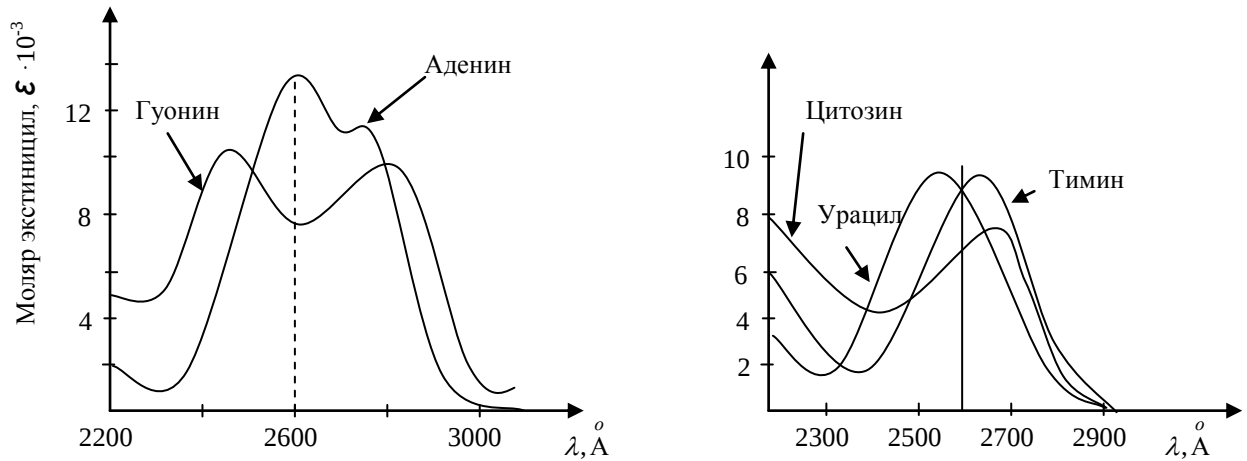
DNK molekulalari – molekular massasi 10^6 va undan ham yuqori bo'lgan polimerlar. Ular uch qismdan iborat bo'ladilar: fosfat gruppalari, uglevod qoldiqlari (dezoksiriboza) va purin va pirimidin asoslari (adenin, tsitozin, guanin, timin). Rasm 5.4 da.



Rasm 5.4.

DNKning ikkilangan spirali ko'rsatilgan. Molekulaning asosini (o'zagini) birin – ketin keladigan uglevod va fosfat qoldiqlari tashkil qiladi. Harbir uglevod qoldig'i bilan purin yoki pirimidin asosi bog'langan. Ikki spiralni asoslar o'rtasida hosil bo'lgan vodorod bog'lanishlar ushlab turadi. Asoslar molekula o'qiga perpendikular joylashgan. Harbir asos 4 asosdan faqat bittasi bilan mustahkam vodorod bog'ini hosil qilishi mumkin: $A \cdots T$, $T \cdots A$, $G \cdots C$ va $C \cdots G$.

DNK va RNK molekulalarining optik hossalari ularning tarkibiga kiruvchi purin asoslari (adenin va guanin) va pirimidin asoslari (tsitozin, timin va uratsil) bilan aniqlanadi. Ularning yutish spektrlari rasm 37 da keltirilgan.



Rasm 5.5.

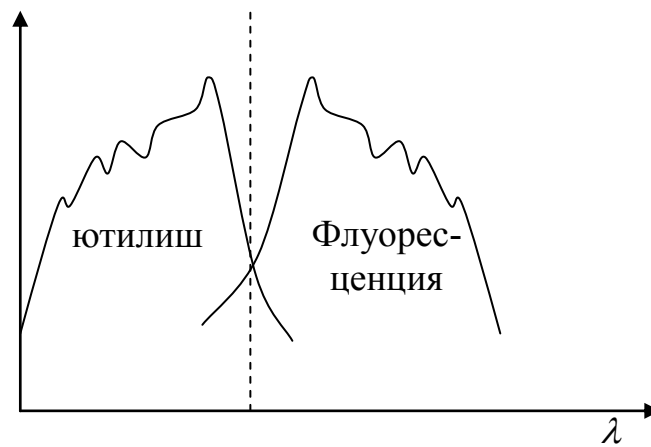
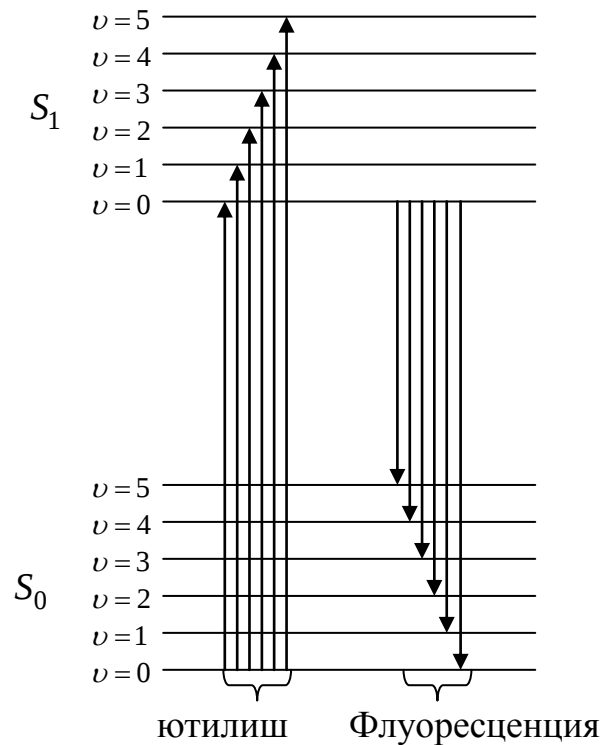
Ko'rinib turibdiki, DNK ning yutilish maksimumi $\lambda = 2600 \text{\AA}$ ga to'g'ri keladi, shuning uchun nuklein kislota eritmasining konsentratsiyasini shu to'lqin uzunligidagi yutilish koeffitsienti qiymatiga qarab belgilanadi.

Lyuminesentsiya: fluorestsentsiya va fosforestsentsiya. Biz shu paytgacha faqat energiyaning yutilishi haqida gaplashdik. Ana endi energiya yutib yuqori qo'zg'algan holatga o'tgan molekula haqida gaplashamiz. Bu molekula qo'zg'algan holatda uzoq qola olmaydi. Agar u kimyoviy reaksiyalarda qatnashmasa yoki atrofdagi molekulalar bilan to'qnashib yutgan energiyasini ularga berib yubormasa, bu molekula asosiy holatga faqat bitta yo'l bilan – energiyasi $h\nu$ ga teng bo'lgan fotonni nurlatib qaytib kelishi mumkin. Bu nurlanish lyuminesentsiya deb ataladi. Lyuminesentsiya ikki turli bo'ladi: fluorestsentsiya va fosforestsentsiya.

Fluorestsentsiya molekulaning yuqori holatdan pastki holatga qisqa vaqt ichida ($10^{-7} \div 10^{-9}$ sek) o'zidan yorug'lik chiqarib spin multipletligi o'zgarmasdan tushishiga aytiladi. Molekuladagi elektronlar juftlangan bo'lgani uchun energiyaning yutilishi elektronni asosiy S_0 singlet holatdan S_1 singlet qo'zg'algan yuqori holatga o'tkazadi (Rasm 5.6 ga qarang).

$S_0, S_1, S_2 \dots$ holatlarda molekuladagi elektronlar spinlari yig'indisi nolga teng bo'ladi, shuning uchun multipletlik $M = 2S + 1 = 2 \cdot 0 + 1 = 1$ bo'ladi. Umuman olganda, multipletlik berilgan S spin uchun energetik holat nechta maksimal holatdan iborat ekanligini bildiradi (nechta maksimal energetik holatlarga ajralib ketishini bildiradi). $S_0 \rightarrow S_1$ o'tish yuz berganda S_1 holatda ham spin $S = 0$ bo'ladi, demak bu holat bitta energetik holatdan iborat bo'ladi. Agar yuqori holatda qo'zg'olgan elektronning spini aylanib qolsa u holda ikki elektronning spinlari yig'indisi 1 ga teng bo'ladi va multipletlik $M = 2S + 1 = 2 \cdot 1 + 1 = 3$ ga teng bo'ladi,

demak yuqori holat 3 ta holatdan iborat bo`ladi va u triplet holat deb ataladi. Tanlash qoidalarini bo`yicha singlet holatdan triplet holatga o`tish taqiqlangan bo`ladi.



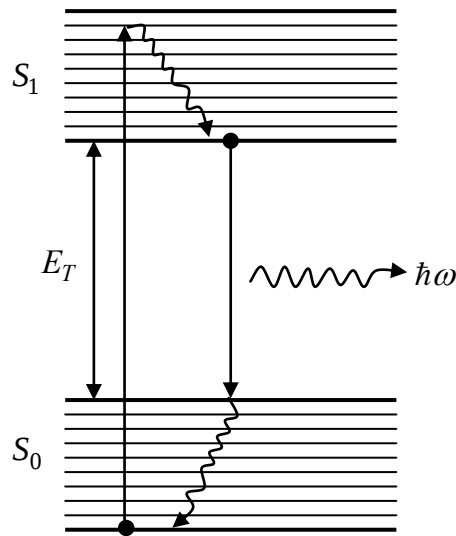
Rasm 5.6.

Molekulalarda har bir elektron holat kengaygan polosa ko`rinishida bo`ladi. Bu kengayish molekulalardagi tebranma harakat tufayli yuz beradi (aylanma harakat haqida hozirchalik gapirmaymiz). Tebranayotgan molekulani ostsilyator deb qarash mumkin. Kvant ostsilyatorining energiyasi teng:

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2} \right) \hbar \Omega \quad v = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (5.7)$$

Ω - tebranish chastotasi. Tebranish energiyasi elektron energiyasiga qo`shilib keng polosani hosil qiladi. Fotonning yutilishi sababli  $S_1$  singlet holatga o`tgan elektron o`zining atrofidagi atom molekulalarning ta`sirida o`zining ortiqcha energiyasini atrofiga uzatib  $S_1$  ning pastki holatlariga o`taboshlaydi va juda qisqa vaqt ichida eng

pastki holatlarga tushib oladi (Rasm 5.7 ga qarang). Bu protsess rasmda to'liqsimon strelka bilan ko'rsatilgan.



Rasm 5.7.

Lekin elektron S_1 holatda uzoq yashay olmaydi, taxminan 10^{-8} sek ichida S_0 holatga o'tadi. Elektron S_0 ning yuqori tebranma holatiga o'tib qolgan bo'lsa, u yana o'zining ortiqcha energiyasini atrofdagi zarrachalar bilan to'qnashish natijasida ularga beradi va S_0 ning eng pastki holatiga kelib qoladi, bu protsess ham rasm 5.7 da to'liqsimon strelka bilan ko'rsatilgan. Elektron S_1 dan S_0 ga o'tayotganda bitta foton nurlatiladi. Bu elektron S_0 ning harxil tebranma holatiga tushish mumkin bo'lganligi uchun umuman bu molekulalar harxil chastotali yorug'lik nurlatadi. Natijada keng spektrli yorug'lik hosil bo'ladi. Bunda, rasm 5.7 dan ko'rinib turibdiki, fluorestsentsiya spektri yutilish spektriga nisbatan uzun to'liqin uzunligi tomon surilib qoladi.

Savol tug'iladi: jism yutgan energiyasining qancha qismini fluorestsentsiyaga aylantiradi. Fluorestsentsiya protsessining effektivligini miqdoriy xarakteristikalash uchun ikki tushuncha kiritiladi – energetik va kvantaviy chiqish.

Energetik chiqish Φ_ϕ deb nurlatilayotgan energiya E_ϕ ning yutilgan energiya E_{IO} ga bo'lgan nisbatiga aytiladi:

$$\Phi_\phi = \frac{E_\phi}{E_{IO}} \quad (5.8)$$

Kvantaviy chiqish Φ_K deb fluorestsentsiya qilingan kvantlar soni N_ϕ ning yutilgan kvantlar soni N_{IO} ga bo'lgan nisbatga aytiladi:

$$\Phi_K = \frac{N_\phi}{N_{IO}} \quad (5.9)$$

Bu ikki tushuncha o'rtasida bog'lanish bor:

$$\Phi_\phi = \frac{N_\phi h \nu_\phi}{N_{IO} h \nu_{IO}} = \Phi_K \frac{\nu_\phi}{\nu_{IO}} = \Phi_K \frac{\lambda_{IO}}{\lambda_\phi} \quad (5.10)$$

Bu erda ν_{io} - yutilayotgan nur chastotasi (monoxromatik nur yutiladi deb faraz qilamiz); λ_{io} - uning to'liq uzunligi. $\overline{\nu_{\phi}}$ - fluorestsentsiyaning o'rtacha chastotasi va $\overline{\lambda_{\phi}}$ uning o'rtacha to'liq uzunligi.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar

YUtilish, nurlatish, Eynshteyn koefitsientlari, BerBuger, optik zichlik, o'tkazuvchanlik, absorptsiya, lyuminetsentsiya, xromofor, fosforotsentsiya, singlet, triplet, energetik va kvantoviy chiqish.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar

6. G. Grey «Электроны и химическая связь». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
7. I. I. Kondilenko, P.A. Korotkov «Vvedenie v atomnyuyu spektroskopiyu». Izdatelstvo «Vysshaya shkola», Kiev. 1976 g.
8. M.A. Elyashevich «Atomnaya i molekulyarnaya spektroskopiya». Moskva. Fizmatiz, 1962 g.
9. G. CHang «Fizicheskaya khimiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
10. YA. Rabek «Eksperimentalnye metody v khimii polimerov». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1983 g.
11. L.P. Kazachenko «Molekulyarnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.
12. S.N. Andreev, M.F. Smirnova «Stroeniya elektronnykh obolochek atomov, teoriya khimicheskoy svyazi». Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1974 g.

Mavzu bo'yicha test savollar**1. Spontan o'tish nima.**

A. Fotonni yutgan atomning asosiy xolatdan qo'zg'algan xolatga o'tishi.

*V. Atomning qo'zg'algan xolatdan asosiy xolatga o'z-o'zidan o'tishi.

S. Atomning qo'zg'algan xolatdan asosiy xolatga tashqiy maydon ta'sirida o'tishi.

D. Muxitda tarqalayotgan yorug'lik intensivligining eksponenta bo'ylab kamayishi.

2. Majburiy o'tish nima.

A. Fotonni yutgan atomning asosiy xolatdan qo'zg'algan xolatga o'tishi.

V. Atomning qo'zg'algan xolatdan asosiy xolatga o'z-o'zidan o'tishi.

*S. Atomning qo'zg'algan xolatdan asosiy xolatga tashqiy maydon ta'sirida o'tishi.

D. Muxitda tarqalayotgan yorug'lik intensivligining eksponenta bo'ylab kamayishi.

3. Qaysi javobda Ber-Buger qonuni keltirilgan.

A. $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

*V. $I = I_0 e^{-kx}$

S. $I = I_0 \cos^2 \varphi$

D. $I = I_0 \sin^2 \varphi$

4. Lyuminesentsiya deb qanday jarayonga aytiladi.

*A. Elektronning yuqori xolatdan pastki holatga o'tishda yuz beradigan nurlanish

V. Elektronning pastki xolatdan yuqori holatga o'tish jaroayoni.

S. Isitish ta'sirida muhitning nurlatishiga.

D. Elektr toki ta'sirida o'tkazgichning isishiga.

5. Xromofor deb nimaga aytiladi.

*A. O'zlarining yutish chastotasi bilan elektron spektrida ajralib turadigan gruppalar.

V. Xrom element bo'lgan gruppalar.

S. YOrug'likni kuchli yutadigan molekulalar.

D. YUtish polosasi keng bo'lgan radikallar.

6. Multipletnost qaysi javobda to'g'ri yozilgan.

A. $M = S + \frac{1}{2}$

V. $M = S + 2$

S. $M = n + \frac{1}{2}$

*D. $M = 2S + 1$

7. Fosforotsentsiya qanday jarayon.

*A. Tiriplet-singlet o'tishlarda nurlatiladigan va davomida katta bo'lgan nurlanishi.

V. Tiriplet-singlet o'tishlarda nurlatiladigan va qisqa vaqt davom etadigan nurlanish.

S. Fosfor elementi bilan bog'liq yutish jarayon.

D. Molekulaning yuqori singlet holatdan pastki singlet holatga o'tish jarayoni.

8. Molekulaning relaksatsiyasi deb nimaga aytiladi.

*A. Ortiqcha tebranma harakat energiyasini atrof muhitga pastki holatlarga o'tish protsesiga.

V. Molekulaning fotonni yutish protsessiga.

S. Issiqlik ta'sirida tebranma harakatning kuchayishiga.

D. Qattiq tebranish natijasida molekulaning parchalanishiga.

Mavzu bo'yicha nazorat savollar.

1. Eynshteyn koeffitsienlari deb ni maga aytiladi.
2. Ber-Buger qonunidagi K koeffitsientining fizik ma'nosi qanday.
3. To'lqin uzunligi, chastotasi, davri va tezligi o'zaro qanday bog'langan.
4. Spektral chiziqning kengligi deganda niamanni tushuniladi.
5. Qanday o'tishlar taqqoslangan va taqqoslanmagan o'tish deb ataladi.
6. Singlet va triplet deganda tushunchalar nimani anglatadi.
7. Molekulalarda yutilish va lyuminetsentsiya qanday yuz beradi.
8. Flurotsentsiya va fosforotsentsiya bir – biridan nima bilan farq qiladi.
9. Atom va molekulaning energetik satxlarini chizing va ularning shakillarini tushintiring.
10. Molekulalarda yutilishng tanlash qoidasi qanday bo'ladi.

MA'RUZA 6

Mikroto'lqinlar va infraqizil spektroskopiya

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O`quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O`quv mashg`ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. Mikroto`lqinlar spektroskopiyasi 2. Infraqizil spektroskopiya
<i>O`quv mashg`ulotining maqsadi : Talabalarda Mikroto`lqinlar va infraqizil spektroskopiya xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O`quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , Mikroto`lqinlar spektroskopiyasi, Infraqizil spektroskopiya to`g`risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O`quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

O`quv mashg`ulotining texnologik haritasi

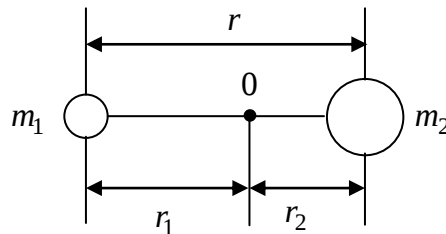
Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O`quv to`ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O`quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 Mikroto`lqinlar spektroskopiyasi haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezonlari va vaqti e'lon qilinadi. O`quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman grafalari to`ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. Mikroto`lqinlar spektroskopiyasi bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi. Mikroto`lqinlar spektroskopiyasi mazmuni tavsiflanadi. 2.2. Infraqizil spektroskopiya to`g`risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashgulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	---	--

1. Mikroto'lqinlar spektroskopiyasi

Mikroto'lqinlar spektroskopiyasi asosan molekullarning aylanma harakatini o'rganadi. Ma'lum moddaning aylanma harakat spektrini kuzatish uchun bu moddaning molekullarida o'zgarmas elektr dipol momenti bo'lishi shart, lekin gomoyadro ikkiatomli molekullarda (masalan, $O_2, N_2 \dots$) bunday dipol momenti bo'lmaydi va ular mikroto'lqinlar diapazonida energiya yutmaydilar. Lekin polyar molekullar (HCl, CO ga o'xshash) va ko'patomli molekullarning ko'pchiligini mikroto'lqin spektroskopiyasi yordamida tahlil qilishimiz mumkin.

Geteroyadro ikkiatomli molekulani ko'rib chiqamiz, uni rotator deb hisoblaymiz, u xuddi gantelga o'xshash bo'ladi (rasm 6.1 ga qarang):



Rasm 6.1.

Bu rasmda m_1 - kichik atom massasi, m_2 - katta atom massasi, 0 nuqta – molekulaning og'irlik markazi. Molekulaning og'irlik markaziga nisbatan inertsia momenti $I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2$ ga teng. Og'irlik markazining joyi quyidagi shartdan topiladi:

$$m_1 r_1 = m_2 r_2$$

SHuning uchun $r_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot r_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot (r - r_1)$ deb yozish mumkin. Oxirgi ikki munosabatdan yozish mumkin:

$$r_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot r \quad (6.1)$$

va

$$r_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot r \quad (6.2)$$

r_1 va r_2 larni inertsia momentiga qoʻysak hosil boʻladi:

$$I = m_1 \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 \cdot r^2 + m_2 \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 \cdot r^2 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \cdot r^2 = \mu r^2 \quad (6.3)$$

μ - keltirilgan massa:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad (6.4)$$

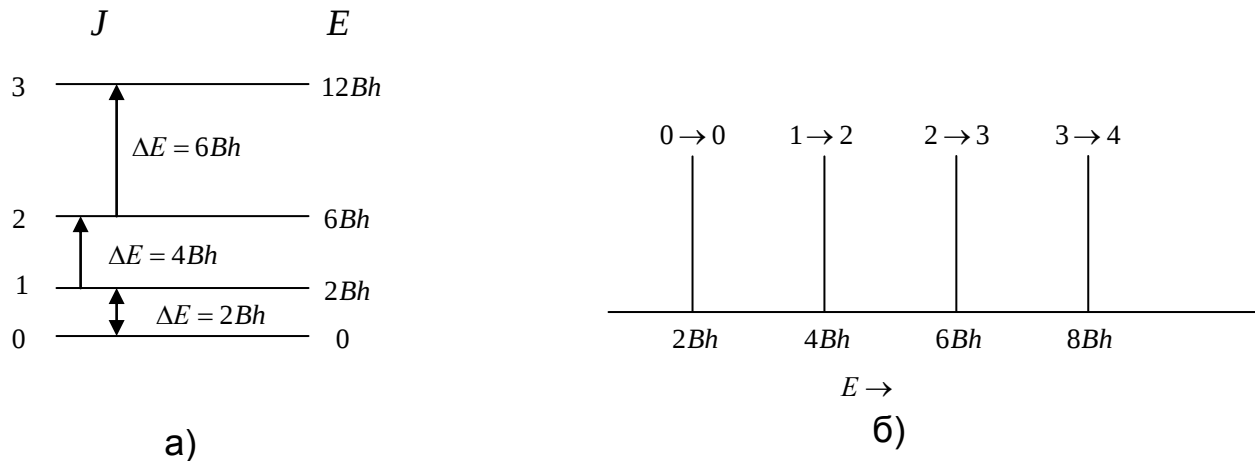
Keltirilgan massa tushunchasi – juda muhim tushuncha. Endi ikki atomli molekulaning aylanma harakatining oʻrniga μ massali bitta zarrachaning r radiusli aylana boʻylab harakatini koʻrish mumkin.

Bunday molekulaning aylanish energiyasi uchun nazariy fizika (kvant mexanika) quyidagi ifodani beradi:

$$E_{a\ddot{u}l} = \frac{\mathfrak{I}(\mathfrak{I}+1)h^2}{8\pi^2 I} = B\mathfrak{I}(\mathfrak{I}+1)h \quad (6.5)$$

Bu erda $B = \frac{h}{8\pi^2 I}$ - aylanma harakat doimiysi, $\mathfrak{I}$ - aylanma kvant soni: $\mathfrak{I}=0,1,2,3,\dots$

Rasm 6.2 da ikki atomli molekulaning aylanma harakat energiyasi spektri keltirilgan.



Rasm 6.2 a) mikrotoʻlqin oʻtishining rezonans sharti. b) birxil masofada turuvchi spektral chiziqlar.

Elektromagnit toʻlqinining elektr tashkil etuvchisi molekulaning elektr dipol momenti bilan taʼsirlashadi va chastotasi toʻgʻri kelsa uni pastki xolatdan yuqori holatga oʻtkazadi. Lekin bunga tanlash qoidasi bor. Oʻtishga, agar $\Delta\mathfrak{I} = \pm 1$ boʻlsa, ruhsat berilgan boʻladi. (rasm 6.2). Faraz qilaylik, $\mathfrak{I}'$ va $\mathfrak{I}''$ - aylanma harakatning pastki va yuqori holatlariga tegishli kvant sonlari boʻlsin. Unda energiya farqlari quyidagicha boʻladi:

$$\Delta E = B\mathfrak{I}''(\mathfrak{I}''+1)h - B\mathfrak{I}'(\mathfrak{I}'+1)h = Bh[\mathfrak{I}'(\mathfrak{I}'+1) - \mathfrak{I}'(\mathfrak{I}'+1)]$$

$\mathfrak{I}'' - \mathfrak{I}' = 1$ boʻlganligi uchun bu tenglama quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$\Delta E = 2Bh\mathfrak{J}''; \mathfrak{J}'' = 1, 2, 3, \dots$$

Demak, $\mathfrak{J} = 0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$ o'tishlar bilan bog'langan yutilishlar $2Bh$, $4Bh$, $6Bh \dots$ larga teng energiya farqlariga ega bo'ladilar, yutilish spektral chiziqlari bir – biridan $2Bh$ masofada joylashadilar.

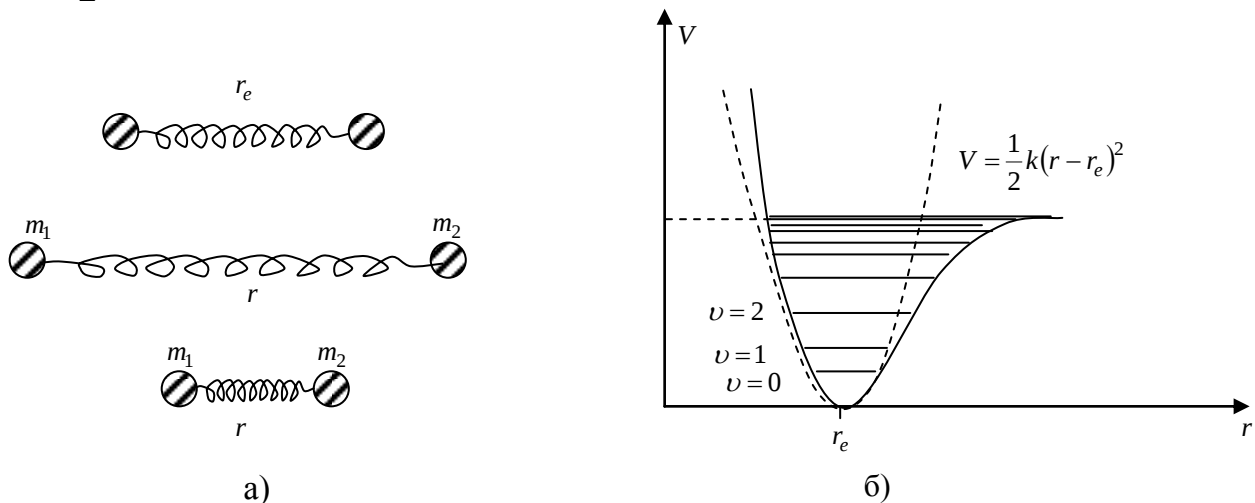
Mikroto'lqinlar spektroskopiyasi molekulalar geometriyasini aniqlashda juda katta yordam beradi. Aylanma harakat spektral chiziqlari o'rtasidagi farqdan V doimiyini aniqlanadi, demak bundan inertsia momentini va yadrolar o'rtasidagi masofani aniqlasa bo'ladi.

2. Infraqizil spektroskopiya

Infraqizil spektroskopiya (IQS) molekulalarning tebranma harakatini tahlil qiladi. Molekulalarning eng oddiysi ikki atomli bo'lgani uchun biz avvalo ana shunday molekulalarni ko'rib chiqamiz. Bu molekulani biz oddiy garmonik ostsillyator deb qarashimiz mumkin. Garmonik ostsillyator – bu sinusoidal qonuniyati bilan tebranayotgan jism bo'lib, bu jismga ta'sir qiladigan kuch jismning muvozanat holatdan siljishiga proporsionaldir: $F = -kx$. Bunday jismning (zarrachaning) tebranish tenglamasi quyidagicha:

$$\mu \ddot{x} + kx = 0 \text{ yoki } \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (\omega_0^2 = \frac{k}{\mu} \text{ yoki } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{\mu}})$$

ω_0 - ostsilyatorning tebranish chastotasi. Chiziqli chastota $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$: bu tenglamaning echimi $x = A \sin \omega_0 t$. k - bog'lanishning mustahkamligini bildiradigan koeffitsient, birligi N/m. Rasm 45 da ostsilyatorning potentsial energiyasi $V = \frac{1}{2}(r - r_e)^2$ ning grafigi keltirilgan:



Rasm 6.3 a) ikki atomli molekula (oddiy ostsillyator). b) ikki atomli molekulaning potentsial energiyasi.

Simmetriyasi bor (shtrixpunktirli) grafik ideal molekula uchun, boshqa grafik real molekula uchun.

Garmonik ostsilyatorning kvantlangan tebranma harakat energiyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$E_{meo} = \left(\nu + \frac{1}{2} \right) h \nu \quad (6.6)$$

bu erda ν - tebranma harakat kvant soni $= 0, 1, 2, 3, \dots$, ν - tebranish chastotasi $= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$; demak ostsilyatorning eng past energiyasi noldan farq qiladi va u teng $\frac{1}{2} h \nu$ ga. Bu energiya nolinchi energiya deb ataladi.

Misol. HCl molekulasining tebranish chastotasi barobar $8,67 \cdot 10^{13}$ gerts. SHu molekula uchun parametr k hisoblansin:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \text{ bo'lgani uchun } k = 4\pi^2 \mu \nu^2$$

bu erda μ noma'lum, uni topamiz:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_H} + \frac{1}{m_{Cl}} \rightarrow \mu = \frac{m_H m_{Cl}}{m_H + m_{Cl}} = \frac{1 \cdot 35,45}{1 + 35,45} \cdot 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1,63 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$k = 4\pi^2 \mu \nu^2 = 4 \cdot 3,14^2 (8,67 \cdot 10^{13} \text{ cek}^{-1})^2 \cdot 1,63 \cdot 10^{-27} = 4,83 \cdot 10^2 \frac{\text{kg m}}{\text{cek}^2 \text{ m}} = 4,83 \cdot 10^2 \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

Bu erda shuni aytish kerakki, molekulalar yuz foiz oddiy garmonik ostsilyatorga o'xshaydi, deb bo'lmaydi. Masalan, tebranish amplitudasi kattalashib ketsa masofa r ham oshib ketadi, bu esa kimyoviy bog'lanishni susaytirishga olib kelishi mumkin, ba'zan esa molekula dissotsiatsiya (parchalanib) bo'lib ketishi mumkin (rasm 6.3 (b) ga qarang). Demak, molekula tebranishini rasm 45 dagi asimmetrik grafik reallikka yaqinroq qilib ifodalaydi. Bu grafikda har bir gorizontall chiziqli harakat energiyasini bildiradi. Energiya oshgan sari ikki qo'shni energiyalar o'rtasidagi masofa kamayib boradi, bu xususiyat angarmonizm deb ataladi.

Angarmonizمنى ham hisobga olish uchun (6.5) tenglama yangicha yoziladi:

$$E_{meo} = \left(\nu + \frac{1}{2} \right) h \nu - x \left(\nu + \frac{1}{2} \right) h \nu \quad (6.6)$$

bu erda x - angarmonizm konstantasi. ν kichik bo'lganda x ni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Molekulaning biror tebranishi infraqizil spektrda o'zini namoyon qilishi uchun (yoki tebranish chastotasiga teng chastotali elektromagnit to'lqin yutilishi uchun) birinchi navbatda uning dipol momenti tebranish davomida o'zgarib turishi kerak, boshqacha aytganda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\frac{d\vec{P}}{dr} \neq 0 \quad (6.7)$$

Bu shartning ma'nosi shuki, gomoyadroli (yoki bir xil atomli) ikkiatomli molekulalar infraqizil elektromagnit maydonni yutmaydilar ($O_2, H_2 \dots$). Infraqizil spektrda

tanlash qoidasi quyidagicha: $\Delta\nu = \pm 1$, nurlatganda kvant soni ± 1 ga o'zgaradi, demak o'tish faqat qo'shni holatlar o'rtasida bo'lishi mumkin.

Tebranishlar nazariyasi shuni ko'rsatadiki, agar molekulada n ta atom bo'lsa va ular bir chiziqli joylashmagan bo'lsa, uning tebranishlar chastotasi soni quyidagiga teng bo'ladi:

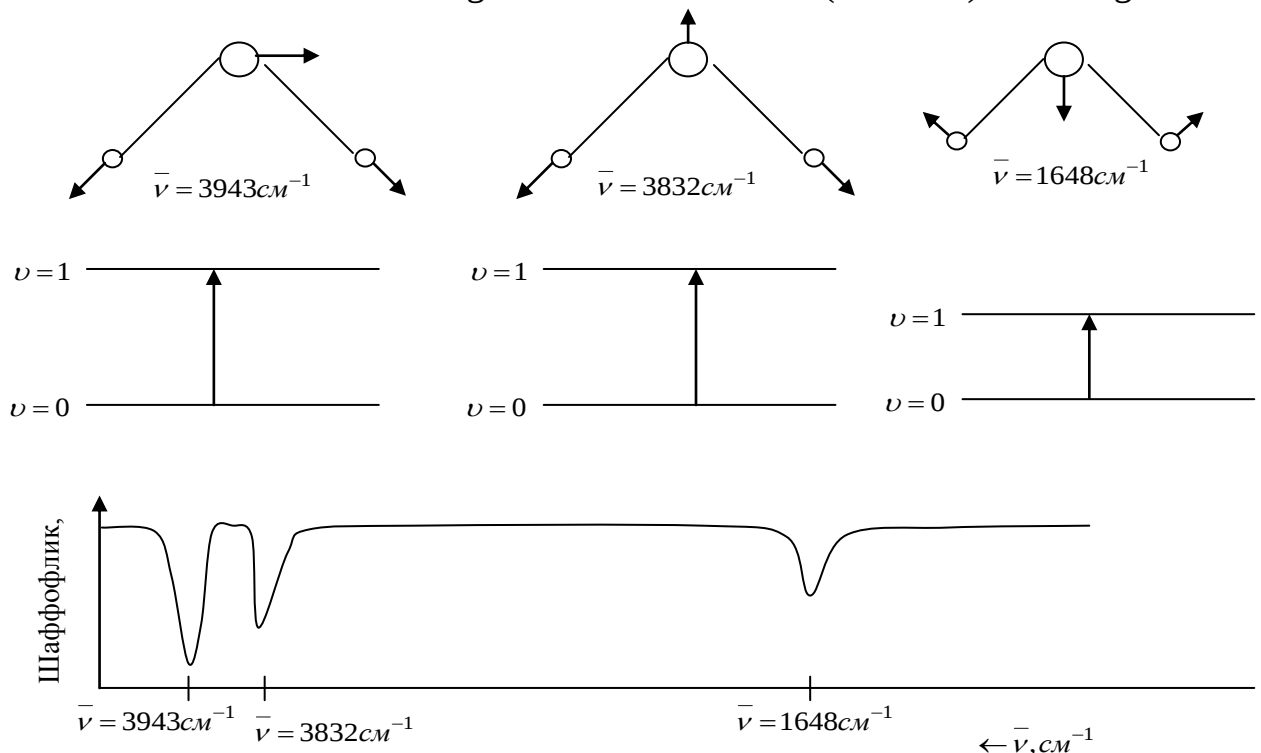
$$N = 3n - 6 \quad (6.8)$$

Agar molekula chiziqli bo'lsa (atomlari bir chiziqli yotsa) bu formula quyidagicha bo'ladi:

$$N = 3n - 5 \quad (6.9)$$

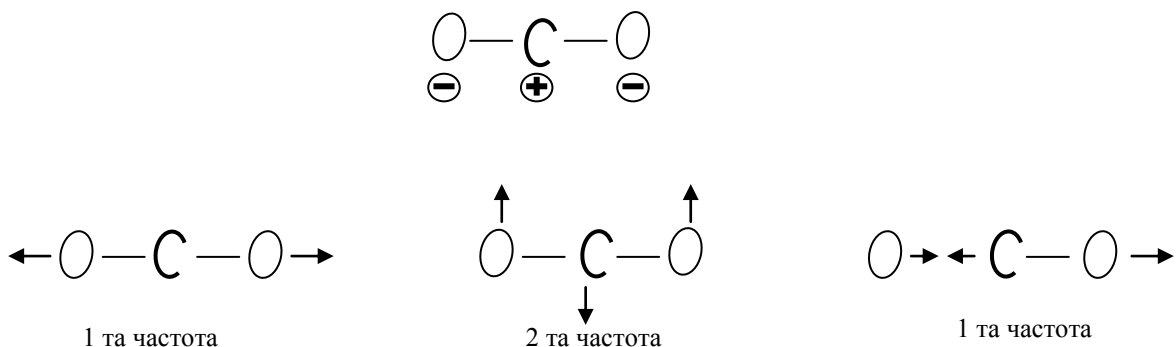
SHu nuqtai nazardan H_2O , SO_2 kabi nochiziqliy molekulalar $N = 3 \cdot 3 - 6 = 3$ ta tebranish erkinlik darajasiga ega bo'ladilar, boshqacha aytganda ular 3 ta tebranish modasi (chastotasiga) ega bo'ladilar.

Rasm 6.4 da suv molekulasining tebranish chastotalari (modalari) ko'rsatilgan:

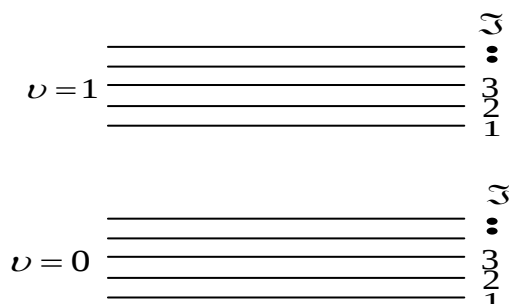


Rasm 6.4. Suv molekulasi H_2O ning uchta tebranish modasi (chastotasi).

Yana bir misol sifatida chiziqliy molekula CO_2 ni ko'rib chiqamiz. Uning, formula (6.10) ga binoan 4 ta tebranish modasi (chastotasi) bor.



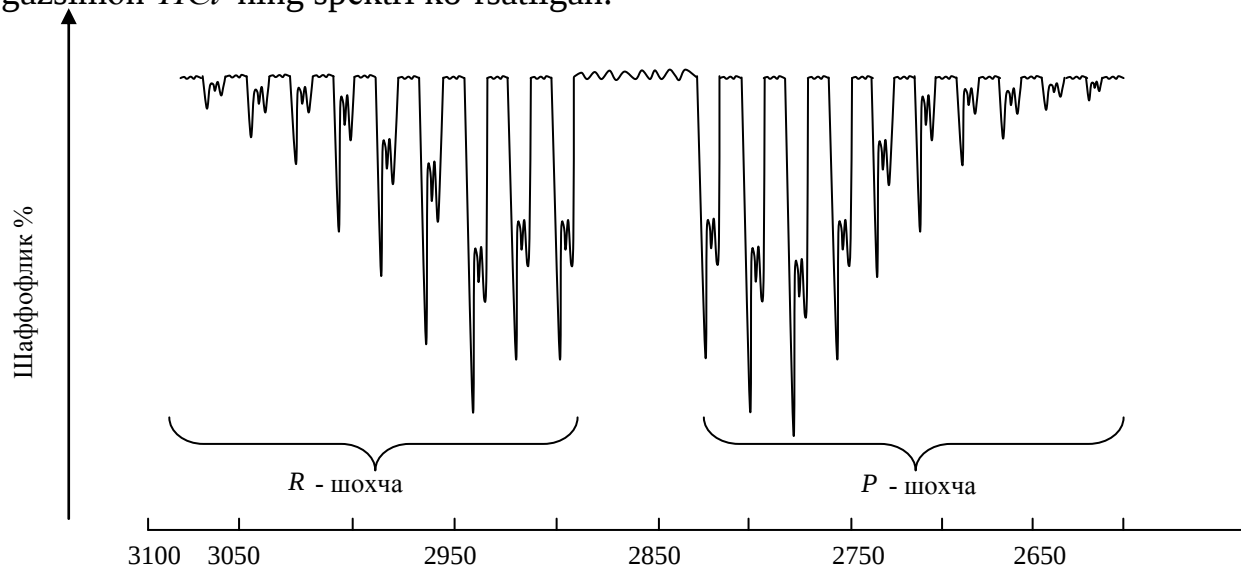
CO_2 molekulasida o'zgarmas dipol momenti yo'q, shunga qaramasdan 3 ta tebranish chastotasi IQ spektrda ko'rinadi. Bu uchta tebranishda dipol momenti noldan farqi bor va bog'lanish uzunligiga bog'liq. Ikkita tebranishi aynagan (вырожденные) hisoblanadi, chunki ularning chastotalari birxil.



Rasm 6.5.

ν - tebranma kvant soni, J - aylanma kvant soni.

Odatda $\nu=0 \rightarrow 1$ o'tish bo'lganda aylanma harakat holatlari o'rtasida ham o'tish bo'ladi va bunda ham tanlash qoidasi $\Delta J = \pm 1$ bajariladi. Rasm 6.6 da gazsimon HCl ning spektri ko'rsatilgan:



Rasm 6.6. Gazsimon HCl ning spektri. Har bir dubletda intensivligi kattaroq chiziq ^{35}Cl (75%)ga, kuchsizroq chiziq ^{37}Cl (25%) izotoplariga tegishli.

Ikki tebranma energetik holat o'rtasida o'tish bo'lganda, bu holatlar o'rtasidagi energiya farqi teng:

$$\Delta E = \left(\nu' + \frac{1}{2} \right) h \nu + B J' (J' + 1) h - \left(\nu'' + \frac{1}{2} \right) h \nu - B J'' (J'' + 1) h \quad (6.10)$$

bu erda ν' va ν'' lar yuqori va pastki tebranma holatlarga tegishli, J' va J'' lar esa ν' va ν'' holatlardagi aylanma holatlarga tegishli. $\nu' - \nu'' = 1$ o'tish uchun hosil qilamiz:

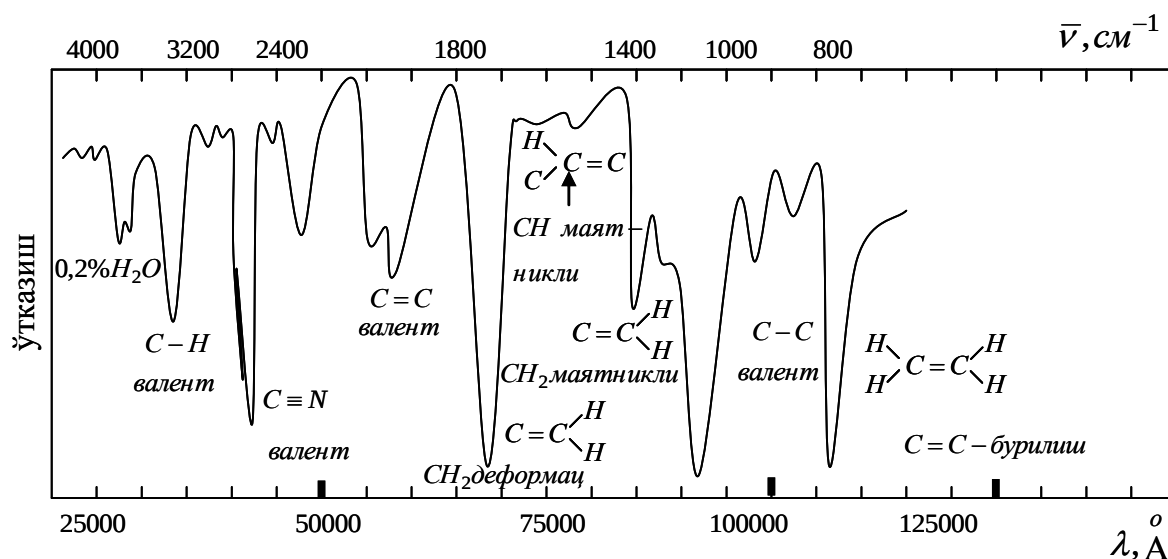
$$\Delta E = h \nu + B h [J' (J' + 1) - J'' (J'' + 1)]$$

Ko'p holda IQ spektrni ikki qismga bo'lish mumkin:
(shoxcha)

P - qism: $\mathfrak{J}' = \mathfrak{J}'' - 1$ va $\Delta E = h\nu - 2B\mathfrak{J}''$
(shoxcha)

R - qism: $\mathfrak{J}' = \mathfrak{J}'' + 1$ va $\Delta E = h\nu + 2B(\mathfrak{J}'' + 1)$
 R

IQ – spektroskopiya kimyoviy analizda kata rol o'ynaydi. Molekular tebranishlarning o'zi murakkab, bundan tashqari bir – biriga o'xshash molekular deyarli bo'lmaydi, shuning uchun ikki harxil molekulaning IQ spektrlari bir – biridan farq qilishi kerak. Standart moddaning IQ spektri bilan noma'lum moddaning spektrini solishtirishning o'zini identifikatsiya deyish mumkin. Buning uchun 100000 standart IQ spektrlar olingan. IQ spektr molekula strukturasi va undagi bog'lanishlar xarakteri haqida ko'p kerakli informatsiya beradi. Misol tariqasida rasm 6.7 da akrilonitril $CH_2=CHCN$ molekulasi IQ spektri keltirilgan.



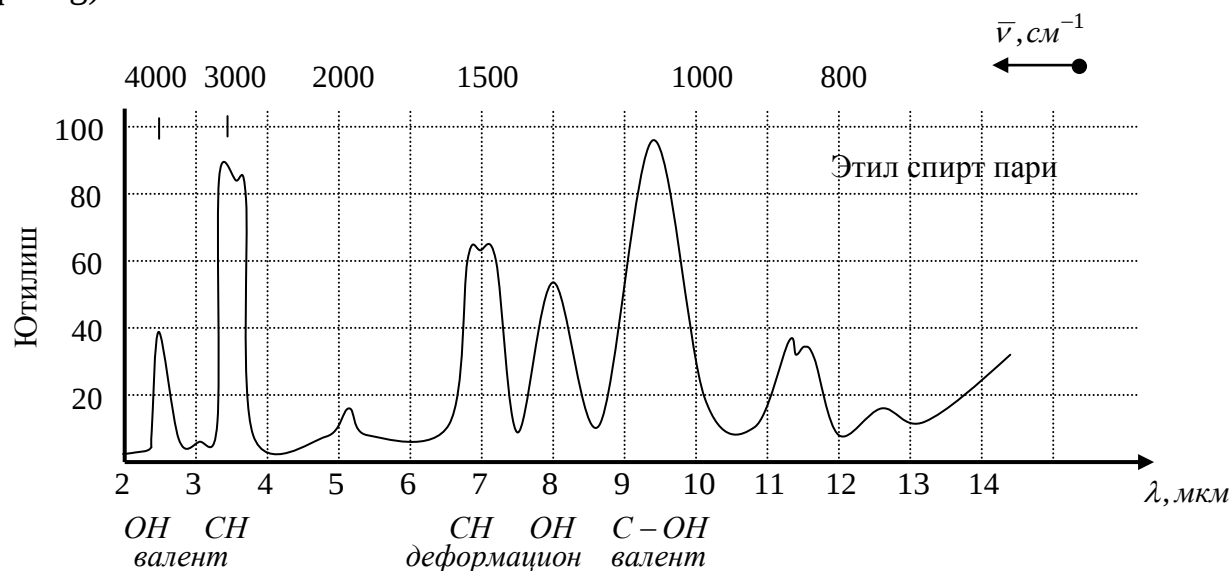
Rasm 6.7. Akrilonitrilning IQ spektri

IQS metodi molekular ichidagi va molekulararo vodorod bog'lanishlarni tadqiq qilishda katta ahamiyatga ega. $A-H \cdots B$ vodorod bog'lanishi $A-H$ ning valent tebranishining kengayishiga va uning kichik chastotalar tarafiga surilishga olib keladi. Bundan tashqari $A-H$ ga V yopishsa ($A-H \cdots B$ bo'lsa) qo'shimcha holda torsion (chayqalish) va deformatsion tebranishlar hosil bo'ladi.

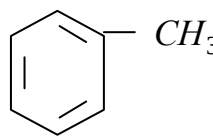
Ko'patomli molekullarda qo'shatomli guruxlarning valent tebranishlari kuzatiladi, ikki atomli molekullarga o'xshab. Masalan, etil spirti molekulasi $S-N$, $S-O$, $O-N$, $S-S$ guruxlarning. Etil spirtining molekulasi nosimmetrik bo'lgani uchun ikkala uglerod atomiga qo'shni atomlar har xil ta'sir ko'rsatadilar. Ikki uglerod atomi o'rtasidagi elektron buluti ham nosimmetrik bo'lib qoladi, bu esa dipol

momentining paydo bo'lishiga olib keladi. SHuning uchun yutilish spektrida S – N, S – O, O – N va S – S guruhlarining valent tebranishlariga tegishli polosalar bor (rasm).

Valent tebranishlardan tashqari ko'patomli molekulalarda deformatsion tebranishlar bo'ladi, ular valent burchaklarning o'zgarishi bilan bog'liq. Defomatsion tebranishlar energiyasi valent tebranishlarnikidan kamroq bo'ladi, shuning uchun ularga tegishli polosalar to'liq uzunligi uzunroq diapazonda joylashadilar (rasmga qarang).



Bitta atom ham deformatsion tebranishi mumkin va atomlarning guruhlar ham bir – biriga nisbatan shunday tebranishlari mumkin (rasm).

Atomlar guruhi	S – N ning valent va deformatsion tebranishlariga tegishli yutish maksimumlari chastotalari. Polosa chastotasi, sm^{-1}		Birikma nomi
	Valent	deformatsion	
$-\text{CH}_3$	2962 va 2872	1460 va 1379	n – geksan
$>\text{CH}_2$	2926 va 2853	1467	n – geksan
$-\text{CH}=\text{CH}-$	3106	1443	Etilen
$\text{>C}-\text{H}$	3099	1485	Benzol
	2924 va 274	1460 (~750 va ~700)	Toluol
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	3374 va 3287	-	Atsetilen

Ko'patomli molekularning spektrida shunday polosalar bo'lishi mumkin-ki, ularni ma'lum atom guruhlarining tebranishi bilan bog'lab bo'lmaydi. Ular odatda molekulaning katta bo'lagining tebranishi bilan bog'langan bo'ladi. Bu tebranishlar shu molekulaga xos bo'ladi va boshqa molekulalarda uchramaydi.

Valent va deformatsion tebranishlar polosalari har bir atomlar guruhiga mos bo'ladi va umuman molekulaning tuzilishiga bog'liq bo'lmaydi. Biz xar qanday istalgan kimyoviy birikmaning spektrini yozishimiz mumkin, lekin bu birikmada berilgan atomlar guruhi bo'lsa, u holda shu guruhga mos keluvchi polosa albatta yozilgan spektrda paydo bo'ladi. Masalan, ko'pgina organik va noorganik birikmalarda karbonil gruppasi $>S=O$ uchraydi, shuning uchun bu birikmalarining yutish spektrida maksimum $1600 \div 1900 \text{ cm}^{-1}$ diapazonda joylashgan intensiv polosa bo'ladi.

O'sha molekulada qo'shni atomlar valent bog'lanishga ta'sir ko'rsatadilar, bu esa yutish polosalarining to'lqin uzunligini ma'lum chegarada o'zgartiradi. YUqoridagi tablitsada S–N bog'lanishning yutish to'lqin uzunligining uglerod atomi bilan bog'langan radikalning tabiatiga qarab o'zgarishi ko'rsatilgan. Demak, yutish to'lqin uzunligini aniqlansa, molekulada qanday atom guruhlar borligini aytish mumkin. Masalan, S – N guruhning valent va deformatsion tebranishlariga qarab shu guruhning borligini tasdiqlash va yana uglerod atomi bilan bog'langan «zamestitellar» haqida ham aytish mumkin, boshqacha aytganda $-SN_3$, $>SN_2$ guruhlarining bor – yo'qligini ham aniqlash mumkin.

Harxil atomlar guruhlarining tebranish spektridagi yutilish polosalarining o'rni.

Guruhlar	Valent ν, cm^{-1} tebranishlar	Deformatsion tebranishlar ν, cm^{-1}
$C-H$	2800 – 3200	780 – 930, 1375 – 1450
$N-H$	3100 – 3500	1625 – 1750
$O-H$	3550 – 3650	1300 – 1350
$F-H$	3890 – 3910	
$Si-H$	2190 – 2210	
$C-C$	990 – 1030	
$C=C$	1520 – 1530	
$C \equiv C$	2225	
$C-N$	1120 – 1140	
$C=N$	1660	
$C \equiv N$	2220	
$C-O$	1200	
$C=O$	1700 – 1800	
$C-Cl$	625 – 775	

$Si - O$	1000 – 1060	
$-O - N \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow O \end{array}$	1625	
$-Si \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow O \end{array}$	1230 – 1270	
$-(CH_2)_n -$		715 – 735
CO_3	1375 – 1440	

Tebranma spektrdagi yutilish polosalarining intensivligi asosan bog`ning dipol momentiga bog`liq. Masalan, predelnyy uglevodorodlarda faqat S – S va S – N bog`lar bo`ladi, bu bog`larning dipol momentlari kichik intensivlikka ega bo`ladi. lekin kislorodga ega organik birikmalarda katta dipol momentlar bo`ladi. agar molekulada o`ziga elektronlarni qattiq tortadigan atomlar bo`lsa (O, F, Cl ... larga o`xshash), bu atomlar qo`shni bog`larning dipol momentlarini o`zgartirib yuboradilar va yutilish oshib ketadi.

Mavzu bo`yicha tayanch so`zlar

Getero yadro, aylanma harakat spektri, mikroto`lqin, infraqizil, tebranish spektri, tebranish moduli, valent va deformatsiya tebranishi, yutilish polosasi.

Mavzu bo`yicha foydalanilgan adabiyotlar

- 13.T. Gilson, P. Xendra. «Lazernaya spektroskopiya KR v ximii». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1973 g.
- 14.G. Grey «Электроны i ximicheskaya svyaz». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 15.I. I. Kondilenko, P.A. Korotkov «Vvedenie v atomnuyu spektroskopiю». Izdatelstvo «Vysshaya shkola», Kiev. 1976 g.
- 16.V.E. Eskin «Rasseyanie sveta rastvorami polimerov». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1973 g.
- 17.G. Eyring, Dj. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
- 18.M.A. Elyashevich «Atomnaya i molekularnaya spektroskopiya». Moskva. Fizmatiz, 1962 g.
- 19.A.L. Bukachenko, A.M. Vasserman «Stabilnye radikaly». Moskva. Ximiya 1973 g.

- 20.G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
- 21.YA. Rabek «Eksperimentalnye metody v khimii polimerov». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1983 g.
- 22.L.P. Kazachenko «Molekularnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.

Mavzu bo'yicha test savollar

1. Geteroyadroli molekula nima.

- A. Atomlar soni 2 dan ortiq bo'lgan molekula.
- V. Atomlar bir chiziqli yotmagan molekula.
- *S. Atomlari har xil bo'lgan molekula.
- D. Bir xil atomlardan tashkil topgan molekula.

2. Aylanma harakat spektrini kuzatish uchun molekulada nima bo'lish shart.

- A. YU tish spektri.
- V. 2 ta valent elektroni.
- *S. O'zgarmas dipol momenti.
- D. O'zgaruvchan dipol momenti.

3. Kvant ostsilyatorining energiyasi qaysi ifodada to'g'ri keltirilgan.

- A. $E_n = n\hbar\Omega$
- V. $E_n = \hbar\Omega \frac{c}{n^2}$
- S. $E_n = (n+1)\hbar\Omega$
- D. $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\Omega$

4. Ikki atomli geteroyadroli molekulaning keltirilgan massasi qanday ko'rinishga ega.

- A. $\mu = m_1 + m_2$
- V. $\mu = m_1 - m_2$
- *S. $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}$
- D. $\frac{1}{\mu} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$

5. Molekulaning biror tebranishda infraqizil yutilishi kuzatilishi uchun qanday shart bajarilishi kerak.

- A. $E_n - E_m = \hbar\omega$ rezonans sharti bajarilishi kerak.
- V. Tushayotgan elektromagnit to'lqin polyarizatsiyalangan bo'lish kerak.
- S. Molekula bir xil atomlardan tuzilgan bo'lish kerak.

D. Molekulaning dipol momenti tebranish davomida o'zgarib turish kerak.

6. Molekulaning tebranishlar soni qaysi ifodada to'g'ri keltirilgan.

A. $N = 6 - 3n$

V. $N = 6n - 3$

S. $N = 3n - 6$

D. $N = 3 - 6n$

7. SO₂ molekulasining dipol momenti nima uchun nolga teng.

A. Musbat va manfiy zaryadlarning og'irlik markazi nuqtada joylashganligi uchun.

*V. Dipol momentlarining vektor yig'indisi nolga teng bo'lganligi uchun.

S. O'zgarmas dipol moment bo'lmaganligi uchun.

D. Tebranishlar bir chiziqda yotganligi uchun.

8. Molekulaning valent tebranishlarida nima o'zgarib turadi.

*A. Atomlar orasidagi masofa.

V. Kimyoviy bog'lanishlar orasidagi burchak.

S. Burchak va masofa.

D. Dipol momenti o'zgarib turadi.

Mavzu bo'yicha nazorat savollar.

1. Qanday molekulalarda aylanma harakat spektri kuzatilish mumkin.
2. Nega gomoyadro ikki atomli molekulalarda dipol momenti hosil bo'lmaydi.
3. Polyar molekula deb qanday molekulaga aytiladi.
4. Molekulaning aylanma harakat energiyasi qanday formula bilan ifodalanadi.
5. Aylanma harakat energetik sohalari o'rtasida o'tish bo'lishi uchun aylanma kvant soni qanday o'zgarishi kerak.
6. Kvant ostsillyatorning energiyasi nimaga teng.
7. Mikroto'lqinlar spektroskopiyasi nimani o'rganadi.
8. Infraqizil spektroskopiya nimani o'rganadi.
9. Molekulaning tebranma harakatida elektromagnit to'lqini yutilish uchun qanday shart bajarilishi shart.
10. Molekulaning tebranishlar chastotalari soni qanday topiladi.

MA'RUZA 7

Magnit maydon xususiyatlari. Elementar zarralarning magnit xususiyatlari

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O`quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O`quv mashg`ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. <i>Elementar zarralarning magnit xususiyatlari.</i> 2. <i>Magnit momentlar magnit maydonda.</i>
<i>O`quv mashg`ulotining maqsadi : Talabalarda Magnit maydon xususiyatlari. Elementar zarralarning magnit xususiyatlari xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O`quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , <i>Elementar zarralarning magnit xususiyatlari</i> to'g'risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O`quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

O`quv mashg`ulotining texnologik haritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O`quv to'ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O`quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 <i>Elementar zarralarning magnit xususiyatlari</i> haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezonlari va vaqti e'lon qilinadi. O`quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning <i>Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman</i> grafalari to'ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. <i>Elementar zarralarning magnit xususiyatlari</i> bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi. <i>Elementar zarralarning magnit xususiyatlari</i> muhimi tavsiflanadi. 2.2. <i>Magnit momentlar magnit maydonda</i> to'g'risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashgulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	---	--

1. Elementar zarralarning magnit xususiyatlari

Elektron paramagnit rezonansi (EPR) va yadro magnit rezonansi (YAMR) metodlarini o'rganishdan oldin ularning asosida yotadigan jarayonni – zarrachalarning magnit xususiyatlarini o'rganamiz.

Bilamizki, hamma atomlar proton, neytron va elektronlardan tuzilgan. Proton va neytronlar atomning markazida turuvchi yadro ichida bo'ladi, elektronlar esa bulut ko'rinishida yadroni ma'lum orbitalarida o'rab turadi. Atomlar bir – biridan ular tarkibidagi proton, neytron va elektronlar soni bilan farq qilib turadilar va ana shu farq atomlar xossalari xilmaxil bo'lishiga olib keladi.

Elementar zarralarda massa, elektr zaryad, magnetizm va xususiy harakat miqdori momenti bo'ladi. Bu zarrachalarning magnit xususiyatlari ularning magnit momentlariga bog'liq. Bu kattalik vektor kattalikdir, chunki uning tashqi magnit maydoni bilan o'zaro ta'siri uning orientatsiyasiga bog'liq. Zaryad esa magnit xususiyatiga ega emas. Kulon qonuni ikki zaryad o'rtasidagi ta'sir kuchni beradi:

$$\frac{e_1 e_2}{r^2}$$

e_1 va e_2 - ikki zaryad miqdori, r - ular o'rtasidagi masofa. Bu formulada orientatsiyaga bog'liq narsa yo'q.

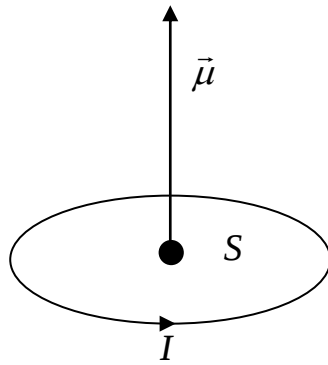
Endi magnit momentlar o'rtasidagi ta'sir kuchini yozamiz:

$$F \sim \frac{\mu_1 \mu_2 \cos \varphi}{r^2}$$

φ - ikki magnit momentlari μ_1 va μ_2 lar yo'nalishlari o'rtasidagi burchak.

Bilamizki, elektr toki o'tayotgan berk kontur magnit momentiga ega:

$$\vec{\mu} = I S \vec{n}$$



I

- konturdagi tok kuchi, S - kontur yuzasi, $\vec{n}$ - konturga qo'yilgan perpendikular. Formuladagi $\cos\varphi$ ning borligi orientatsiyaning magnit momentlari o'rtasidagi o'zaro ta'sirida katta rol o'ynashini ko'rsatadi.

Atom yadrolarining magnit momentlari proton va neytronlar magnit momentlarining oddiy arifmetik yig'indisiga teng emasligi aniqlandi. Masalan, uglerod (C^{12}), kislorod (O^{16}) va kremniy (Si^{28}) yadrolarida 6; 8 va 14 tadan proton va neytronlar bor, lekin bu yadrolarning natijaviy magnit momenti nolga teng, bu fakt ham magnit momentlarining vektor qiymatiga ega ekanligini bildiradi.

Elementar zarralarda magnit xususiyatlari qaerdan paydo bo'ladi? Hozirgi zamon fani buni elementar zarralarning xususiy harakat miqdori momenti borligi bilan bog'laydi. Bu momentga «spin» deb nom berilgan, u ingliz tilida (spin) «aylanmoq, aylantirmoq» degan so'zga yaqin ma'noni bildiradi. Demak, har bir elementar zarracha ichida qandaydir harakat bor, u qisman aylanma tabiatga ega bo'lishi mumkin, boshqacha aytganda elektron o'z o'qi atrofida aylanadi, bu aylanish kichik razmerli tok o'tayotgan konturni tashkil qiladi va natijada magnit momenti hosil bo'ladi.

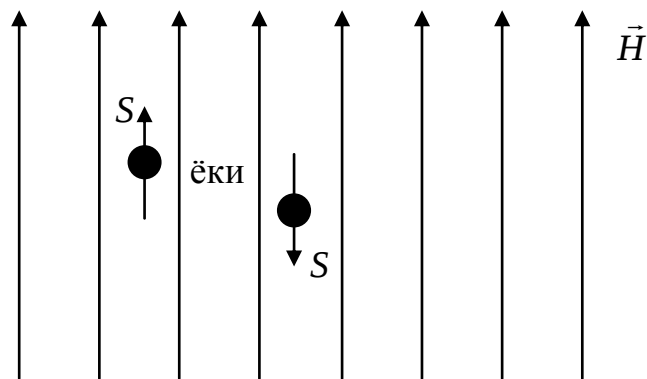
Ma'lum bo'ldiki, elementar zarralar – elektron, proton, neytron – birxil spinga ega ekanlar:

$$S = \frac{1}{2}\hbar \quad \left(\hbar = \frac{h}{2\pi} \right), \quad h - \text{Plank doimiysi.}$$

Umumiy holda spin $I\hbar$ deb yoziladi, bu erda I - spin kvant soni. Elektron, proton va neytron uchun $I = \frac{1}{2}$, yadrolarda I bundan kattaroq bo'lishi mumkin, masalan

vannadiy yadrosining (V^{51}) spini $\frac{7}{2}$ ga, marganets yadrosining (Mn^{55}) spini $\frac{5}{2}$ ga, azot yadrosining (N^{14}) spini 1 ga teng.

Oddiy magnit strelkasi bilan elektron magnit momenti o'rtasida qanday farq bor? Kompasning strelkasi magnit maydonda faqat bitta yo'nalishga ega bo'ladi – u maydon yo'nalishi bo'yicha joylashishga intiladi. Lekin elektronning magnit momenti ikki holatda bo'lishi mumkin – maydon yo'nalishi bo'yicha va unga qarshi yo'nalishda (rasm 7.1. ga qarang).



Rasm 7.1.

Elektronning ana shu xususiyatida uning kvant xususiyati namoyon bo`ladi. Elementar zarrachalar magnit momentlarining magnit maydonda har xil diskret burchaklarda joylashishi fazoviy kvantlash deb ataladi.

Atomlarning magnit hossalari ularning tarkibidagi elementar zarralarning magnit xususiyati bilan belgilanadi. Pauli printsipiga binoan, bitta orbitada ko`pi bilan ikkita elektron bo`lishi mumkin, shunda ham ularning spinlari qarama – qarshi tomonga yo`nalgan bo`ladi va natijaviy magnit momenti nolga teng bo`ladi. Bunday elektronlarni «juftlashgan» elektronlar deb aytiladi. Agar orbitada bitta «juftlashmagan» elektron bo`lsa, u o`zining magnit momentini saqlaydi. Davriy tablitsadagi atomlarning bir qismida juft son elektronlar, qolgan qismida toq son elektron bo`ladi. Toq son elektronlarning bo`lishi jismda paramagnit xossalarini hosil qiladi: bu jism magnit maydoniga tortiladi. Juft son elektronlar bo`lsa, ular uchun 2 hol bo`lish mumkin:

1. Hamma elektronlar juftlashgan, jism diamagnit.
2. Ikkita yoki bir nechta elektronlar har xil orbitalarda turadilar va bir tarafga yo`nalgan spinlarga egalar – magnit momentlari yig`indisi noldan katta va jism paramagnit.

Misol uchun, vodorod, kaliy, natriy, litiy v x.k.lar toq son elektronlarga ega va ularning bittasi juftlashmagan. Berilliy, uglerod, geliy, magniy....., ularda juft son elektronlar bor va ularning hammasi juftlashgan. Lekin kislorod atomida juft son elektron bo`lsa ham, ularning ikkitasi juftlashmagan. Kimyoviy birikmalarga kelsak, ularning ozchiligida toq son elektron bo`ladi. Sababi – mustaxkam kimyoviy bog` bo`lishida 2 ta elektron qatnashishi kerak. Masalan, vodorod molekulasida vodorod atomlarining 2 ta juftlashmagan elektronlari juftlashib kimyoviy bog`lanish hosil qiladilar:  $H \uparrow + H \uparrow \rightarrow H \downarrow \uparrow H$ . Natijada diamagnit xususiyatli vodorod molekulasida hosil bo`ladi. Elektronlarning bunday juftlashishi deyarli hamma birikmalarda yuz beradi. Lekin kimyo fanida shunday zarrachalar ma'lumki, ularda ba'zi atomlar valentligi to`yinmagan bo`ladi. Bunday zarrachalar toq son elektronga ega bo`ladi va ular radikallar deb ataladi, ular paramagnit xossaga ega bo`ladi. Masalan, metil radikali CH_3 da to`qqizta elektron bor va uglerodning bitta valentligi to`yinmagan. Juda ko`p kimyoviy reyaktsiyalar erkin radikallar ishtirokida yuz beradi, shuning uchun ularning hossalari o`rganish katta ahamiyatga ega. Aytish kerakki,

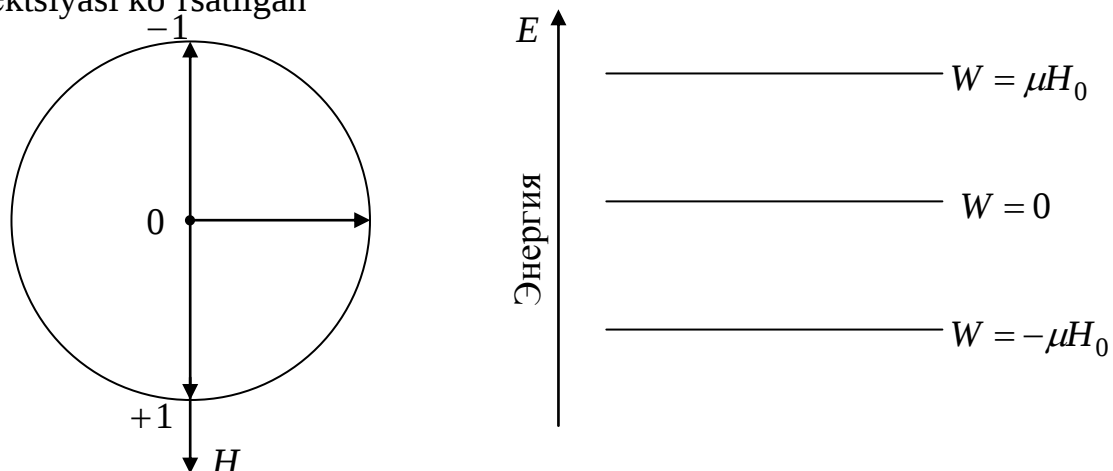
elektronning yana bitta magnit momenti bor. U elektronning orbita bo'ylab qiladigan harakati bilan bog'liq. Uni orbital magnit moment deb ataladi. Atomning magnit xossalriga hammadan ko'p juftlashmagan elektronlar ta'sir ko'rsatadi. Yadroning magnit momenti kichik bo'ladi: protonning magnit momenti elektronnikidan 650 marta kichik.

2. Magnit momentlar magnit maydonda

Tashqi magnit maydon bo'lmaganda zarrachalarning magnit momentlari xaotik ravishda xarxil yo'nalishga qaragan bo'ladi, shuning uchun ularning vektor yig'indisi nolga teng. Agar zarrachalar bor joyda magnit maydoni paydo bo'lsa, ularning magnit momentlari (spinlari ham) maydon bo'ylab va maydonga qarshi yo'nalishda terilaboshlaydilar. Bunda spin va magnit momentlarining proektsiyalari, ularning qiymatlariga qarab, bir – nechta diskret qiymatga ega bo'ladilar. Elektronlarning magnit momentlari faqat ikki yo'nalishga ega bo'ladilar: maydon bo'ylab va maydonga qarshi. Spinning magnit maydon yo'nalishiga bo'lgan proektsiyasi $+\frac{1}{2}$ va $-\frac{1}{2}$ ga teng bo'ladi.

Manzara murakkablashadi, agar zarrachaning spini $\frac{1}{2}$ dan katta bo'lsa (keyinchalik spin to'g'risida gapirganda kvant soni I ni tilga olamiz, $\hbar$ ni esa gapirmaymiz). Masalan, azot yadrosining spini 1 ga teng va magnit maydonda uchta yo'nalishda bo'lishi mumkin: maydon bo'ylab, maydonga perpendikular va maydonga qarshi. Bu proektsiyalar, demak, $+1$, 0 va -1 ga teng bo'ladi. Mis yadrosining spini $\left(I = \frac{3}{2}\right)$ to'rtta proektsiyaga ega: $+\frac{3}{2}$, $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$, $-\frac{3}{2}$. Umuman olganda berilgan I spin uchun harxil proektsiyalar soni $n = 2I + 1$ ga teng. Spinning magnit maydon yo'nalishiga bo'lgan proektsiyasi magnit kvant soni deb ataladi va m harfi bilan belgilanadi: elektron uchun - m_s , yadro uchun m_I .

Rasm 7.2 da azot yadrosi spinining magnit maydoni yo'nalishiga bergan uch proektsiyasi ko'rsatilgan



Rasm 7.2.

Xudi shunday azot yadrosining magnit momenti μ ham uchta proektsiyaga ega bo'ladi: μ , 0 , $-\mu$. Spinning ihtiyoriy qiymati uchun magnit momenti proektsiyalari quyidagi ifoda bilan beriladi: $m_I \frac{\mu}{I}$.

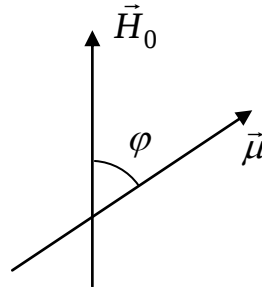
Magnit momentining tashqi magnit maydoni H_0 bilan ta'sirlashuv energiyasi ularning o'zaro yo'nalishiga bog'liq:

$$E = -\mu H_0 \cos \varphi$$

Bu formulada $\mu \cos \varphi$ magnit momentining $\vec{H}_0$ yo'nalishiga bergan proektsiyasini bildiradi. Bu proektsiya diskret qiymatlarga egadir (magnit kvant soniga bog'liq ravishda). Demak, m_I ning har bir qiymatiga magnit momentining magnit maydoni bilan o'zaro ta'sir energiyasi mos keladi:

$$E = -\frac{m_I \mu H_0}{I}$$

$$(\text{ta'rif bo'yicha } m_I = I \cos \varphi) \text{ va } \cos \varphi = \frac{m_I}{I}$$



Moddani magnit maydoniga kiritguncha uning hamma zarrachalari qandaydir bir xil o'rtacha energiyaga ega bo'ladilar. Maydonga kiritilgach, spin proektsiyalariga bog'liq ravishda zarrachalarning energiyalari harxil bo'laboshlaydi. Boshqacha aytganda, zarrachalar harxil energetik xolatlarni egallaydilar, holatlar soni esa $2I + 1$ ga teng. Elektron va protonda (ularning spinlari $\frac{1}{2}$ ga teng) ikkita energetik holat

bo'ladi, lekin marganetsning yadrosida (spini $\frac{5}{2}$ ga teng) 6 ta energetik holat bo'ladi.

Bu energetik holatlar Boltsman qonuniga binoan egallanadi. Bu qonunga binoan ikki

qo'shni holatlardagi zarrachalar munosabati $\frac{n_1}{n_2}$ quyidagi ifodaga teng:

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$$

ΔE - qo'shni holatlar energiyalari farqi.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar.

Magnit moment, spin, ta'sirlashuv energiyasi, fazoviy kvantlash, juftlashgan elektron, paramagnetizm, magnit kvant son, Boltsman qonuni.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar.

- 23.T. Gilson, P. Xendra. «Lazernaya spektroskopiya KR v ximii». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1973 g.
- 24.G. Grey «Электроны i ximicheskaya svyaz». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 25.I. I. Kondilenko, P.A. Korotkov «Vvedenie v atomnuyu spektroskopiю». Izdatelstvo «Vysshaya shkola», Kiev. 1976 g.
- 26.V.E. Eskin «Rasseyanie sveta rastvorami polimerov». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1973 g.
- 27.G. Eyring, Dj. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
- 28.M.A. Elyashevich «Atomnaya i molekularnaya spektroskopiya». Moskva. Fizmatiz, 1962 g.
- 29.A.L. Bukachenko, A.M. Vasserman «Stabilnye radikaly». Moskva. Ximiya 1973 g.
- 30.T.I. Lixstenshteyn «Metod spinovыx metok v molekularnoy biologii». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1974 g.
- 31.G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
- 32.YA. Rabek «Eksperimentalnye metody v ximii polimerov». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1983 g.
- 33.M.L. Sumineskiy «Kombinatsionnoe rasseyanie sveta i stroenie veshchestva». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1981 g.
- 34.L. Vellyuz, M. Legran, M. Grojan «Opticheskiy krugovoy dixroizm». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 35.L.P. Kazachenko «Molekularnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.
- 36.S.N. Andreev, M.F. Smirnova «Stroeniya elektronnyx obolochek atomov, teoriya ximicheskoy svyazi». Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1974 g.

Mavzu bo'yicha test savollar.

1. Berk kontur magnit momentining ifodasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan.

- *A. $\vec{\mu} = IS\vec{n}$
- V. $\mu = BS\vec{n}$
- S. $\mu = BH \cos \varphi$
- D. $\mu = HS \sin \varphi$.

2. Ih ifoda qanday zarrachaning spinini bildiradi.

- A. Elektronning
- V. Protonning
- S. Neytronning
- *D. Elementar zarralarning umumiy holdagi spinlari ifodasi.

3. Elementar zarra magnit momentining magnit maydonida harxil diskret burchaklarda joylashishi.

- A. Fazoviy kvantlash deb ataladi.
- V. Magnit orientatsiyasi deb ataladi.
- S. Energiyani kvantlash deb ataladi.
- *D. Impuls orientatsiyasi deb ataladi.

4. Spini $I = \frac{3}{2}$ bo'lgan elementar zarrachaning magnit momenti magnit maydonda nechta yo'nalishda joylashishi mumkin.

- A. 1ta.
- V. 2ta.
- S. 3ta.
- *D. 4ta

5. Magnit momenti tashqi magnit maydonda (N_0 da) $E = -\mu H_0 \cos \varphi$ ta'sirlashuv energiyaga ega bo'lsa, elektron qanday energiyalarga ega bo'ladi.

- A. $E_1 = \mu H_0$ va $E_2 = -2\mu H_0$
- V. $E_1 = 0$ va $E_2 = -\mu H_0$
- S. $E_1 = \mu H_0$ va $E_2 = 0$
- *D. $E_1 = -\mu H_0$ va $E_2 = \mu H_0$

6. Magnit kvant soni m_1 deb nimaga aytiladi.

- A. Spinlarning vektor yig'indisiga.
- *V. Spinning magnit maydan yo'nalishiga bo'lgan proektsiyasiga.
- S. $2S+1$ ifodaga.
- D. Diskret energetik xolatlar soniga.

7. Elementar zarralar energetik xolatlari E_1 va E_2 dagi zarrachalar soni

$\frac{n_1}{n_2} = \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right)$ ifoda bilan belgilanadi (Boltsman taqsimoti). Bundagi ΔE

parametr qanday ma'noni ega.

A. $\Delta E = \hbar\omega$.

V. $\Delta E = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\Omega$

*S. $\Delta E = E_1 - E_2$

D. $\Delta E = E_1 + E_2$

Mavzu bo'yicha nazorat savollar.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.

MA'RUZA 8

YAdro magnit rezonans iva elektron paramagnit rezonansi spektroskopiyasi asoslari

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

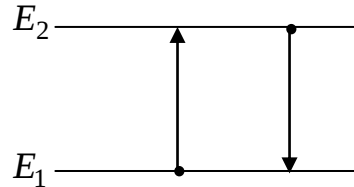
O`quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O`quv mashg`ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. <i>Energetik holatlar o`rtasidagi o`tish.</i> 2. <i>YAMR texnikasi.</i> 3. <i>EPR spektrometri.</i>
<i>O`quv mashg`ulotining maqsadi : Talabalarda YAdro magnit rezonans iva elektron paramagnit rezonansi spektroskopiyasi asoslari xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O`quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , <i>Energetik holatlar o`rtasidagi o`tish. YAMR texnikasi,</i> to`g`risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O`quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

O`quv mashg`ulotining texnologik haritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabanning
1 bosqich 1.1 O`quv to`ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O`quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 <i>Energetik holatlar o`rtasidagi o`tish</i> haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezonini va vaqti e`lon qilinadi. O`quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning <i>Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman</i> grafalari to`ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. <i>Energetik holatlar o`rtasidagi o`tish</i> bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi. <i>YAMR texnikasi</i> muammasi tavsiflanadi. 2.2. <i>EPR spektrometri</i> to`g`risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.
3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O`tilgan mavzu bo'yicha o`z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to`ldirish taklif etiladi, va o`quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o`quv vazifasi beriladi. Amaliy mashg'ulotga tayyorlanish.	O`rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.

1. Energetik holatlar o`rtasidagi o`tish.

Zarrachalar bir holatdan ikkinchi holatga tinimsiz ravishda o`tib turadilar. Bunda ular pastki  $E_1$  holatdan yuqori  $E_2$  holatga o`tish uchun $h\nu = E_2 - E_1$ energiyali elektromagnit to`lqinni yutishi kerak, yuqori  $E_2$  holatdan pastki  $E_1$  holatga o`tganda esa, aksincha, $h\nu$ energiyani nurlatadi.



Elektron spinining H_0 magnit maydonidagi energiyasi $E = -\mu H_0 \cos \varphi$ edi, $\varphi = 0^\circ$ bo`lganda,  $E_1 = -\mu H_0$  bo`ladi, $\varphi = 180^\circ$ bo`lganda  $E = E_2 = \mu H_0$  bo`ladi. $\Delta E = E_2 - E_1 = 2\mu H_0$

$$h\nu = 2\mu H_0 \quad (8.1)$$

bo`lganda elektromagnit to`lqin yutiladi. Bu tenglik rezonans sharti deb ataladi.

$$E_2 \text{ ————— } + \mu H_0$$

$$E_1 \text{ ————— } - \mu H_0$$

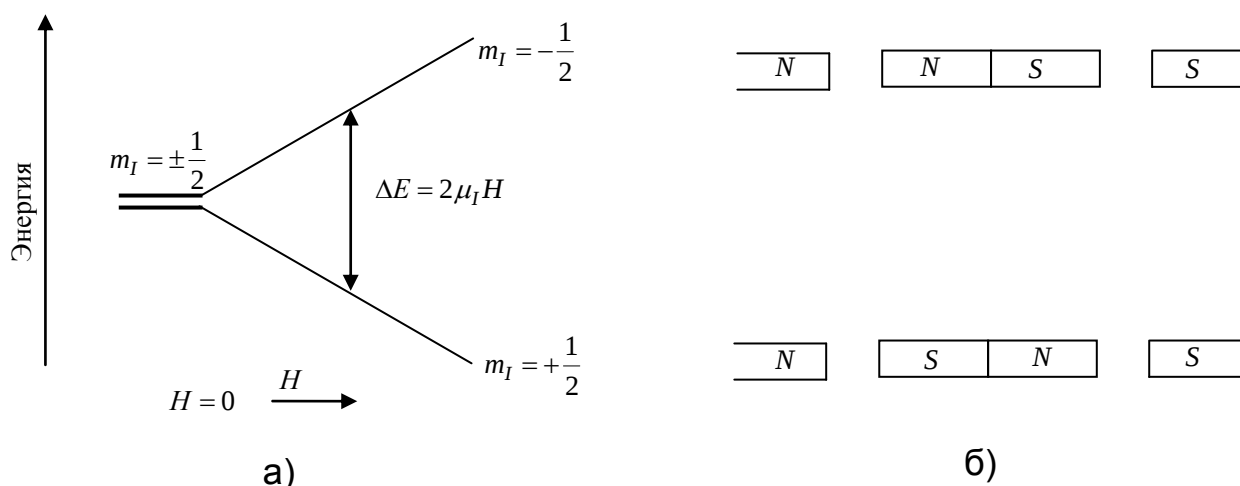
Aytilganlarni yadroga bog`lab fikrlaymiz. μ_I magnit momentiga ega yadro (uning spini I ga teng) magnit maydonida quyidagi energiyaga ega:

$$E = -\mu_I H \cos \varphi \quad (8.2)$$

bu erda (-) ishora tortilish kuchi borligini bildiradi. $I = \frac{1}{2}$ bo`lganda magnit momentining faqat ikki orientatsiyasi bo`lishi mumkin, bu orientatsiyalarning spin kvant sonlari $m_I = \pm \frac{1}{2}$ bo`ladi. Magnit maydoni bilan ta`sirlashuv energiyasi teng:

$$E = -\frac{\mu_I}{I} H m_I \quad (8.3)$$

$H = 0$ bo`lganda  $E = 0$  bo`ladi, bu orientatsiyalar energiyalari bir – biridan farq qilmaydilar, lekin magnit maydon paydo bo`lganda bu energiyalar bir – biridan uzoqlashib boshlaydilar (biri oshadi, ikkinchisi kamayadi). Ana shu protsess rasm 8.1 da ko`rsatilgan:



Rasm 8.1.

Rasm 8.1 (b) da protsessning klassik analogi ko'rsatilgan. Ana endi yadroga energiyasi (chastotasi) $h\nu = 2\mu_I H$ bo'lgan elektromagnit to'lqinni yo'naltirsak, u yadroni pastki holatdan yuqori holatga o'tkazadi – bu yutishni yadro magnit rezonansi (YAMR) deb ataladi. Quyidagi tablitsada YAMR metodini qo'llash mumkin bo'lgan ba'zibir yadrolar keltirilgan.

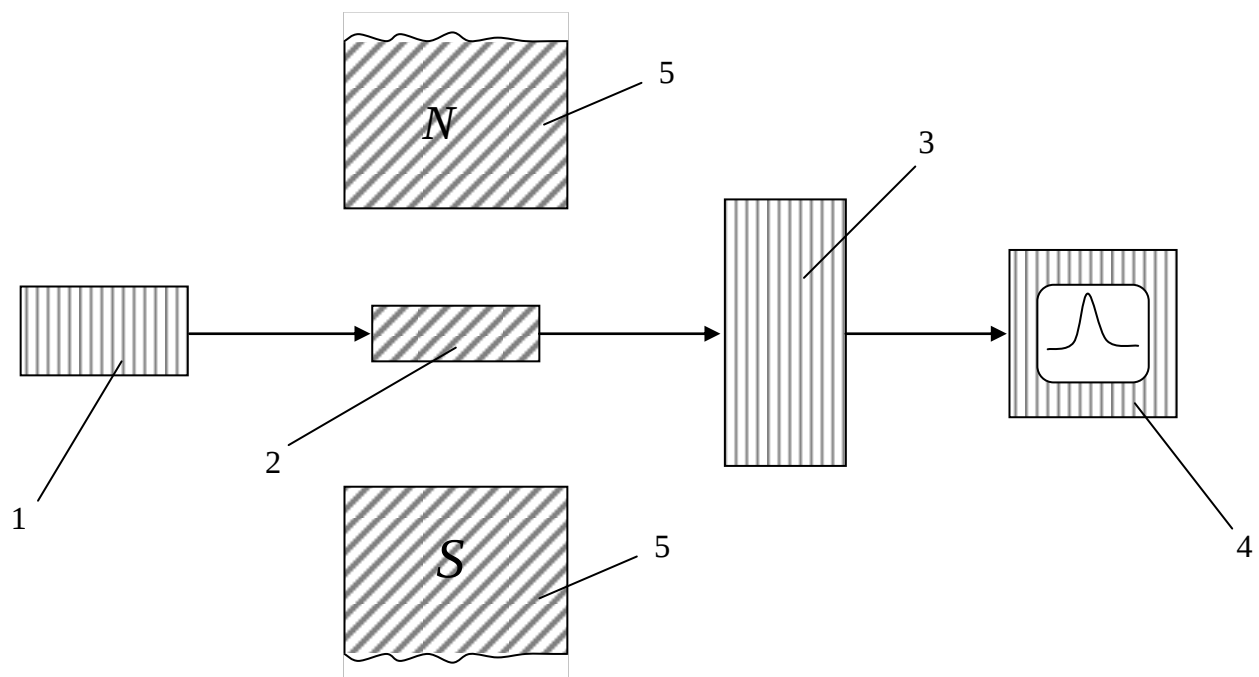
Iotop	YAdro spini	Tabiatdagi % qismi
1H	$\frac{1}{2}$	99,985
^{13}C	$\frac{1}{2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
^{14}N	1	99,63
^{15}N	$\frac{1}{2}$	0,37
^{17}O	$\frac{5}{2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$
^{19}F	$\frac{1}{2}$	100
^{31}P	$\frac{1}{2}$	100

2. YAMR texnikasi.

Elektromagnit to'lqin energiyasini faqat pastki energetik holatda turgan zarrachalar yutishi mumkin, yutilish darajasi esa pastki va yuqori holatlardagi zarrachalar sonlari farqiga bog'liq, lekin bu farq juda kam. Magnit maydon $H = 10000$ ersted bo'lganda protonlar uchun $\frac{n_1}{n_2} = 1 + 8 \cdot 10^{-6}$ ga teng, demak, protonlarning yuz mingdan biri yutishda qatnashadi.

1936 yilda Gorter litiy yadrolarida paramagnit rezonansni topishga harakat qildi, lekin urinish foyda bermadi. 1944 yilda E.K. Zavoyskiy $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tuzlarida yuqori chastotali elektromagnit maydonning yutilishini topdi. Ana shundan keyin YAMR va EPR lar bo'yicha ishlar qizishib ketdi. YAMR bo'yicha birinchi muvaffaqiyatli eksperimentlarni 1945 yilda Persel, Tori va Paundlar qattiq parafinda o'tkazdilar. Blox, Xansen va Pakkard birinchi bo'lib suv protonlarida rezonansni topdilar. 1945 yildan boshlab YAMR texnikasi jadal sur'atlar bilan rivojlanib ketdi va shu asosda fiziximiyaning katta bir bo'lagi – radiospektroskopiya paydo bo'ldi. Radiospektroskopiya radioto'lqinlarning modda bilan ta'sirlashuvini tekshirsa, spektroskopiya esa yorug'lik to'lqinlarining modda bilan ta'sirlashuvini tekshiradi. Demak, radiospektroskopiyani undan kengroq bo'lgan yo'nalishning – spektroskopiyaning bir bo'lagi deyish mumkin.

Paramagnit yutilishni o'lchaydigan priborlarga magnit radiospektrometrlari deb ataladi. Albatta, YAMR va EPR ni kuzatishga mo'ljallangan priborlarning tuzilish printsiplari deyarli birxil bo'lishi kerak. Ularda kerakli kuchlanishga ega bo'lgan magnit maydonini hosil qiluvchi elektromagnit, kerakli chastotali elektromagnit to'lqinni generatsiya qiluvchi manba va tekshiriluvchi modda qo'yiladigan yacheyka bo'lishi shart. Yacheykaga elektromagnit to'lqin yo'naltiriladi va u yutiladi. Demak, yana bu yutilishni o'lchaydigan qurilma kerak. Radiospektrometrning sxemasi rasm 8.2 da keltirilgan.



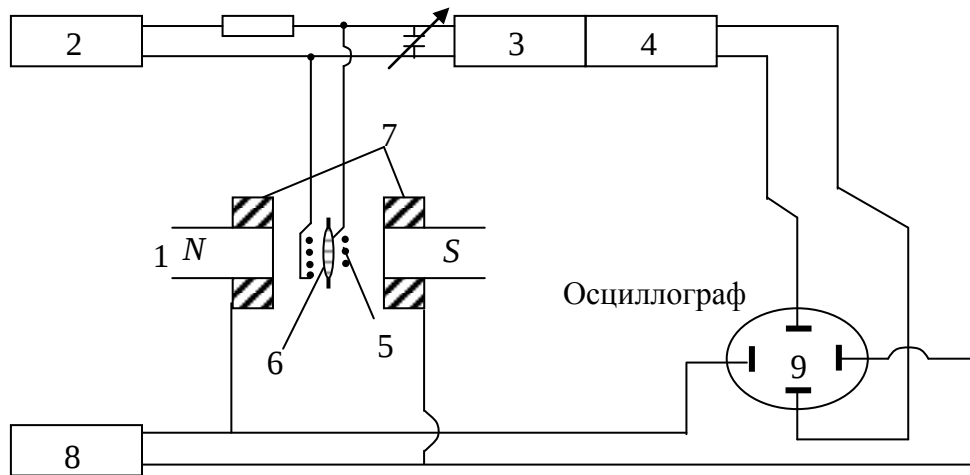
Rasm 8.2. Magnit rezonansi radiospektrometrining blok sxemasi.

1-elektromagnit to'lqin manbasi; 2-yutuvchi yacheyka; 3-priyomnik; 4-registratsiya qiluvchi qurilma; 5-magnit.

Ana endi YAMR spektrometrini yaqindan o'rganib chiqamiz. YAMR sharti
$$h\nu_0 = \frac{\mu H_0}{I}$$
 chastota bilan o'zgarmas magnit maydon kuchlanganligi H_0 ni o'zaro bog'laydi. Hisoblashlar bo'yicha protonlar uchun bu bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$\nu_0 = 4,257 \cdot 10^3 H_0$$

Agar radiotexnikada keng qo'llaniladigan 30 Mgts ($\lambda=10$ m) chastotali to'liqinni olsak magnit maydon kuchlanganligi $H_0=7047$ ersted bo'lishligini ko'rsatishimiz mumkin. Bunday magnit maydonini hosil qilish, umuman olganda, qiyin emas. SHuning uchun YAMR qurilmasi radiotexnika priborlaridan yasaladi (rasm 8.3 ga qarang).



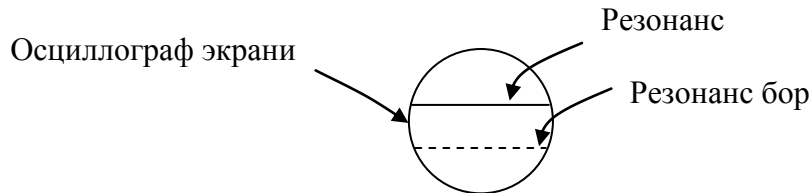
Rasm 8.3. YAMR spektrometri sxemasi. 1-doimiymagnit, 2-yuqori chastotali generator, 3-yuqori chastotali kuchaytirgich, 4-kichik chastotali kuchaytirgich, 5-induktivlik g'altagi, 6-modda solingan ampula, 7-modulyatsion katushka, 8-kichik chastota generatori, 9-ostsillograf.

Induktivlik g'altagi (5) rezonans chastotasiga sozlangan tebranish konturi tarkibiga kiradi, quvvati katta generator 2 g'altakda elektromagnit tebranishlarni keltirib chiqaradi, natijada g'altakning o'qiga parallel yo'nalgan magnit maydoni hosil bo'ladi. G'altak shunday joylashadiki, uning o'qi o'zgarmas maydon H_0 ga perpendikular bo'ladi. O'zgarmas magnit maydon o'ramlaridan o'zgarmas tok oqayotgan elektromagnit yordamida hosil qilinadi. Tok kuchini o'zgartirilsa, H_0 ham o'zgaradi.

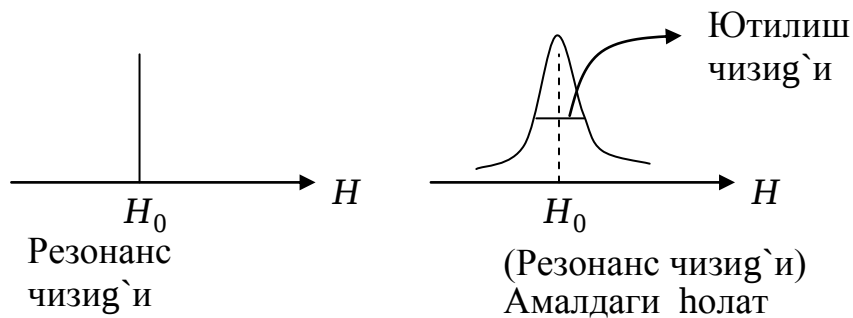
YAdro rezonansi qanday yuz berishi va radiospektrometr qanday ishlashini bilish uchun ikki holni ko'rib chiqamiz.

1 – hol. H_0 va ν_0 shunday qiymatga egaki, rezonans kuzatilmaydi, boshqacha aytganda $h\nu_0 \neq \frac{\mu H_0}{I}$. Demak, elektromagnit energiyani ampuladagi modda yutmaydi, generator 2 dan chiqayotgan energiyaning hammasi kuchaytirgich 3 ga keladi va 4 kichik chastotali kuchaytirgich orqali ostsillografda registratsiya qilinadi, bunda signal katta bo'ladi.

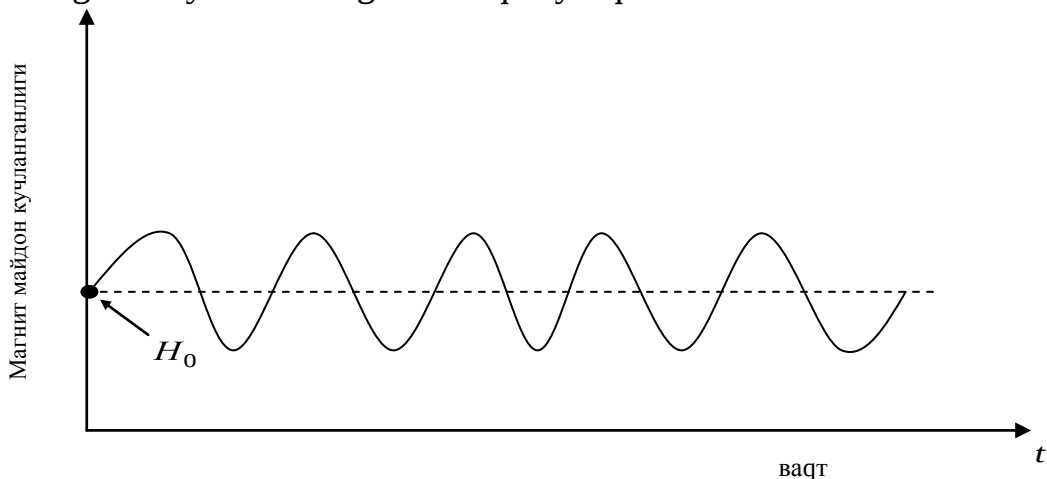
2 – hol. ν_0 va H_0 larning qiymati shundayki, ular rezonans shartini qanoatlantiradi: $h\nu_0 = \frac{\mu H_0}{I}$. Bu holda yadrolar elektromagnit to'liqin energiyasini yutaboshlaydilar (protonlar pastki holatdan yuqori holatga o'taboshlaydilar). Demak, yuqori chastotali kuchaytirgichga kelayotgan to'liqin energiyasi kamayadi, natijada signal pasayadi. Ostsillografidagi ko'rsatkich ham pasayadi (rasmga qarang).



Ikkinchi hol kengligi cheksiz kichik bo'lgan rezonans chizig'iga tegishlidir, boshqacha aytganda rezonans chastotaning faqat bitta ν_0 qiymatida yuz beradi. Lekin amalda unday emas, yutilish chastotaning ν_0 ga teng bo'lmagan qiymatlarida ham bo'ladi, faqat kamroq, boshqacha aytganda, yutilish chizig'i ma'lum kenglikka ega (rasmga qarang).



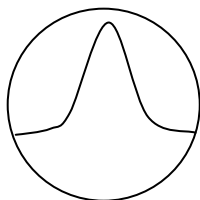
H_0 va ν_0 larning harxil qiymatlarida yutilishni o'lchash uchun (yutilish chizig'ini yozish uchun) yoki magnit maydoni H_0 ni, yoki chastotasi ν_0 ni o'zgartirish kerak. Amalda magnit maydonini o'zgartirish qulayroq bo'ladi.



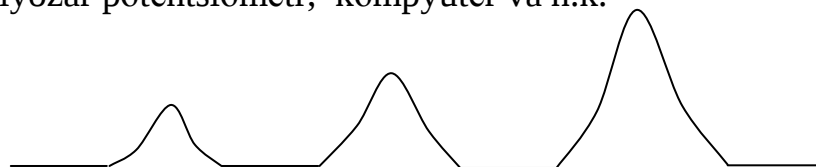
Rasm 8.4.

Buning uchun magnit qutblariga qo'shimcha g'altak kiydiriladi va uning o'ramlaridan o'zgaruvchan tok o'tkaziladi. Bu g'altak odatda modulyatsion g'altak deb ataladi, chunki undan oqayotgan kichik chastotali tok o'zgaruvchan magnit maydonini hosil qiladi va bu maydon o'zgarmas maydon H_0 ni o'zgartiradi yoki modulyatsiya qiladi (rasm 8.4 ga qarang).

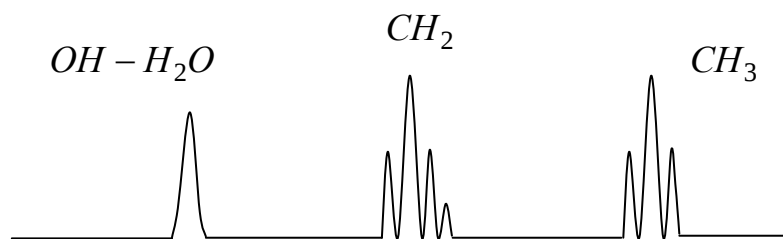
Rasmda ko'rinib turibdiki, bitta davr ichida H ikki marta H_0 ga tenglashadi (bir marta undan ortib keyin tenglashadi, keyin kamayib yana tenglashadi). Demak, bitta davr ichida paramagnit yutilishi ikki marta yuz beradi, boshqacha aytganda ostsillografga modulyatsiya chastotasidan ikki marta katta chastota bilan yutilish haqidagi signal boradi va ekranda rasmdagi manzara hosil bo'ladi:



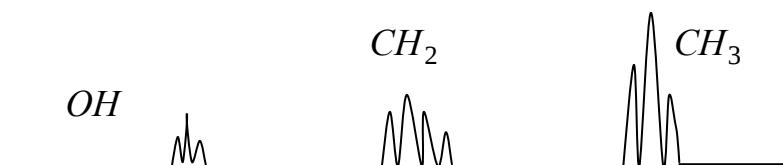
Albatta, signalni ostsillografdan tashqari boshqa asboblarda ham yozib olish mumkin: o`ziyozar potentsiometr, kompyuter va h.k.



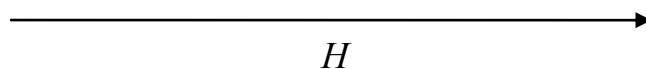
a)



b)



B)



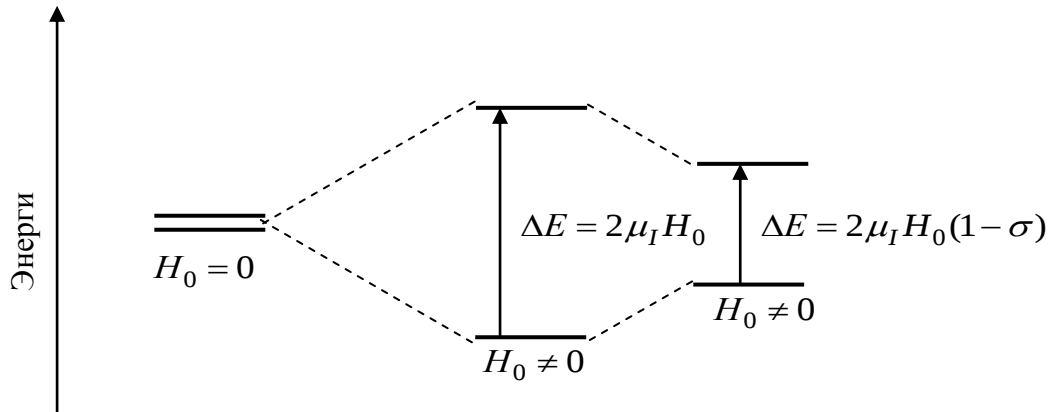
Rasm 8.5. a - etanolning past ajratish qobiliyatli YAMR spektri. b – yuqori darajada ajratilgan YAMR spektri. v – o`ta toza etanolning YAMR spektri.

Proton juda ko`p birikmalar tarkibiga kirganligi uchun  $^1H$  ning YAMR-i eng yaxshi o`rganilgan. Ba`zan buni proton magnit rezonansi (PMR) deb ham atashadi. Misol uchun etanol  $C_2H_5OH$  ning PMR spektrini ko`rib chiqamiz (rasm 8.5 ga qarang). YUqorida keltirilgan nazariy informatsiyaga ko`ra spektrda bitta yutilish chizig`i paydo bo`ladi deb o`ylash mumkin. Amalda esa uchta chiziq kuzatiladi. Ularniig intensivligi 1:2:3 kabi bir – biri bilan bog`langan, demak ular  $-OH_4$ ,  $-CH_2$  va  $-CH_3$  gruppalaridagi protonlar bilan bog`liq.

Spektrda uchta alohida chiziqning paydo bo'lishi shuni bildiradiki, demak protonlarga ta'sir qilayotgan magnit maydon tashqi magnit maydondan (H_0 dan) farq qiladi. Bu maydonni quyidagicha yozish mumkin:

$$H = H_0(1 - \sigma) \quad (8.4)$$

bu erda σ ekranlash konstantasi deb ataladi va u odatda kichik bo'ladi. Masalan, u proton uchun taxminan 10^{-2} ga teng. U berilgan yadroning atrofidagi elektron strukturasi bog'liq. Rasm 57 da rezonans shartining o'zgarishi ko'rsatilgan.



Rasm 8.6. Elektron ekranirovkasining yadro magnit rezonansiga ta'siri.

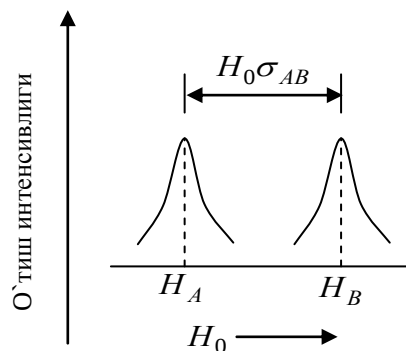
Ikki hil, A va V, protonlarning ikki chiziqdan iborat spektrini ko'rib chiqamiz (rasm 8.7 da). Ikkala protonga ta'sir qilayotgan magnit maydon kuchlanganliklari quyidagiga teng:

$$H_A = H_0(1 - \sigma_A), \quad H_B = H_0(1 - \sigma_B).$$

σ_A va σ_B lar A va V yadrolarining ekranirovka konstantasi. Bu ikki chiziqning o'rtasidagi masofa teng:

$$H_B - H_A = H_0(\sigma_A - \sigma_B) = H_0\sigma_{AB} \quad (8.5)$$

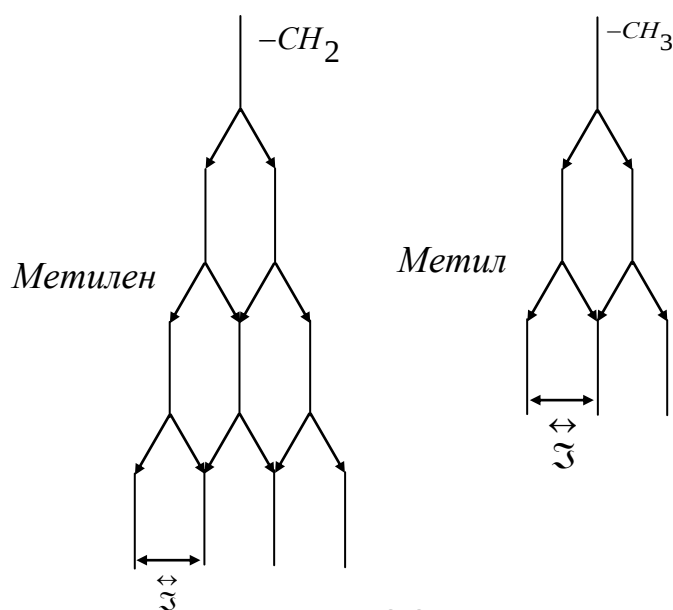
σ_{AB} - kimyoviy siljish deb ataladi, (A ning V ga nisbatan yoki V ning a ga nisbatan kimyoviy siljishi). A va V chiziqlari orasidagi masofa H_0 ga proporsional.



Rasm 8.7. A va V yadrolar o'rtasidagi nisbiy kimyoviy siljish.

YUqori ajratish sharoitida etanolning PMR spektri rasm 8.5 da ko'rsatilgandek bo'ladi. $-CH_2$ va $-CH_3$ chiziqlari haqiqatda 4 va 3 ta chiziqlardan iborat, intensivliklari esa 1:3:3:1 va 1:2:1 munosabatda. Har bir gruppadagi chiziqlar

orasidagi masofa spektrometrning ishchi chastotasiga bog'liq emas, demak u kimyoviy siljish bilan bog'lanmagan. Buni qanday tushuntiriladi? Har bir gruppning ichidagi protonlar tashqi magnit maydon bilan ta'sirlashadilar va bundan tashqari ularning har biriga lokal maydon ta'sir qiladi. Bu maydonni qo'shni gruppadagi protonlar hosil qiladi. Harbir yadro spini ikki xil orientatsiya qilishi mumkin bo'lgani uchun metil gruppning signali metilen gruppning birinchi protoni ta'sirida ikki chiziqqa ajraladi. So'ngra bu ikki chiziqning har biri metilen gruppning ikkinchi protoni ta'sirida yana ikki chiziqqa ajraladi, demak hammasi bo'lib 4 ta chiziq kuzatilishi kerak. Lekin faqat uchta chiziq kuzatiladi, chunki to'rt chiziqdan ikkitasi bir – birining ustiga tushadi (ular bitta joyda joylashgan). Xudi shunday uslubda $-CH_2$ ning to'rtta chizig'i hosil qilinadi (rasm 8.8 ga qarang).



Rasm 8.8.

Harbir gruppadagi chiziqlar orasidagi masofadan spin – spin o'zaro ta'sirining konstantasi J kelib chiqadi, uning son qiymati magnitaviy ta'sirning effektivligini beradi.

YAMR metodi birikmalarni identifikatsiya qilishda juda katta rol o'ynaydi. Kimyoviy siljishni va spin – spin o'zaro ta'siri konstantasi J ni o'lchash birikmaga kirgan protonlarning tipini aniqlashga, molekulalar ichida atomlar qanday joylashganini bilishga imkon beradi. PMR juda ko'p qo'llanadigan metodga aylandi. Oxirgi paytlarda esa uglerod izotopi ^{13}C ning YAMR spektroskopiyasi ham muhim ahamiyatga ega bo'lib qoldi. Bu metod ayniqsa biologiya nuqtai nazardan muhim bo'lgan molekulalarni tekshirishda qo'l kelyapti. Izotop ^{13}C tabiiy uglerodda juda kam uchraydigan bo'lganligi uchun va uning yadrosining magnit momenti kichik bo'lganligi uchun ko'pincha bu izotopning YAMR spektrini o'lchash juda qiyin. Lekin Fure – spektroskopiyaning rivojlanishi YAMR spektroskopiyasining imkonlarini yanada oshirdi.

3. EPR spektrometri

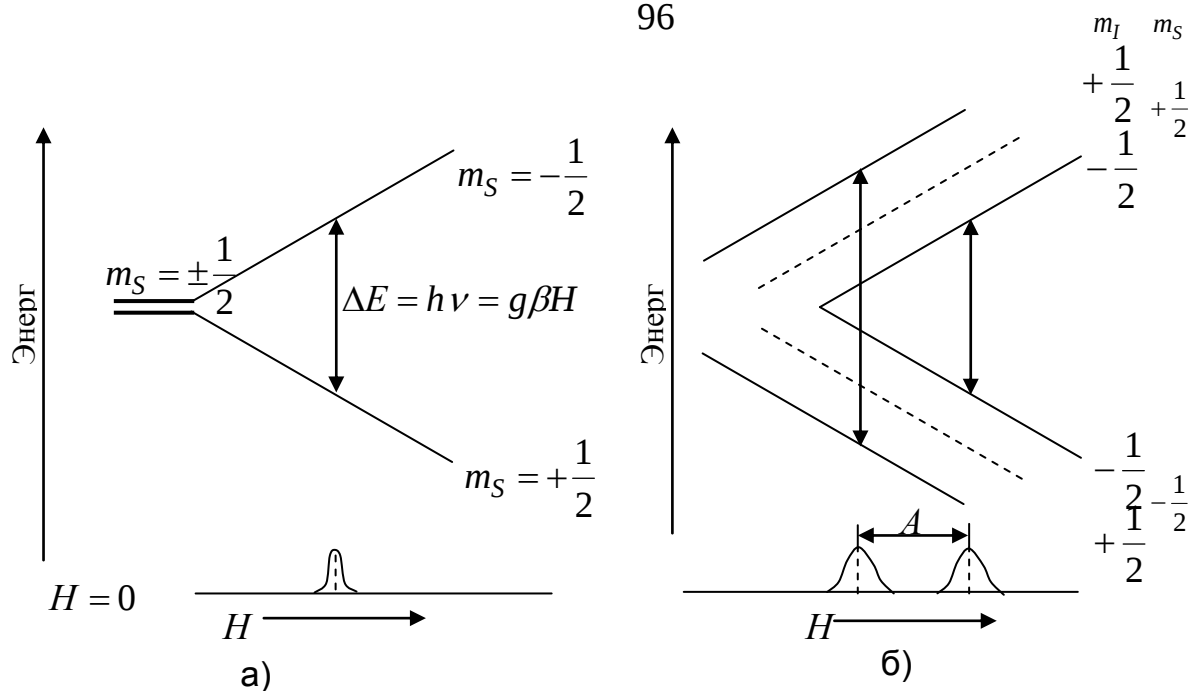
EPR va YAMR spektrometrlarining o'rtasidagi farq elektron bilan yadro magnit momentlari qiymatlari o'rtasidagi farq bilan belgilanadi. Elektronning magnit momenti protonning magnit momentidan taxminan 600 marta katta bo'lganligi uchun bir xil magnit maydonda EPR YAMR ga nisbatan ancha katta chastotada kuzatiladi. Masalan, magnit maydon kuchlanganligi $H_0 = 7077$ ersted bo'lganda YAMR 30 MGts da kuzatilgan edi. Xuddi shu maydonda EPR $19740 \text{ MGts} = 19,74 \text{ Ggts}$ da kuzatiladi. Xuddi shunday chastotaga to'liq uzunligi $\lambda = 1,6 \text{ sm}$ bo'lgan elektromagnit to'liqini to'g'ri keladi. Demak, birxil magnit maydon ishlatilsa YAMR metrli to'liqlarda, EPR esa santimetrli to'liqlarda kuzatiladi. SHuning uchun ham EPR texnikasi YAMR texnikasidan farq qiladi. EPR spektrometrida ko'proq radiolokatsiya texnikasi ishlatiladi – klistronlar, to'g'ri burchakli metall volnovodlar va h.k. Lekin texnikada katta farq bo'lsa ham, priborlarning ishlash printsipti bir xilligicha qolaveradi. Texnikadagi farq shunga olib keldiki, EPR da yutilish chizig'i emas, uning birinchi tartibli hosilasi registratsiya qilinadi.

Ko'pchilik molekulada elektronlar, Pauli printsiptiga asosan, spinlari qarama – qarshi yo'nalgan juftliklarni hosil qiladi. Bunday molekulalarda EPR ni kuzatib bo'lmaydi. Faqat O_2 , NO , NO_2 , Cl_2 ga o'xshash molekulalar bitta yoki bir nechta juftlanmagan elektronga ega bo'ladilar va ularda EPR ni kuzatish mumkin. F^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} ga o'xshash ko'pgina ionlarda juftlanmagan d - elektronlar bo'ladi, ular yaxshi EPR beradilar. Bu faqat bioximiyada katta rol o'ynaydi, chunki bu paramagnit ionlar ko'pgina oqsil va fermentlarning tarkibida bo'ladi.

Bitta elektron bitta yutish chizig'ini berishi kerak, lekin vodorod atomining EPR spektri ikki chiziqdan iborat (rasm 60 ga qarang).

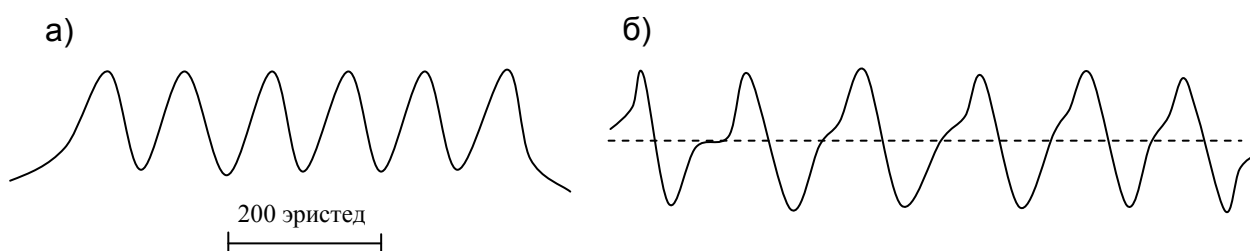
Bunday o'tanozik bo'linish juftlanmagan elektron va yadro o'rtasidagi o'zaro ta'sirdan paydo bo'ladi (xudi YAMR dagi spin – spin o'zaro ta'siriga o'xshab). Lekin $\Delta m_l = 0$ va $\Delta m_s = \pm 1$ tanlash qoidalariga binoan faqat ikki o'tishga ruxsat beriladi. Ana shu jarayonni batafsilroq ko'rib chiqamiz.

EPR dagi asosiy jarayonlardan biri – bu rezonans chizig'ining o'tanozik bo'linishidir, bu bo'linish juftlanmagan elektronning yadroning magnit momenti bilan o'zaro ta'siri natijasida paydo bo'ladi. Paramagnit tuzlarning va stabil radikallarning beradigan signallari (qattiq holatda) odatda juda kuchli, sababi – bunday sistemalarda juftlanmagan elektronlar juda ko'p bo'ladi. Bu moddalar eritilsa signal pasayadi, yana ko'proq suyultirilsa ba'zibir tuzlarning va radikallarning EPR chiziqlari alohida – alohida komponentlarga bo'linib ketadi.



Rasm 8.9. a - bitta elektron uchun rezonans sharti. b – vodorod atomidagi elektron uchun rezonans sharti.

Rasm 8.10 da Mn^{++} marganets ioning suvdagi eritmasidagi EPR spektri ko`rsatilgan; marganets yadrosining spini $\frac{5}{2}$ ga teng.



Rasm 8.10. Mn^{++} ionlari suvdagi eritmasining EPR spektri.

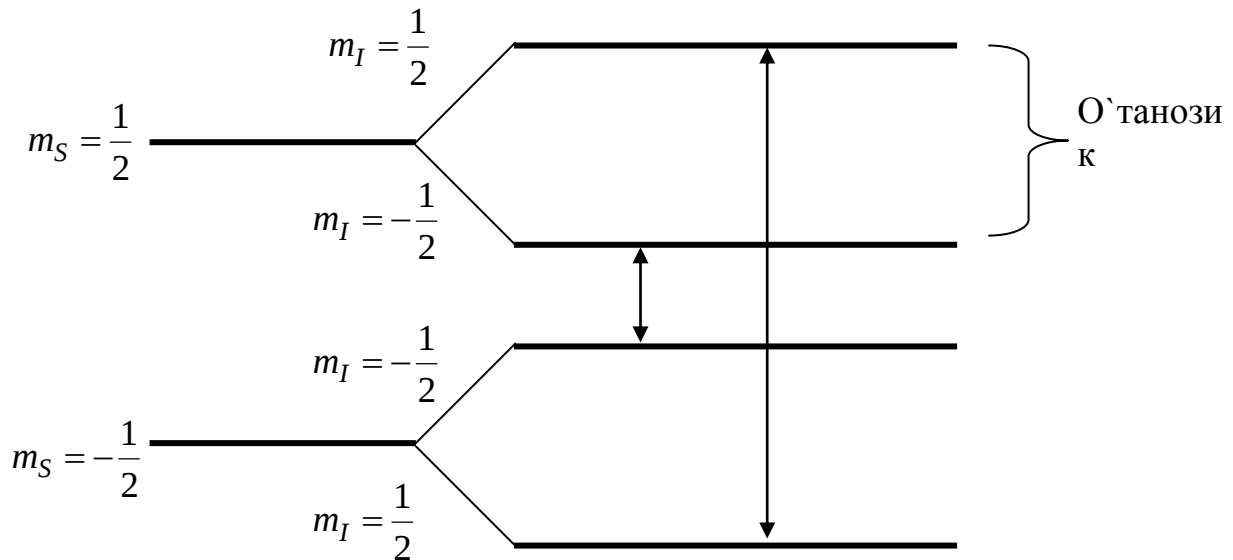
a – yutilish chiziqlari.

b – yutilish chiziqlarining birinchi hosilasi.

Ko`rinib turibdiki, o`tanozik struktura 6 chiziqdan iborat, bu quyidagi qoidaga to`g`ri keladi: agar elektron spini I ga teng yadro bilan ta`sirlashsa, uning bita EPR chizig`i $(2I + 1)$ ta komponentlarga bo`linib ketadi.

O`tanozik strukturaning (O`NS) hosil bo`lishini vodorod atomi misolida ko`rib chiqish qulay. Vodoroddagi elektron juftlashmagan va u spini $I = \frac{1}{2}$ bo`lgan vodorod yadrosi (proton) bilan ta`sirlashadi. Vodorod atomining spektri 2 chiziqdan iborat. Bunday spektr dublet deb ataladi. Protonning spini ham magnit maydonda ikki xil yo`naladi – maydonga parallel, maydonga qarshi. Elektronning energiyasi esa (magnit maydonda) proton spinining orientatsiyasiga bog`liq. SHuning uchun spinning $+\frac{1}{2}$ qiymatiga to`g`ri keluvchi energetik holat 2 ga ajraladi, ularning har

biri protonning $+\frac{1}{2}$ va $-\frac{1}{2}$ spiniga to'g'ri keladi. Xuddi shunday voqea elektronning $-\frac{1}{2}$ qiymatli spiniga to'g'ri keluvchi energetik holati bilan ham yuz beradi (rasm 8.11).



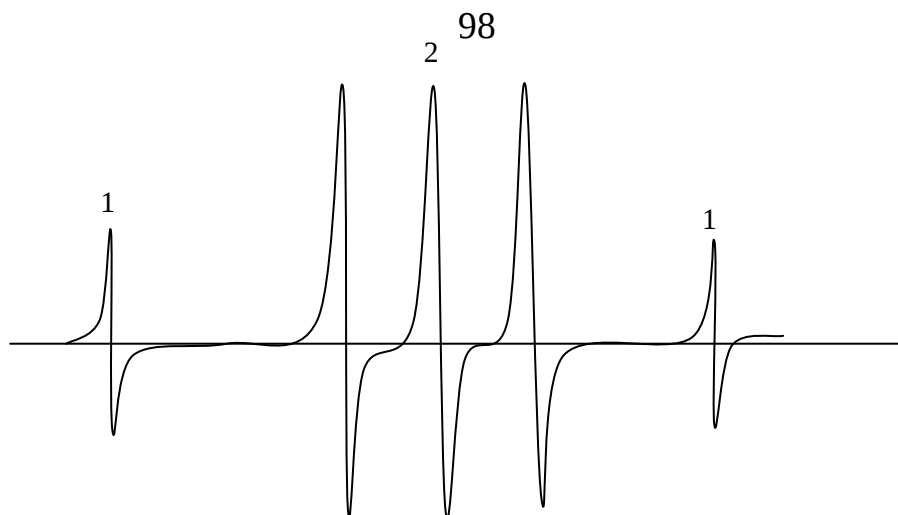
Rasm 8.1. Vodorod atomidagi juftlanmagan elektronning magnet maydonidagi energetik holatlari.

m_I va m_S - proton va elektronlar spin kvant soni.

SHunday qilib ikki juft energetik holatlar paydo bo'ladi, ular o'rtasidagi o'tish dublet chizig'ini beradi. Rasm 8.1 da vodorod atomining magnet maydonidagi energetik holatlari keltirilgan. Strelkalar bilan ruxsat berilgan o'tishlar ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, o'tishlarda $\Delta m_I = 0$ sharti bajarilyapti. Bu shuni bildiradiki, elektron o'tish paytida proton spinining yo'nalishi o'zgarmaydi.

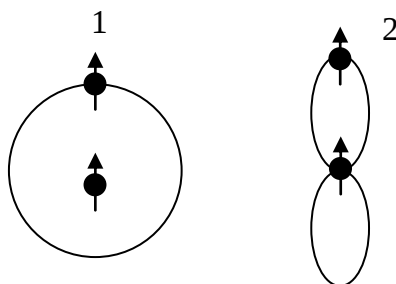
Vodorod atomi EPR spektridagi dublet chiziqlari orasidagi masofa 507 erstedga teng, bu qiymat tekshirilayotgan moddada vodorod atomining borligini bildiradigan alomatdir.

O'tanozik bo'linish (ajralish) katta – kichikligi yadroning magnet momenti va spiniga bog'liq. Bu faktorlarning ta'sirini vodorod va deyteriy atomlari misolida yaqqol ko'rish mumkin. Deyteriy atomining EPR spektri uchta chiziqdan iborat; deyteriy yadrosi spini 1 ga teng. Ajralish qiymati vodorod atomi spektridagi ajralishdan 7 marta kichik. Deyteriy yadrosining magnet momenti protonning magnet momentidan 3,5 marta kichik. SHunday qilib yadro spinining oshishi va magnet momentining kamayishi o'tanozik ajralishining (bo'linishining) darajasini kamayishiga olib kelar ekan. Rasm 8.12 da vodorod atomining dublet va deyteriy atomining tripleti ko'rsatilgan.



Rasm 63. Vodorod spektrining (1) va deyteriy spektrining (2) chiziqlari.

EPRning oʻtanozik boʻlinishi ion, atom va radikallarning elektron holatlarini aniqlashga yordam beradi. Maʼlum boʻldiki, harqanday juftlanmagan elektron ham oʻtanozik boʻlinishini beravermas ekan; uning yuz berishi juftlanmagan elektron qanday orbitada turganiga bogʻliq. Agar orbita sferik simmetriyaga ega boʻlsa (S - orbita boʻlsa) juftlanmagan elektron yadroning magnit momenti bilan taʼsirlashishi mumkin ekan.



Rasm 8.13. Juftlanmagan elektronning vodorod atomidagi (1) va azot atomidagi (2) orbitalari.

Demak, ionning EPR spektrida oʻtanozik boʻlinish kuzatilsa elektron S - orbitada aylanayotgan boʻladi.

Juftlanmagan elektronning qanday holatda turishi elektron va yadrolarning oʻzaro taʼsiriga taʼsir koʻrsatishini vodorod va azot atomlari misolida koʻrishimiz mumkin.

Rasm 64 da H va N atomlaridagi juftlanmagan elektronlarning orbitalari keltirilgan. Azotning erkin atomidagi elektronning yadro bilan taʼsirlashuvi hisobiga EPR chiziqlarining boʻlinishi (ajralishi) 8 erstedga teng, bu esa vodorod atomidagi ajralishdan 62 marta kichik. Vaholanki, azot yadrosining magnit momenti vodorodnikidan 7 marta kichik, azot yadrosining spini 1 ga teng.

Elektron va yadroning magnit taʼsiri energiyasining absolyut qiymati qanchalik muhim? Albatta, elektron va yadro oʻzaro elektrostatik taʼsirlashadi (ularning plus va minus zaryadari bor, ular Kulon kuchini beradi) va bu taʼsirlashuvining energiyasi magnit taʼsirlashuv energiyasidan tahminan million marta katta. SHunday qilib, magnitaviy taʼsir elektronning energiyasiga deyarli hech narsa bermaydi, lekin bu taʼsirlashuv EPR chiziqlarini birnechtaga boʻlib tashlaydi, shuning uchun magnit taʼsir juda muhim informatsiya manbasidir.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar.

- 37.T. Gilson, P. Xendra. «Lazernaya spektroskopiya KR v ximii». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1973 g.
- 38.G. Grey «Электроны и химическая связь». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 39.I. I. Kondilenko, P.A. Korotkov «Vvedenie v atomnuyu spektroskopiya». Izdatelstvo «Высшая школа», Kiev. 1976 g.
- 40.V.E. Eskin «Rasseyaniye sveta rastvorami polimerov». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1973 g.
- 41.G. Eyring, Dj. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
- 42.M.A. Elyashevich «Atomnaya i molekularnaya spektroskopiya». Moskva. Fizmatiz, 1962 g.
- 43.A.L. Bukachenko, A.M. Vasserman «Стабильные радикалы». Moskva. Ximiya 1973 g.
- 44.T.I. Lixstenshteyn «Metod spinovyx metok v molekularnoy biologii». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1974 g.
- 45.G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
- 46.YA. Rabek «Экспериментальные методы в химии полимеров». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1983 g.
- 47.M.L. Sumçineskiy «Kombinatsionnoye rasseyaniye sveta i stroeniye veshchestva». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1981 g.
- 48.L. Vellyuz, M. Legran, M. Grojan «Opticheskiy krugovoy dixroizm». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 49.L.P. Kazachenko «Molekularnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.
- 50.S.N. Andreev, M.F. Smirnova «Stroeniya elektronnykh obolochek atomov, teoriya ximicheskoy svyazi». Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1974 g.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar.

Magnit momenti, orientatsiya, energetik xolat, rezonans sharti, radiospektrometr, ekanirovka konstantasi, kimyoviy siljish, o'tanozik bo'linish, elektron paramagnit rezonans.

Mavzu bo'yicha test savollar

1. Elektronning magnit maydondagi energiyalari $E_2 = \mu H_0$ va $E_1 = -\mu H_0$ bo'lsa, u qanday chastotali elektromagnit maydonni yutadi.

A.. $\nu = \frac{\left(h + \frac{1}{2}\right)}{h}$

*V. $\nu = \frac{(E_2 - E_1)}{h}$

S. $\nu = \frac{(E_1 + E_2)}{h}$

D. $\nu = \frac{E_1 E_2}{h}$

2. Elektronning magnit maydondagi energiyalari farqi magnit maydon kuchlanganligiga qanday bog'liq.

A.. $\Delta E = \text{const}$

V. $\Delta E = \mu H$

*S. $\Delta E = 2\mu H$

D. $\Delta E = -\mu H$

3. YAdroning spini $I = 1$ bo'lsa, uning magnit maydondagi orientatsiya soni nechaga teng.

A. 1

V. 2

*S. 3

D. 4

4. YAMR da rezonans sharti qaysi javobda to'g'ri keltirilgan.

A. $h\nu_0 = I\mu H_0$

*V. $h\nu_0 = \frac{\mu H_0}{I}$

S. $h\nu_0 = \frac{I}{\mu H_0}$

D. $\mu H_0 = Ih\nu_0$

5. Ekranlash ko'effitsienti δ ning fizik ma'nosi qanday.

*A. Protonga ta'sir qilayotgan magnit maydonning tashqi magnit maydon H_0 dan farq qilish darajasini bildiradi.

V. Protonning atrofida nechta proton borligini bildiradi.

S. Protonni nechta elektron o'rab olganligini bildiradi.

D. Protonning atrofida nechta atom borligini bildiradi.

6. EPR spektrometrida ko`prik qanday to`lqin uzunlielektromagnit to`lqinlar ishlatiladi.
- A. mm diapazondagi
 - *V. sm diapazondagi
 - S. dm diapazondagi
 - D. m diapazondagi
7. YAMR spektrometrida ko`prik, to`lqin uzunli elektromagnit to`lqinlar ishlatiladi.
- A. mm diapazondagi
 - V. sm diapazondagi
 - S. dm diapazondagi
 - *D. m diapazondagi
8. EPRni qanday molekulalarda kuzatib bo`lmaydi.
- A. Gomoyadroli molekulalarda
 - V. Geteroyadroli molekulalarda
 - S. Ionlashgan molekulalarda
 - *D. Xama elektronlari juftlangan molekulalarda

Mavzu bo`yicha nazorat savollar.

1. Qanday shart bajarilganda zarracha chastotali elektromagnit maydonni yutadi.
2. Spin $\frac{1}{2}$ ga teng zarrachaning energiyasi tashqi magnit maydon kuchlanganligiga qanday bog`liq.
3. Qanday jarayon YAdromagnit rezonans (YAMR) deb ataladi.
4. YAMR spektrometrii qanday qismlardan iborat.
5. Paramagnit yutilish deb nimaga aytiladi.
6. Ekranlash konstantasi δ ning fizik ma`nosi nimaga teng.
7. Kimyoviy siljish nima.
8. EPR spektrometrining ishlash printsiipi qanday\
9. O`tanozik bo`linish deb nimaga aytiladi.

MA'RUZA 9

Molekulalar simmetriyasi va optik aktivlik. Polyarizatsiya tekisligining burilishi

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O'quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O'quv mashg'ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. Molekulalarning simmetriyasi. 2. Polyarizatsiya va optik burilish. 3. Burilish dispertsiyasi va dixroizm. 4. Saxarimetr.
<i>O'quv mashg'ulotining maqsadi : Talabalarda Molekulalar simmetriyasi va optik aktivlik. Polyarizatsiya tekisligining burilishi xususida tushuncha hosil qilish.</i>	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O'quv faoliyatining natijalari: Talabalarda, <i>Molekulalarning simmetriyasi, Polyarizatsiya va optik burilish, Burilish dispertsiyasi va dixroiz</i> , Saxarimetr. to'g'risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O'quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

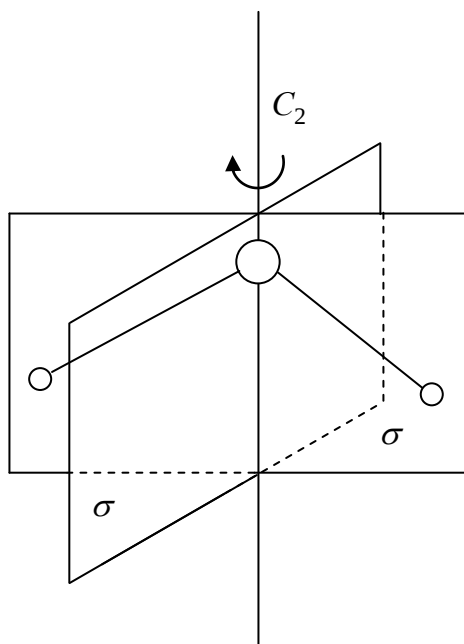
O'quv mashg'ulotining texnologik haritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O'quv to'ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O'quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 <i>Molekulalarning simmetriyasi</i> haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezoni va vaqti e'lon qilinadi. O'quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning Bilaman, bildim, Bilishni xoxlayman grafalari to'ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. <i>Molekulalarning simmetriyasi</i> bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to'ldirilganidan so'ng ma'ruza boshlanadi. Polyarizatsiya va optik burilish muzmuni tavsiflanadi. 2.2. Burilish dispertsiyasi va Dixroizm va saxarimetr to'g'risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashg'ulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	--	--

1. Molekulalarning simmetriyasi.

Molekulalarning simmetriyasi ularni tashkil etgan atomlarning fazoda qanday joylashganligi bilan bog'liq. Bu tushunchani chuqurroq tushunish uchun misol tariqasida suv molekulasini analiz qilib ko'ramiz (rasm 9.1 ga qarang).



Rasm 9.1. Suv molekulasining simmetriya elementlari.

H_2O molekulasida uchchala atom ham bitta tekislikda yotadi, lekin bitta chiziqda emas. Agar molekulani kisloroddan o'tuvchi C_2 o'q atrofida istagan yo'nalishda 180° burchakka aylantirsak, hosil bo'lgan yangi konfiguratsiya eskisidan farq qilmaydi. Bunday aylanishni simmetriya operatsiyasi deb ataladi. Qanday narsaga nisbatan simmetriya operatsiyasi amalga oshirilsa o'sha narsani simmetriya elementi deb ataladi: nuqta, tekislik, chiziq... Quyida asosiy simmetriya elementlari haqida qisqacha informatsiya beramiz:

1. Simmetriya o`qi.

Agar biror o`q atrofida molekula  $\frac{2\pi}{n} \left( \frac{360^0}{n} \right)$  burchakka burilganda bu burilish natijasida u yana o`zining avvalgi holiga kelib qolsa, bu o`qni  $n$ - tartibli simmetriya o`qi (C_n) deb ataladi.

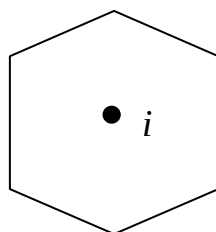
Suv molekulasida C_2 simmetriya o`qiga, ammiak molekulasida  $C_3$  simmetriya o`qiga ega. Hamma molekulada C_1 simmetriya o`qi bor. CHiziqli molekulalarda  $C_\infty$  simmetriya o`qi bor.

2. Simmetriya tekisligi.

Agar molekulaning biror tekislikda tasviri yasalsa va bu tasvir konfiguratsiyasi molekulaning avvalgi konfiguratsiyasi bilan birxil bo`lsa, bunday tekislik simmetriya tekisligi (σ) deyiladi. Demak, suv molekulasida 2 ta simmetriya tekisligi bor.

3. Simmetriya markazi.

Agar molekulani tashkil etuvchi atomlarning (x, y, z) koordinatalarini $(-x, -y, -z)$ koordinatalarga o`zgartirsak va natijada molekulaning konfiguratsiyasi o`zgarmay qolsa, u holda $(0, 0, 0)$ to`chka (koordinatalar boshlanishi) simmetriya markazi deb ataladi va i harfi bilan belgilanadi. Masalan, benzol molekulasida simmetriya markazi bor (rasm 63 ga qarang):

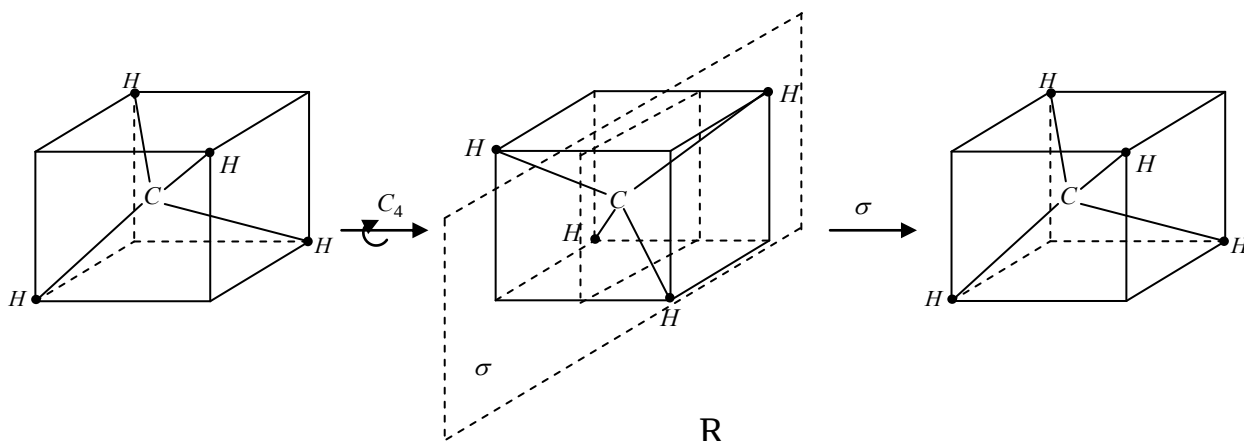


Rasm 9.2.

Molekula faqat bitta simmetriya markaziga ega bo`lishi mumkin.

4. Ko`zgu - burilish o`qi.

Bu simmetriya elementi (S_n) murakkab elementdir. U ikki operatsiyadan iborat – shu o`q atrofida  $\frac{2\pi}{n}$  burchakka burilish va unga perpendikular bo`lgan σ tekislikda tasvirga tushirish. Agar shu ikki operatsiya bajarilgandan so`ng hosil bo`lgan yangi konfiguratsiya avvalgisidan farq qilmasa, molekulada ko`zgu – burilish o`qi simmetriya (S_n) elementi bor deb hisoblanadi.



rasm 9.3. Metan (CH_4) molekulasining ko`zgu – burilish o`qi.

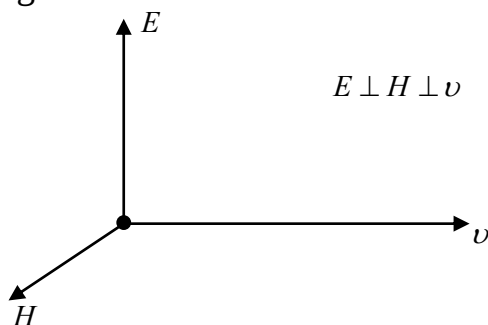
Rasm 9.3 dan ko`rinib turibdiki, metan molekulasida  $S_4$  simmetriya o`qiga ega ekan.

YUqorida keltirilgan materialdan muhim natijalarni keltirib chiqarsa bo`ladi. Masalan, molekulada ba`zibir simmetriya elementlarining bo`lishidan unda o`zgarmas dipol momenti borligi haqida qaror chiqarsa bo`ladi. Eslatib o`tamiz, dipol momenti – bu vektor qiymat. Albatta, u harqanday simmetriya operatsiyasida saqlanishi zarur, buning uchun u qandaydir simmetriya elementi bo`ylab yo`nalgan bo`lish kerak. Agar molekulada simmetriya markazi bo`lsa, bu molekula dipol momentiga ega bo`lishi mumkin emas, chunki vektor nuqta bo`laolmaydi, bittadan ko`p ( $C_n$ ) simmetriya o`qiga ega bo`lsa ( $n \geq 2$ ), u holda ham u dipol momentiga ega bo`laolmaydi, chunki u bir paytda ikki o`qqa parallel bo`laolmaydi.

Optik aktivlik muxokama qilinayotganda simmetriya masalasi katta rol o`ynaydi. Optik aktivlik – bu molekulaning qutblangan yorug`likning qutblanish tekisligini burish qobiliyatidir. Qanday molekula shunday xususiyatga ega bo`lmaydi? Birinchi navbatda quyidagi uchta simmetriya elementidan juda bo`lmaganda bittasi bo`lsa: 1 – simmetriya markazi, 2 – simmetriya tekisligi, 3 – ko`zgu – burilish o`qi.

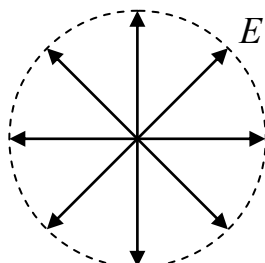
2. Qutblangan nur va optik burilish

Elektromagnit to`lqin ko`ndalang to`lqin bo`lib, uning E, H va ν vektorlari o`zaro quyidagicha yo`nalgan:

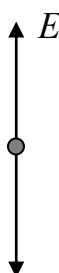


Agar nur harakatiga uning tezligi yo`nalishida qarasak, uning  $E$  vektorlari uch hol uchun quyidagicha yo`nalgan bo`ladi (hayolan, albatta, buni inson ko`zi ko`raolmaydi):

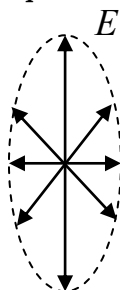
1-xol. Tabiiy (qutblanmagan) nur, bunda E vektorlar istalgan tekislikda yotgan bo`ladi, ularning intensivligi birxil bo`ladi.



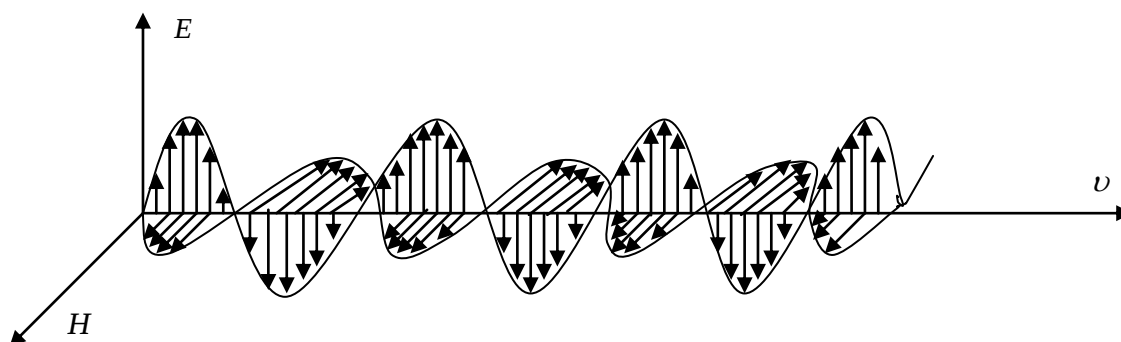
2-xol. Qutblangan nur, unda E faqat vertikal tekislikda tebranadi.



3-xol. Qisman qutblangan nur, unda E vektori vertikal tekislikda tebranayotgan yorug`lik umumiy yorug`likning ko`p qismini tashkil etadi.



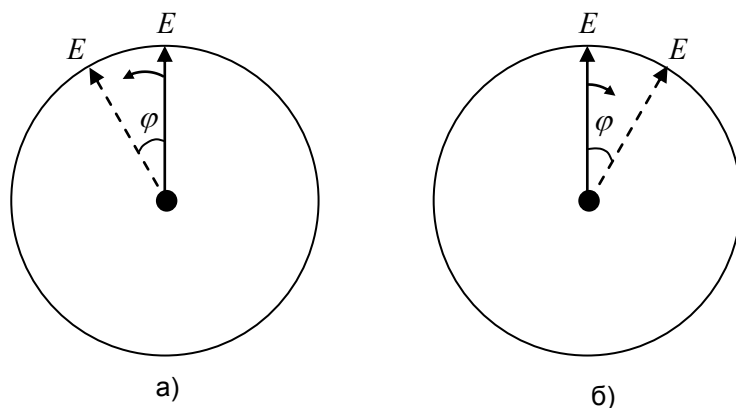
Bizni asosan qutblangan nur qiziqtiradi va uning fazodagi oniy kartinasi quyidagicha bo`ladi:



Rasmdagi manzara vakuumda $v=300000$ km/sek tezlik bilan o`ng tarafga qarab harakatlanadi, bunda E vektori fazoda vertikal joylashgan tekislikda (bu

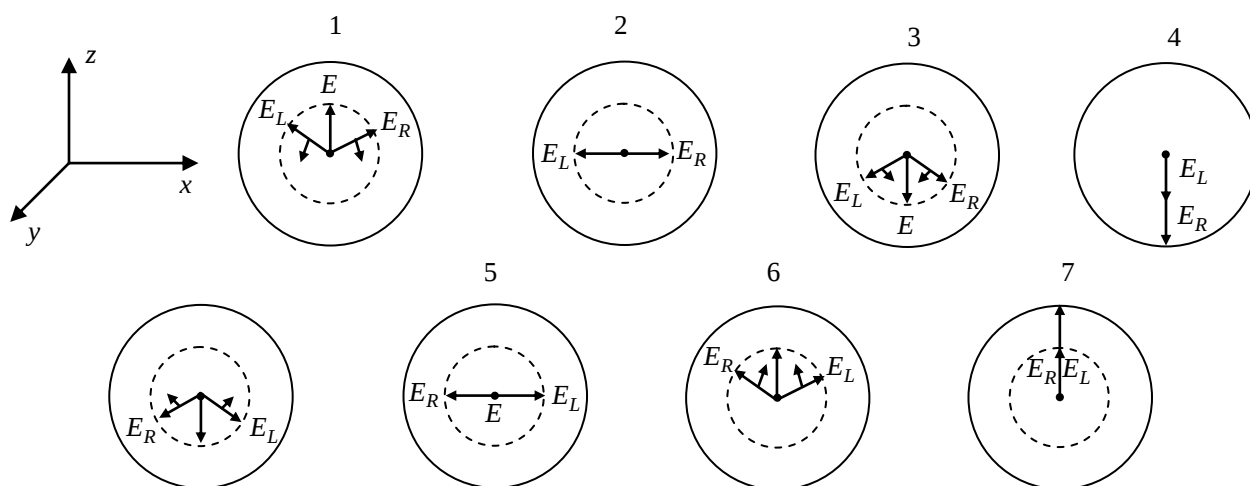
tekislik ham hayoliy tekislik) tebranaveradi. SHu sababli bunday yorug`lik chiziqli – yoki tekis qutblangan nur deyiladi.

Tekis qutblangan nurni ikkita aylana bo`ylab qutblangan (yoki tsirkulyar qutblangan) nurning yig`indisi deb ham hisoblash mumkin, unda birining E vektori aylana bo`ylab chapga, ikkinchisini o`nga aylanadi.



a). CHap tsirkulyar qutblangan nur. b). O`ng tsirkulyar qutblangan nur.

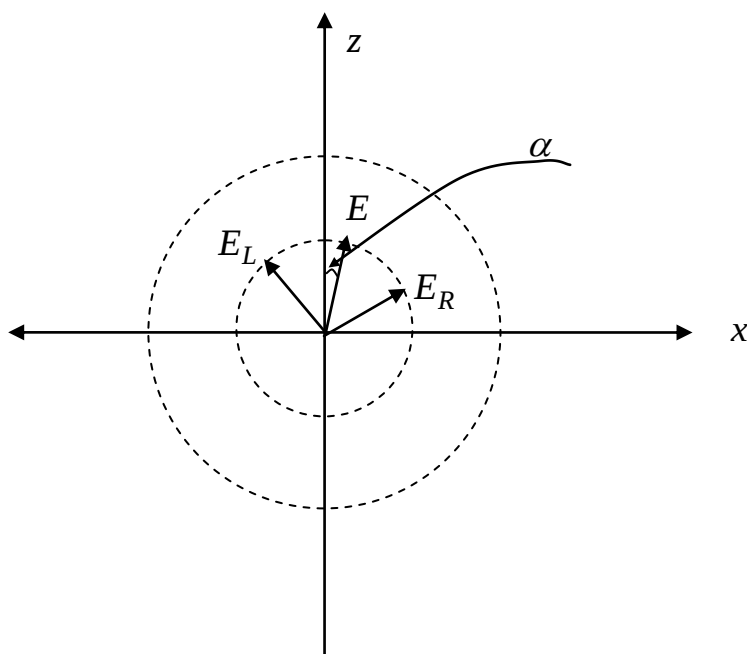
CHap va o`ng tsirkulyar qutblangan yorug`lik elektr maydon kuchlanganliklari E_L va E_R deb belgilanadi. (Inglizcha L-left-chap va R-right-o`ng degani). TSirkulyar qutblangan yorug`likni «chorak to`lqin uzunligi» plastinkasida tekis qutblangan yorug`likni o`tkazib olish mumkin. Rasm 9.4 da tekis qutblangan  $\vec{E}$  ning ikki aylana bo`ylab aylanayotgan $\vec{E}_L$ va $\vec{E}_R$ larning vektor yig`indisidan olinishi ko`rsatilgan.



Rasm 9.4. Vektor E ni ikki tsirkulyar qutblangan komponentalar E_L va E_R larning yig`indisi qilib ko`rsatish.

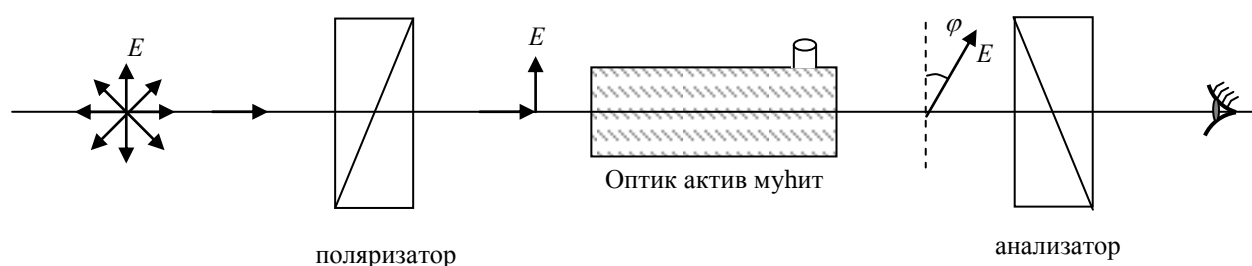
Oddiy (izotrop) muhitlarda E_L va E_R lar birxil tezlikda aylanadilar, shuning uchun ularning yig`indisi E bitta tekislik ($x z$) da tebranadi. Lekin optik aktiv

muhitda E_L va E_R lar harxil tezlikda aylanadilar, natijada yig`indi vektor  $\vec{E}$  z o`qi bilan ma`lum α burchak hosil qiladi:



Qutblanish tekisligi aylanadi (buriladi), chunki L va R nurlar uchun muhitning sindirish ko`rsatkichi harxil bo`ladi, demak bu nurlar muhitda harxil tezlikda tarqaladilar, bu esa E_L va E_R vektorlarning aylanish tezligini ham harxil qiladi. Natijaviy qutblanish tekisligi ham burilaboshlaydi, $\alpha \neq const$ bo`ladi. Boshqacha aytganda burilish burchagi $\alpha \sim \ell$ (ℓ - muhit uzunligi).

Optik burilish eksperimentida quyidagi sxema ishlatiladi.



Tabiiy nur polarizatoridan o`tib u vertikal tekislikda qutblanib qoladi. Agar uning yo`lida aktiv muhit bo`lmasa, bu nur analizatoridan o`taolmaydi, chunki analizatorning optik o`qi polarizatornikiga perpendikular yo`nalgan bo`ladi. Demak chiqishda ko`z hechqanday nur ko`rmaydi.

Polyarizator va analizator o`rtasida optik aktiv muhit qo`yilgan bo`lsa, qutblangan nur undan o`tgach qutblanish tekisligi qandaydir α burchakka burilib qoladi. Ana endi nur analizatoridan qisman o`taboshlaydi va u ko`zga ko`rinadi. Agar analizatorni  $\alpha$  burchakka bursak, nur undan yana o`tmay qoladi. Bir santimetr yo`lga nisbatan graduslarda α burchak quyidagiga teng:

$$\alpha = \frac{1800}{\lambda} (n_L - n_R) \quad (9.1)$$

λ - ishlatilayotgan yorug'lik to'lqin uzunligi, n_L va n_R - chap va o'ng tsirkulyar qutblangan yorug'liklar sindirish ko'rsatkichi. Yanada qulayroq solishtirma burilish $[\alpha]$:

$$[\alpha]_\lambda^T = \frac{100\alpha}{\ell_C} \quad (9.2)$$

bu erda α graduslarda o'lchanadi, ℓ - optik yo'lning detsimetrlarda o'lchanadigan uzunligi, s-eritmaning g/100 ml larda o'lchanadigan konsentratsiyasi, T-tselsiyda o'lchanadigan temperatura, λ -o'lchashda ishlatilgan to'lqin uzunligi $[\alpha]_\lambda^T$ grad·sm²/2 larda o'lchanadi. Oxirgi tenglama toza suyuqlik uchun quyidagicha yoziladi:

$$[\alpha]_\lambda^T = \frac{\alpha}{\ell_o d} \quad (9.3)$$

d - suyuqlikning zichligi (g/ml). Solishtirma burilish λ ga bog'liq. 1907 yilda Drude quyidagi munosabatni berdi:

$$[\alpha]_\lambda^T = \frac{k}{\lambda^2 - \lambda_0^2} \quad (9.4)$$

bu erda k va λ_0 - o'zgarmas parametrlardir, ularning qiymati optik aktiv muhitning tabiatiga bog'liq.

Agar muhit qutblanish tekisligini o'nga bursa, bu muhit o'ngaburuvchi muhit deb ataladi va $\oplus$ bilan belgilanadi; agar chapga bursa, chapgaburuvchi muhit deb ataladi va $(-)$ belgi bilan belgilanadi.

Misol. 1. L lizinning solishtirma burishi $+13,5^0$ ga teng. Qalinligi 10 sm bo'lgan kyuvetadagi konsentratsiyasi 14,8 g/100 ml suv bo'lgan lizin eritmasining optik burilishini toping. O'lchash to'lqin uzunligi $5893 \text{ \AA}$ da bajariladi. CHap va o'ng tsirkulyar qutblangan yorug'liklarning sindirish ko'rsatkichlarining ayirmasini toping.

Echish: $S=14,8$ g/100 ml H_2O va $\ell = 1$ dm bo'lgani uchun α ni $[\alpha]_\lambda^T = \frac{100\alpha}{\ell_C}$ dan topamiz: $13,5^0 = \frac{100\alpha}{1 \cdot 14,8}$ Bu erda $\alpha = \frac{13,5 \cdot 14,8}{100} = \frac{199}{100} = 1,99^0$. α

ning bu qiymatini $\alpha = \frac{1800}{\lambda} (n_L - n_R)$ ga ko'yamiz va $(n_L - n_R)$ ni topamiz:

$$n_L - n_R = \frac{\alpha \lambda}{1800} = \frac{1,99 \cdot 5893 \cdot 10^{-8}}{1800} = 6,54 \cdot 10^{-8}. \text{ Ko`rinib turibdiki, } \Delta n = n_L - n_R \text{ kichik}$$

son ekan.

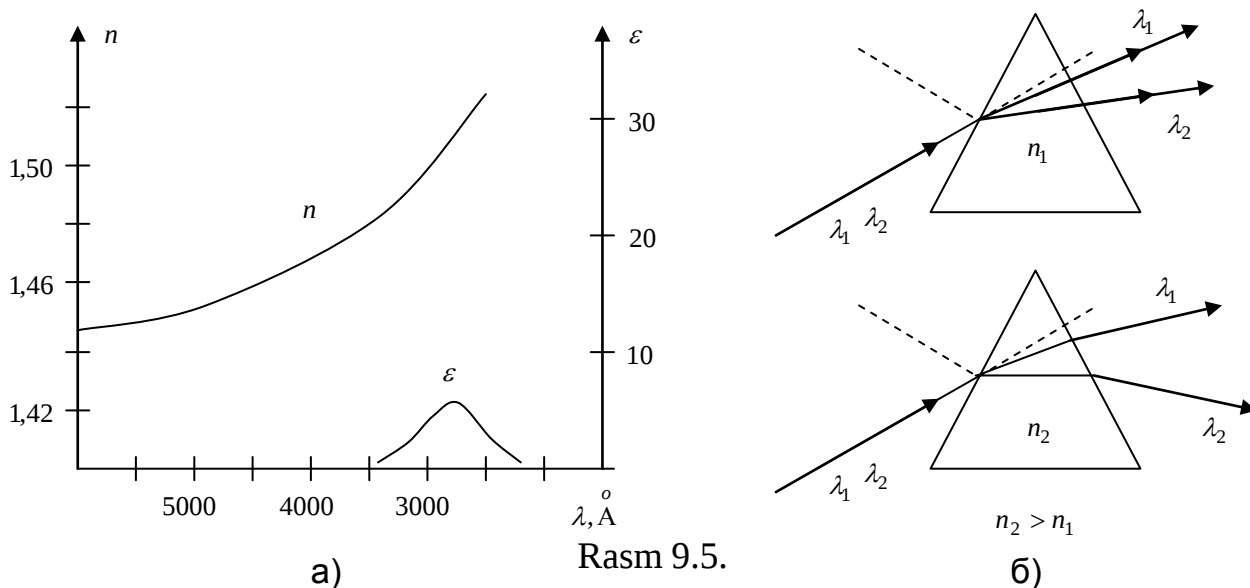
Misol. 2. Optik burilish eksperimentida burilish burchagi – $12,7^0$ bo'lib chiqdi (eritma konsentratsiyasi s va kyuveta qalinligi ℓ). Savol tug'iladi – qutblanish tekisligi – $12,7^0$ ga chapga burildimi yoki $(-12,7 + 360) = 347,3^0$ ga o'nga burildimi?

Echish: Bu savolga javob berish uchun o'lchashni boshqa konsentratsiyada bajarish kerak, masalan $s/10$ da. Bunda $\alpha = -1,27^0$ bo'lib chiqdi deylik. Agar qilgan

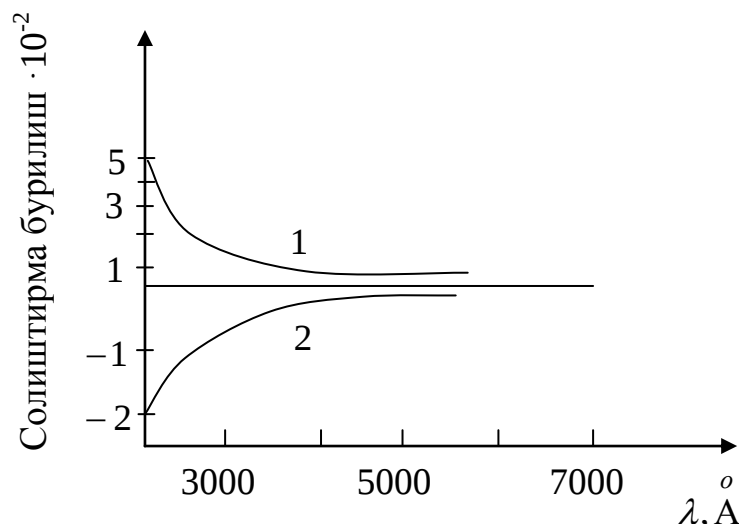
farazimiz to'g'ri bo'lganda edi burilish burchagi $34,73^0$ ga teng bo'lish kerak edi ($S/10$ da). Lekin natija $-1,27^0$ bo'lib chiqdi, bu son $34,73^0$ dan ancha kam, xatolik bo'lgan bo'lishi mumkin emas. Xudi shu maqsadda kyuvetaning qalinligini ham o'zgartirish mumkin.

3. Optik burilish dispersiyasi va aylanma dixroizm

Muhitning sindirish ko'rsatkichi n o'zgarmas parametr emas, u yorug'likning to'lqin uzunligi λ ga bog'liq. n ning λ ga bog'liqligi dispersiya deb ataladi (rasm 69). Dispersiya grafigi berilgan materialdan qilingan prizmaning harxil λ ga ega bo'lgan nurlarni bir – biridan qanchalik ajrata olishini ko'rsatadi (rasm 9.5).

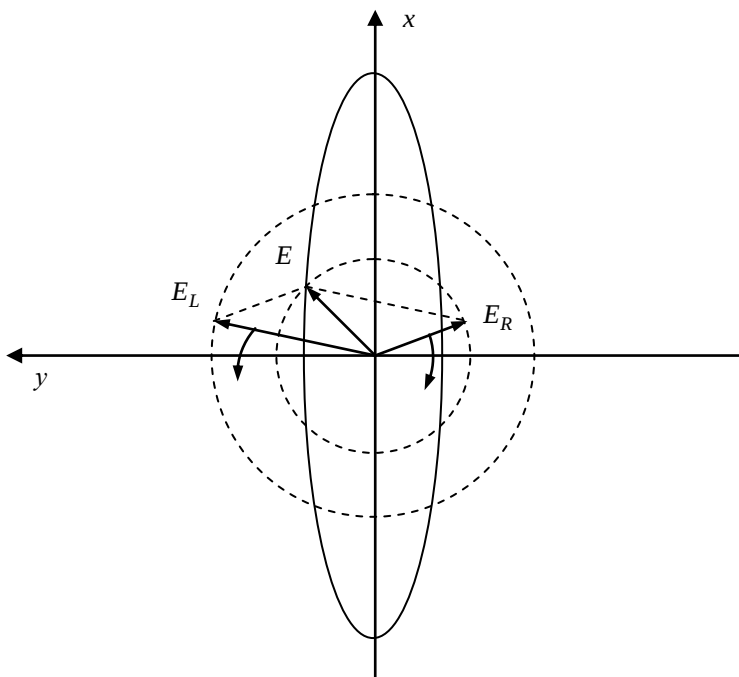


Demak, $\alpha \sim n_L - n_R$, n_1 va n_2 lar λ ga bog'liq bo'lgani uchun optik burilish burchagi α ham λ ga bog'liq bo'ladi. α ning λ ga bog'liq bo'lishi optik burilish dispersiyasi (OBD) (ruscha - dispersiya opticheskogo vrameniya) deb ataladi. Rasm 9.6 da ikki hil OBD keltirilgan, u grafiklar (chiziqlar) biri musbat, ikkinchisi manfiy, lekin ikkalovi minimum – maksimumlarsiz, tekis chiziqlar bo'lib chiqqan.



Rasm 9.6. Dispersiya chiziqlari: 1 – tekis musbat, 2 – tekis manfiy.

Agar birikma optik diapazonda nur yutmasa burilish juda kichik bo`ladi. Optik aktivlik nafaqat  $n_L$  va  $n_R$  o`rtasida farq bo`lishi bilan ajralib turadi, u yana tsirkulyar qutublangan yorug`liklar ekstinktsiyalari ε_L va ε_R larning bir – biridan farq qilishida ham o`z ifodasini topadi. Bu xossa aylanma dikroizm (ruscha - krugovoy dixroizm KD) deb ataladi.  $\varepsilon_L$  endi  $\varepsilon_R$  ga teng bo`lmagani uchun E vektori bitta (holati o`zgarmas) tekislikda tebranmaydi, u ellips chizig`ini chizadi (rasm 9.7.), chunki ε_L va ε_R lar uchi harxil radiusli aylanani chizadi.



Rasm 9.7. Aylanma dixroizmda E ning o`zgarishi.  $E$  vektor ellips chizig`ini chizadi.

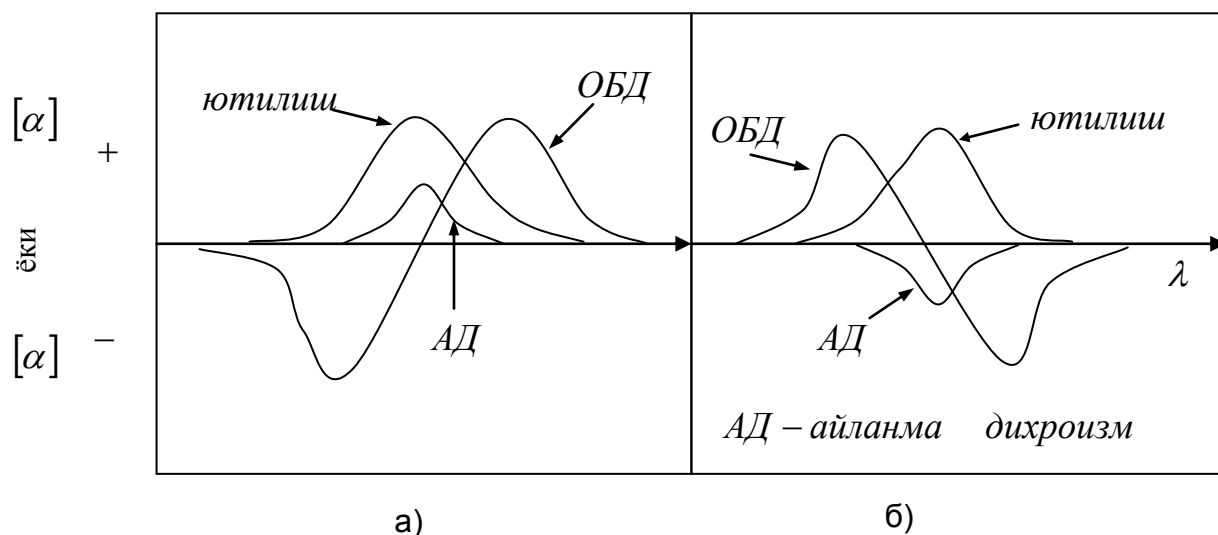
ε_L va ε_R molyar ekstinktsiyalar faqat quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$[\theta] = 3300(\varepsilon_L - \varepsilon_R)$$

bu erda $[\theta]$ - molekular eliptiklik, uning birligi $\text{grad} \cdot \text{sm}^2/\text{detsimol}$.

Ko`pchilik organik va biologik birikmalarning optik aktivligi to`lqin uzunligi λ kamaygan sari (ultrafiolet tomonga siljigan sari) kuchayadi, bu sohada u birikmalar $\pi \rightarrow n^*$, $n \rightarrow \pi^*$ va $\sigma \rightarrow \sigma^*$ o`tishlari bilan bog`liq polosalarga egalar. Bu polosalarga javobgar xromoforlar yoki o`zlari asimmetrik shaklga egalar, yoki atrofdagi molekulalarning asimmetrik joylashishi ta`sirida asimmetrik bo`lib qoladilar.

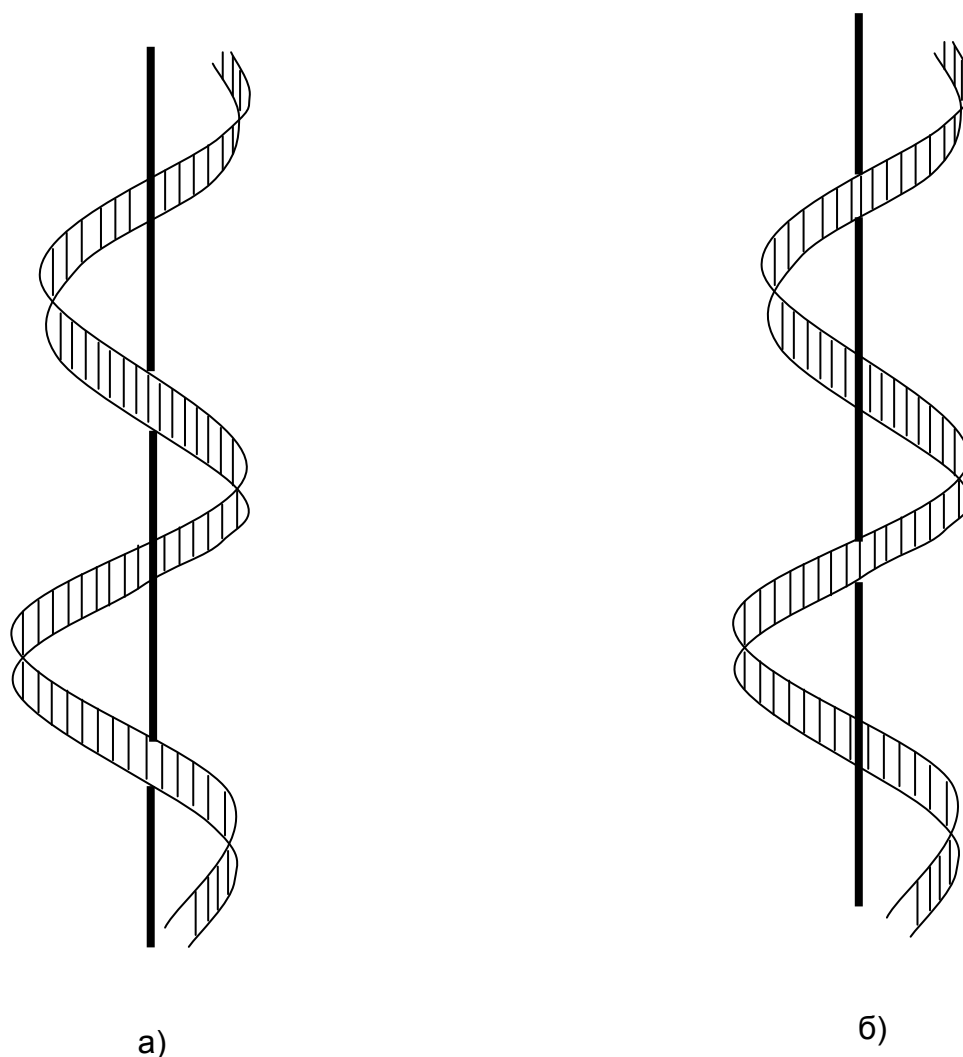
YUqorida aytganimizdek, optik burilish λ ga bog`liq. YUtilish polosasida optik burilish anomal ravishda oshib ketadi, bu hodisaga Kotton effekti deb ataladi. Kotton effekti musbat bo`ladi, agar boshidan boshlab λ kamaygan sari optik burilish $[\alpha]$ oshaborsa. So`ngra maksimumga erishadi, bu maksimum yutilish spektri maksimumining o`ng tarafida erishiladi (rasm 9.8).



Rasm 9.8. Kotton effekti: a – musbat; b – manfiy effekt.

YUtilish maksimumining chap tarafida OBD o`zining ishorasini o`zgartiradi, so`ngra minimumga erishib nolga qarab intiladi. OBD ning o`ng tarafdagi maksimumi do`nglik, chap tarafdagi minimum esa chuqurlik deb ataladi. Manfiy Kotton effekt musbat Koton effektining ko`zgudagi tasviriga o`xshaydi.

OBD ham, AD ham biomolekulalarning konformatsiyasini tekshirishning juda muhim metodlaridir. Bu metodlar kashf qilingan paytlarda birinchi bajarilgan ishlar model birikmalarda bajarilgan edi: sintetik polipeptidlar (masalan, poli - γ - benzil - L - glutamat yoki poli - L - prolin). Bu molekulalarning optik aktivligi, shu qatorda oqsil molekulalarining ham, ikki faktorga bog`liq: ularda L - aminokislatalarning bo`lishi va polipeptid zanjirining burilishi. Spiral chapga yoki o`nga burilishi mumkin (rasm 9.9 ga qarang):



Rasm 9.9. a-chapga buriltirilgan spiral; b-o`nga buriltirilgan spiral.
Oqsil molekullari faqat o`nga burilgan bo`ladi va yorug`lik polarizatsiya tekisligini L – aminokislotalarga qaraganda teskari tomonga buradi.

4. Saxarimetr

$[\alpha]$ ning qiymati o`lchansa  $\varphi = [\alpha]dc$  ifodadan eritmadagi aktiv moddaning konsentratsiyasini o`lchash mumkin. Bu formulada $[\alpha]$ graduslarda, d – detsimetrlarda, $[c]$ - g/sm^3 larda o`lchanadi. SHakar eritmasi uchun  $t=20^\circ\text{C}$  da  $\lambda=589,3 \text{ nm}$  uchun  $[\alpha] = 66^\circ 46'$ , bu juda katta burchak. Aktiv moddaning konsentratsiyasini o`lchashning bunday oson va tez usuli uni sanoatda asosiy miqdoriy analiz metodiga aylantirdi, masalan kamfora, kokain, nikotin, skipidar ishlab chiqarishda.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar.

- 51.G. Grey «Электроны и химическая связь». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 52.V.E. Eskin «Rasseyaniye sveta rastvorami polimerov». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1973 g.
- 53.G. Eyring, D.J. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
- 54.A.L. Bukachenko, A.M. Vasserman «Stabilnye radikalы». Moskva. Ximiya 1973 g.
- 55.T.I. Lixstenshteyn «Metod spinovыx metok v molekularnoy biologii». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1974 g.
- 56.G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
- 57.YA. Rabek «Eksperimentalnye metody v khimii polimerov». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1983 g.
- 58.L. Vellyuz, M. Legran, M. Grojan «Opticheskiy krugovoy dixroizm». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 59.S.N. Andreev, M.F. Smirnova «Stroeniya elektronnyx obolochek atomov, teoriya khimicheskoy svyazi». Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1974 g.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar.

Simmetriya elementi, optik aktivlik, optik burilish, tsirkulyar qutiblanish, solishtirma burilish, dispersiya, dixroizm, saxorometriya.

Mavzu bo'yicha test savollar.

1. Simmetriya operatsiyasi deb nimaga aytiladi.
 - A. Molekulaning og'irlik markazidan tekislik o'tkazishga
 - V. Molekuladagi atomlarning o'rnini o'zaro almashtirish.
 - *S. Aytilgan operatsiyani bajarganda molekulaning yangi konfiguratsiyasi eskisidan farq qilmasayu
 - D. Molekula tebranganda uning simmetriyasi o'zgarmasa.
2. Optik aktivlik deb nimaga aytiladi.
 - A. Molekulaning yorug'lik kuchli yutishga.
 - V. Molekulaning yutgan energiyasini qaytadan kuchli nurlatishga.
 - S. Yorug'lik yutganda molekulaning kuchli tebranma xolatga kelishiga.
 - *D. Molekulaning yorug'lik qutiblanish tekisligini burishiga.
3. Yorug'likning muhitdagi tezligi qaysi javobda keltirilgan.
 - A. $v = n^2 c$
 - V. $v = n / c$
 - *S. $v = c / n$
 - D. $v = nc$

4. TSirkulyar qutublangan yorug`lik deb nimaga aytiladi.

A. Elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ berilgan tekislikda o`zgaradi.

V. Elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ bir-biriga perpendikular tekisliklarda yotgan to`lqinga.

S. Elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ istalgan tekislikda tebranuvchi to`lqinga.

*D. Elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ aylana bo`ylab aylanuvchi to`lqinga.

5. Kutblanish tekisligining burilish burchagi α qaysi javobda to`g`ri keltirilgan.

*A. $\alpha = \frac{[\alpha]lc}{100}$

V. $\alpha = \frac{[\alpha]l}{100c}$

S. $\alpha = \frac{[\alpha]}{lc100}$

D. $\alpha = \frac{[\alpha]c}{100l}$

6. Optik burilish dispertsiyasi (OBD) deb nimaga aytiladi.

A. Optik aktiv muxitning yorug`lik yutishiga.

*V. Burilish burchagi α ning to`lqin uzunligi  $\lambda$  ga bog`liq bo`lishiga.

S. Yorug`likning polyarizatoridan o`tishiga.

D. Sindirish ko`rsatgichi  $n$  ning  $\lambda$  ga bog`liq bo`lishiga.

7. Aylanma dixroizm deb nimaga aytiladi.

*A. TSirkulyar qutublangan yorug`likning ekstinititsiyalari E_L va E_R larning bir – biridan farq qilishiga.

V. TSirkulyar qutublangan yorug`likning muhitda yutilishi.

S. TSirkulyar qutublangan yorug`likning muhit ichida ikkilanib sinishiga.

D. TSirkulyar qutublangan yorug`lik tezligining  $\lambda$  ga bog`liq bo`lishiga.

Mavzu bo`yicha nazorat savollar.

1. Molekulaning simmetriyasi deganda nimani tushinasiz?
2. Qanday simmetriya turlari bor?
3. Nur qutblanishining fizik ma`nosi?
4. TSirkulyar qutblangan yorug`lik nima?
5. Optik burilish nima?
6. Solishtirma burilish nima?
7. Optik burilish dispersiyasini tushuntiring.
8. Aylanma dixroizm nima?
9. Kotton effekti qanday jarayon?
10. Saxarimetriya nima?

MA'RUZA 10

YOrug`likning molekular va kombinatsion sochilishi. Makromolekulalarning molekular massasini topish va molekular tuzilishini o`rganish

Ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasining modeli

O`quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni
O`quv mashg`ulotining tuzilishi Ma'ruza rejasi	1. YOrug`likning toza suyuqliklarda sochilishii 2. YOrug`likning polimerlar eritmasida sochilish 3. Kombinatsion sochilishi(KS.) 4. KS ning eksperimental sxemasi.
O`quv mashg`ulotining maqsadi : Talabalarda YOrug`likning molekular va kombinatsion sochilishi. Makromolekulalarning molekular massasini topish va molekular tuzilishini o`rganish xususida tushuncha hosil qilish.	
Pedagogik vazifalar: Yangi mavzu bilan tanishtirish, mavzuga oid ilmiy atamalarni ochib berish, asosiy maslalar bo'yicha tushunchalarni shakllantirish.	O`quv faoliyatining natijalari: Talabalarda , YOrug`likning molekular va kombinatsion sochilishi to`g`risida asosiy ma'lumotlarni kospektlashtiradilar.
Ta'lim usullari:	BBB, "Klaster", ma'ruza
O`quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Ommaviy
Ta'lim vositalari	Slaydlar, ko'rgazmali rasm, jadval
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol, javob

O`quv mashg`ulotining texnologik haritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabaning
1 bosqich 1.1 O`quv to`ldirish va talabalar davomatini tekshirish (5 min). 1.2 O`quv mashg'ulotiga kirish (10min)	1.1 YOrug`likning toza suyuqliklarda sochilishii haqida ma'lumotlar beriladi. Adabiyotlar tahlili, baholash mezonini va vaqti e'lon qilinadi. O`quv mashg'ulotiga kirish davomida dastlab talabalarga BBB jadvali taklif etiladi va uning Bilaman,bildim, Bilishni xoxlayman grafalari to`ldiriladi. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi.	Tinglashadi. Aniqlashtiradilar, savollar beradilar. YOrug`likning toza suyuqliklarda sochilishii bo'yicha dastlabki tushunchalarini ifodalovchi ma'lumotlarni BBB jadvaliga tushiradilar
2 bosqich Asosiy 50 min	2.1. Jadvalning ikkita grafasi to`ldirilganidan so`ng ma'ruza boshlanadi. YOrug`likning polimerlar eritmasida sochilish muzmuni tavsiflanadi. 2.2. Kombinatsion sochilishi(KS.) va uning eksperimental sxemasi to`g`risida asosiy tushunchalari tavsiflanadi.	Konspekt yozishadi, tinglashadi, noorganik moddalar fizik-kimyosi tarmoqlari rejasi bo'yicha doskada klaster tuzishadi. Mavzu bo'yicha savollar beradilar.

3 bosqich. Yakuniy natijalar 15 min.	3.1 Mavzu bo'yicha xulosa qilish. O'tilgan mavzu bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar. 3.2 Talabalarga BBB jadvalini bilib oldim grafasini to'ldirish taklif etiladi, va o'quv mashg'ulotning maqsadiga erishish darajasi tahlil qilinadi 3.3 Mavzu yuzasidan o'quv vazifasi beriladi. Amaliy mashg'ulotga tayyorlanish.	O'rganilgan mavzu bo'yicha olgan ma'lumotlarni BBB jadvalini yakuniy grafasiga tushiradilar.
--	--	--

1. YOrug'likning toza suyuqliklarda sochilishii

Toza suyuqliklarda nur sochilishning fizikaviy sabablarini birinchi marta Smoluxovski o'rgandi. Nurning sochilish sabablarini u zichlikning fluktuatsiyasiga olib keladigan muhit molekulari issiqlik harakatining statistik tabiati bilan bog'ladi. Zichlik fluktuatsiyasi $\Delta\rho$, o'z navbatida, sindirish ko'rsatkichining fluktuatsiyasi Δn ga yoki dielektrik singdiruvchanlikning fluktuatsiyasi $\Delta\varepsilon$ ga olib keladi ($\varepsilon \equiv n^2$), Δn ham, $\Delta\varepsilon$ ham birjinslilikning buzilishidir. 1910 yilda A. Eynshteyn $\Delta\varepsilon$ fluktuatsiyalari sababli hosil bo'luvchi sochilgan nurning intensivligi formulasini chiqarib berdi:

$$I_{coy} = I_0 \frac{\pi^2}{2\lambda^4 L^2} V^* V (\Delta\varepsilon)^2 (1 + \cos^2\theta) \quad (10.1)$$

bu erda $V^* - \lambda$ dan kichik bo'lgan fluktuatsiya hajmi, lekin uning ichida hali anchagina molekula bor deb hisoblanadi, V - hajm tomonlari $\ell = (V)^{\frac{1}{3}} \gg \lambda$ bo'lgan nur sochayotgan hajm. V^* hajmdagi qo'shimcha polyarizatsiya teng:

$$\Delta P' = \frac{\Delta\varepsilon V^*}{4\pi} E \quad (10.2)$$

Molekular sochilishda optik nobirjinslilikning o'lchovi bo'lib $(\Delta\varepsilon)^2$ xizmat qiladi. Agar $\Delta\varepsilon$ ni faqat ikkita termodinamik parametrlarning funktsiyasi deb hisoblasak (ρ va T yoki R va S), yozish mumkin:

$$\Delta\varepsilon = \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial P}\right)_S \Delta P + \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial S}\right)_P \Delta S; \quad \overline{(\Delta\varepsilon)^2} = \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial P}\right)_S^2 \overline{\Delta P^2} + \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial S}\right)_P^2 \overline{\Delta S^2}$$

bu erda ΔP va ΔS lar bosim va entropiyaning fluktuatsion o'zgarishlari. ΔP va ΔS lar statistik nuqtai nazardan bir – birlari bilan bog'liq emas, shuning uchun $\overline{\Delta P \cdot \Delta S} = 0$. Fluktuatsiyalar nazariyasi $\overline{\Delta P^2}$ va $\overline{\Delta S^2}$ larni jismning termodinamik parametrlari orqali ifodalaydi. Natijada I_{coy} quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I_{cov} = I_0 \frac{\pi^2 V}{2\lambda^4 L^2} \left\{ \left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)^2 \beta_S kT + \left(\frac{1}{\sigma} \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_P \frac{\sigma^2 kT^2}{C_P \rho} \right\} (1 + \cos^2 \theta) \quad (10.3)$$

bu erda ρ - muhit zichligi (g/sm^3), T – absolyut temperatura, β_S - adiabatik siqiluvchanlik, σ - issiqlikdan kengayish koeffitsienti, c_P - o'zgarmas bosimdagi 1 g jismning issiqlik sig'imi, V - sochuvchi hajm. Formuladagi $\left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_S^2$ zichlik fluktuatsiyasi ta'sirida sochilgan yorug'lik intensivligini belgilaydi, bunga $\left(\frac{1}{\sigma} \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_P$ ifoda ham o'z xissasini qo'shadi, u temperaturaning izobarik fluktuatsiyasi tufayli paydo bo'ladi. Tahminiy hisob bo'yicha

$$\left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_S^2 \approx \left(\frac{1}{\sigma} \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)^2 \approx \left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T^2$$

$\beta_T = \beta_S + \frac{T\sigma^2}{\rho C_P}$ bo'lgani uchun (10.3) formulani quyidagi ko'rinishda qaytadan yozish mumkin:

$$I_{cov} = I_0 \frac{\pi^2}{2\lambda^4} \frac{V}{L^2} \left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T^2 \beta_T kT (1 + \cos^2 \theta) \quad (10.4)$$

Bu formula Eynshteyn formulasi deb ataladi. Agar sochilish erigan modda kontsentratsiyasining fluktuatsiyasi natijasida yuz berayotgan bo'lsa, u holda $\varepsilon = \varepsilon(c)$ bo'ladi va:

$$\Delta \varepsilon = \left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial c} \right)_{P,S} \cdot \Delta c; \quad \overline{(\Delta \varepsilon)^2} = \left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial c} \right)_{P,S}^2 \cdot \overline{\Delta c^2}$$

Bu hol uchun sochilgan yorug'lik intensivligi teng:

$$I_{cov} = I_0 \frac{\pi^2}{2\lambda^4} \frac{V}{L^2} \left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial c} \right)_{P,S} \frac{cM}{N_A} (1 + \cos^2 \theta) \quad (10.5)$$

bu erda M – erigan moddaning molekular massasi, N_A - Avogadro soni.

Oxirgi formula erigan moddaning kichik kontsentratsiyasi uchun chiqarilgan edi va u o'zida ko'p informatsiyani mujassamlashtirgan. U polimerlar eritmasida nurning sochilish fizikasini o'rganishning birinchi sahifasini ochdi.

2. YOrug'likning polimerlar eritmasida sochilish

YUqorida aytilganidek, oddiy suyuqliklardagi nurning sochilishi ular zichligining fluktuatsiyasi bilan bog'langan.

Agar shunday toza suyuqlikda biror bir polimer eritilsa, hosil bo'lgan eritmada endi sochilish polimer molekularlari kontsentratsiyalarining fluktuatsiyalarida yuz beradi. Bu sochilish qo'shimcha sochilish deb ataladi va u eritma sochilishi intensivligidan toza erituvchining sochilish intensivligini ayirib tashlanganligiga teng.

Birinchi navbatda nisbatan kichik $\left(d \leq \frac{\lambda}{20}\right)$ molekulalarda yuz beruvchi qo'shimcha sochilish intensivligini hisoblab chiqamiz.

Faraz qilaylikki eritmada quyidagi to'lqin tarqayotgan bo'lsin:

$$E = E_0 \cos(\omega t - kx) \quad (10.5)$$

Molekulalar kichik hisoblanganligi uchun (10.6) maydon ta'sirida ulardagi zaryadlar bir molekulaning hamma nuqtalarida birxil fazada siljiydilar, shuning uchun nurni sochib yuborayotgan molekulani nuqtaviy dipol deb qarash mumkin.

(10.6) maydon ta'sirida molekulada quyidagi dipol momenti paydo bo'ladi:

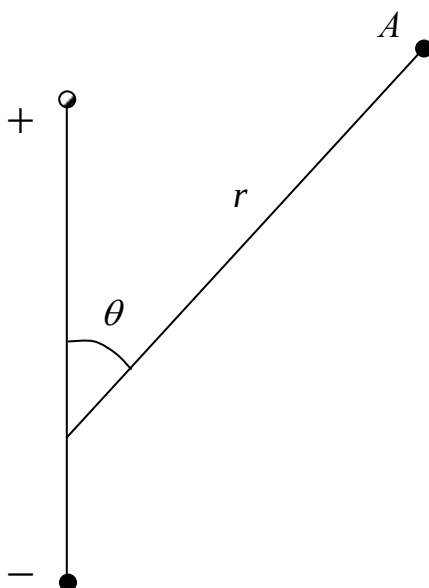
$$P = \alpha E = \alpha E_0 \cos(\omega t - kx) \quad (10.6)$$

bu erda α - molekulaning qutblanuvchanlik koeffitsienti.

Bu dipol momenti ikkilamchi elektromagnit to'lqinlarning manbasiga aylanadi. Dipoldan r masofada turgan A nuqtada (rasm 10.1 ga qarang) ikkilamchi to'lqinning maydon kuchlanganligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\varepsilon = \frac{\sin \theta}{c^2 r} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (10.8)$$

Bu erda θ - dipol o'qi bilan A nuqtaga bo'lgan yo'nalish o'rtasidagi burchak, s - nur tezligi.



Rasm 10.1.

Sochilish nurining A nuqtadagi intensivligi Poynting vektoriga teng:

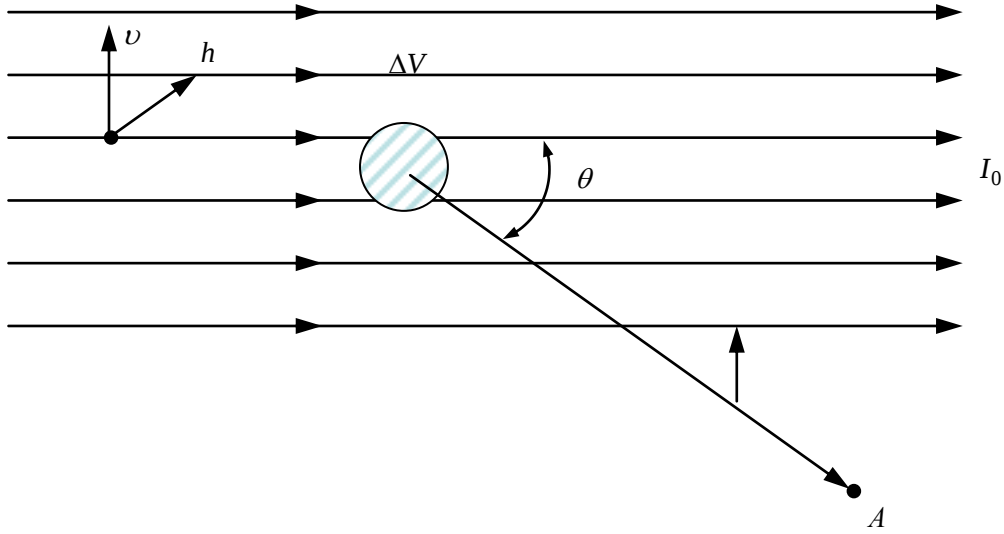
$$I_{\text{coy}} = \frac{c}{4\pi} \sqrt{\varepsilon} (E_o)^2$$

ε - eritmaning dielektrik singdiruvchanligi. (10.7) va (10.8) munosabatlardan foydalanib I_{coy} ni qayta yozamiz:

$$I_{\text{coy}} = \frac{4\pi c \sqrt{\varepsilon}}{\lambda_0^4 r^2} \alpha^2 E_0^2 \sin^2 \theta \quad (10.9)$$

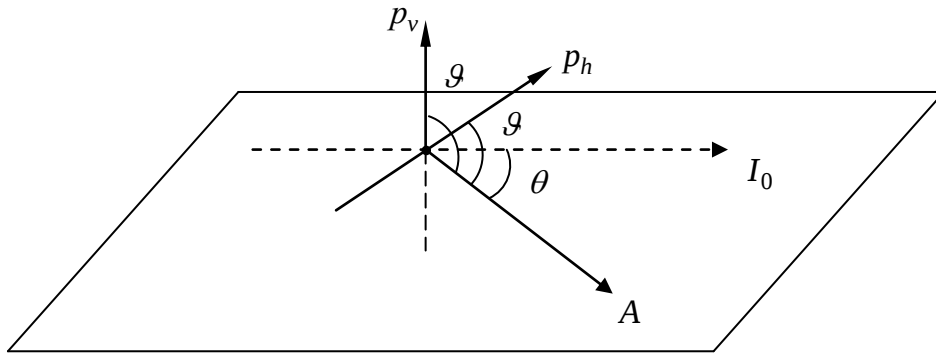
Hosil qilingan ifodani amalda qo'llash uchun qulay shaklga keltirish mumkin. Faraz qilamiz, eritmaga tabiiy (qutiblanmagan) nur tushayotgan bo'lsin va bu nur

bilan sochilgan nur gorizontaal tekislikda yotgan bo'lsin (rasm 10.2 ga qarang). SHunda molekula tushayotgan yorug'likning ham vertikal, ham gorizontaal tashkil etuvchisi ta'sirida qutiblanadi.



Rasm 10.2.

Tushayotgan va sochilgan nur o'rtasidagi burchakni θ bilan belgilaymiz. Tushayotgan nurning vertikal tashkil etuvchisi ta'sirida sochilgan nurda istalgan θ uchun $\sin \vartheta = 1$ (rasm 10.3 ga qarang). Gorizontaal tashkil etuvchisi E_h ta'sirida P_h dipol momenti hosil bo'ladi.



Rasm 10.3.

Rasm 10.3 dan ko'rinib turibdiki, $\vartheta = 90^\circ + \theta$ va shuning uchun $\sin \vartheta = \cos \theta$. SHunday qilib sochilgan nur intensivligi uchun E_v quyidagi formulaga keltiradi:

$$I^v = \frac{4\pi^3 c \sqrt{\epsilon}}{\lambda_0^4 r^2} \alpha^2 E_0^2 \quad (10.10)$$

va gorizontaal tashkil etuvchisi E_h esa sochilgan nur intensivligining quyidagi ko'rinishiga olib keladi:

$$I^h = \frac{4\pi^3 c \sqrt{\epsilon}}{\lambda_0^4 r^2} \alpha^2 E_0^2 \cos^2 \theta \quad (10.11)$$

Endi qutblanmagan tushayotgan nur uchun sochilgan nur intensivligi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I_u = I^h + I^v = \frac{4\pi^3 c \sqrt{\varepsilon}}{\lambda_0^4 r^2} \alpha^2 E_0^2 (1 + \cos^2 \theta) \quad (10.12)$$

indeks u tushayotgan yorug'likning qutblanmaganligini bildiradi. Agar hajm birligidagi molekulalar sonini N_0 desak, u holda mustaqil ravishda nur sochayotgan $N_0 \Delta V$ ta molekuladan sochilayotgan yorug'lik intensivligi quyidagicha ifodalanadi:

$$I_u = \frac{16\pi^4}{\lambda_0^4 r^2} \alpha^2 N_0 \Delta V I_0 \frac{1 + \cos^2 \theta}{2} \quad (10.13)$$

bu erda har biri v yoki h komponentaning $\frac{1}{2} I_0$ intensivligi I_0 bilan quyidagicha bog'langan:

$$\frac{1}{2} I_0 = \frac{c}{4\pi} \sqrt{\varepsilon} E_0^2 \quad \text{va bu erdan} \quad E_0^2 = \frac{2\pi I_0}{c \sqrt{\varepsilon}}$$

Odatda I_u o'rniga I_θ degan keltirilgan intensivlik bilan ish ko'riladi, u I_0 , ΔV va r ga bog'liq emas:

$$I_\theta = \frac{I_u r^2}{I_0 \Delta V} = \frac{16\pi^4}{\lambda_0^4} \alpha^2 N_0 \frac{1 + \cos^2 \theta}{2} \quad (10.14)$$

Bu I_θ ifoda sochilish koeffitsienti yoki Reley doimiysi deb ataladi. Umumiy hol uchun $\frac{1 + \cos^2 \theta}{2}$ ni $P(\theta)$ deb belgilaymiz. U holda:

$$I_\theta = \frac{16\pi^4}{\lambda_0^4} \alpha^2 N_0 P(\theta)$$

Sochilishning burchak faktori $P(\theta)$ tushayotgan va sochilgan yorug'likning polarizatsiyasiga, molekulalarning razmeri, shakli va anizotropiyasiga bog'liqdir.

Qutblanmagan (tabiiy) nur uchun (molekulalar razmeri $\ll \lambda$), $P(0^\circ) = 1$

$P(90^\circ) = \frac{1}{2}$ ga teng, vertikal kutblangan tushayotgan nur uchun esa $P(\theta) = 1$.

ε_0 - erituvchining dielektrik doimiysi. $P = \frac{\varepsilon - 1}{4\pi} E$ - polarizatsiya vektori, u holda

$$\Delta V \frac{\varepsilon - 1}{4\pi} E = \Omega \left(\frac{\varepsilon_0 - 1}{4\pi} E + N_0 P \right)$$

bu erda $\frac{\varepsilon_0 - 1}{4\pi} E$ - eritmaning polarizatsiya vektori, P - molekulaning dipol momenti va u teng αE ga. Natijada hosil qilamiz:

$$\varepsilon - \varepsilon_0 = 4\pi N_0 \alpha \quad (10.15)$$

n va n_0 lar eritma va erituvchining sindirish ko'rsatkichlari va yutish polosasidan uzoqda $\varepsilon = n^2$ va $\varepsilon_0 = n_0^2$, shuning uchun kichik konsentratsiyalarda $n + n_0 \approx 2n_0$ va (10.15) ifoda quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$4\pi N_0 \alpha = n^2 - n_0^2 = 2n_0(n - n_0) \quad (10.16)$$

N_0 , c , molekular massa M va Avogadro soni N_A quyidagicha bog'lanishgan:

$$N_0 = \frac{cN_A}{M} \quad (10.17)$$

Oxirgi ikki (10.16) va (10.17) tenglikdan quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$\alpha = \frac{n_0 M}{2\pi N_A} \frac{n - n_0}{c} = \frac{n_0 M}{2\pi N_A} \frac{dn}{dc} \quad (10.18)$$

bu erda $\frac{dn_0}{dc} = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{n - n_0}{c}$ va bu ifoda eritmaning sindirish ko'rsatkichi inkrementi deb ataladi.

Ana endi ohirgi ikki ifodani I_θ ning ifodasiga qo'ysak hosil bo'ladi:

$$I_\theta = \frac{4\pi^2 n_0^2}{\lambda_0^4 N_A} \left(\frac{dn}{dc} \right)^2 c MP(\theta) \equiv c HMP(\theta) \quad (10.19)$$

bu erda $H = \frac{4\pi^2 n_0^2}{\lambda_0^4 N_A} \left(\frac{dn}{dc} \right)^2$ - eritmaning optik doimiysi.

λ ga nisbatan kichik bo'lgan va o'zaro ta'sirlashmaydigan molekulalar uchun oxirgi ifoda molekulalarning bitta konsentratsiyasida molekular massasi M ni topishga imkon beradi (bunda faqat $\theta = 90^\circ$ burchak ostida I_{90° bir marta o'lchanadi):

$$M = \left(\frac{cH}{2I_{90^\circ}} \right)^{-1} - \text{qutblanmagan nur uchun.}$$

H ning qiymati refraktometrda n_0 va $\frac{dn}{dc}$ larni o'lchab topiladi.

Lekin amalda ko'pincha molekulalararo o'zaro ta'sirning I_θ ga bo'lgan ta'sirini hisobga olmaslikning iloji yo'q. SHuning uchun A. Eynshteyn o'zaro ta'sirlashadigan molekulalar eritmasi uchun I_θ uchun yangi ifodani keltirib chiqardi. Bunda u sochilish eritmaning dielektrik doimiysi ε ning fluktuatsiyalarida yuz beradi, bu fluktuatsiyalar elementar δV hajmdagi molekulalar soni fluktuatsiyalari ΔN bilan bog'liq deb hisoblanadi. Aytilganlarni hisobga olib A.Eynshteyn I_{90° uchun quyidagi ifodani topdi:

$$I_{90^\circ} = \frac{2\pi^2 n^2 \left(\frac{dn}{dc} \right)^2 \cdot c}{\lambda_0^4 N_A \left(\frac{1}{M} + 2A_2 c + 3A_3 c^2 + \dots \right)} \quad (10.20)$$

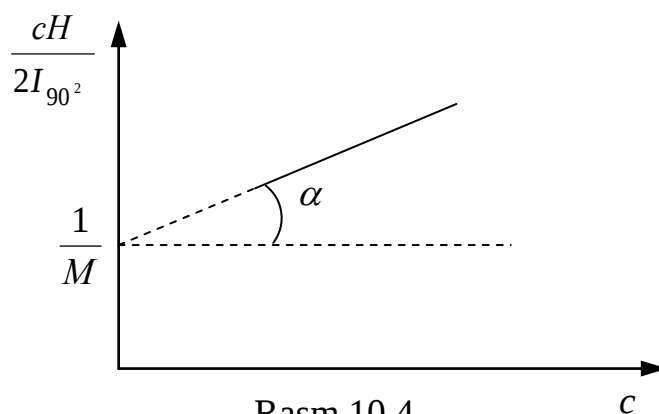
bu ifodadan topamiz:

$$\left(\frac{cH}{2I_{90^0}} \right) = \frac{1}{M} + 2A_2c + 3A_3c^2 + \dots \quad (10.21)$$

$A_2, A_3 \dots$ nomli virial koeffitsientlar molekulalarning o'zaro ta'sirini hisobga oladi, ular ideal eritmada (bunday eritmada molekulalararo ta'sirlar kompensatsiya qilingan bo'ladi) nolga aylanadilar. (10.21) ifodadan ko'rinib turibdiki M ni faqat bitta kontsentratsiyada I_{90^0} ni o'lchab topish mumkin emas. Buning uchun I_{90^0} bir nechta kontsentratsiya qiymatlarida o'lchanadi va keyin kontsentratsiyaning $C=0$ qiymatiga ekstrapolyatsiya qilinadi. Bunday ekstrapolyatsiyada (10.21) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$M = \left(\frac{cH}{2I_{90^0}} \right)^{-1} \quad (10.22)$$

Bu ekstrapolyatsiya grafikda quyidagi yo'l bilan amalga oshiriladi: $\frac{cH}{2I_{90^0}}$ ning kontsentratsiya s ga bog'liqlik grafigi tuziladi (bu kontsentratsiyalarda grafik to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'lishi kerak). Bu grafik vertikal o'qni $\frac{1}{M}$ qiymatda kesib o'tadi. (rasm 10.4). α burchakning tangensi A_2 ni topishga imkon beradi: $tg \alpha = 2A_2$



Rasm 10.4.

3. Nurning kombinatsion sochilishi

Nurning sochilishini ham nazariy, ham amaliy tekshirilganda tushayotgan va sochilgan nurlarning chastotasini birxil, deb hisoblab keldik. Lekin shu sohada ishlagan olimlar XX asrning birinchi yarmida ($25 \div 30$ yillarda) muhitda sochilgan nurning spektri ma'lum sabablarga ko'ra albatta o'zgarishi kerak, degan qarorga kelishdi.

Olimlarning bu qarorini tushinish uchun oldin radiotexnikada odatiy hol bo'lgan bir masalani ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, bir radiostantsiya antenasi atrofga λ_0 to'lqin uzunligida (yoki ω_0 chastotada) bir garmonik elektromagnit to'lqinini tarqatayotgan bo'lsin. Bu to'lqinning tenglamasi quyidagicha:

$$E = E_0 \cos(\omega_0 t - kx) \quad (10.23)$$

bu erda $k = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ - to'lqin soni, E_0 - to'lqin amplitudasi. To'lqinda E_0 va ω_0

o'zgarmas (const) ekan, to'lqin (10.23) o'zi bilan hech qanday informatsiya tashimaydi. Biror bir signalni (yoki informatsiyani) biror bir masofaga jo'natish uchun bu to'lqinni ma'lum chastota Ω bilan modulyatsiya qilish kerak, boshqacha aytganda to'lqin amplitudasini Ω chastota bilan o'zgartirish kerak (Ω chastota biror bir muzika instrumentining, masalan g'ijakning, ovozigaga tegishli bo'lishi mumkin). Faraz qilamiz, E_0 ning o'zgarishi quyidagi qonun bo'yicha yuz beradi:

$$E_0(t) = A(1 + \cos \Omega t) \quad (10.24)$$

(7.2) ifodani (7.1) ga qo'yamiz:

$$E = E_0 \cos(\omega_0 t - kx) = A(1 + \cos \Omega t) \cos(\omega_0 t - kx) = A \cos(\omega_0 t - kx) + A \cos \Omega t \cdot \cos(\omega_0 t - kx)$$

Trigonometriyadan ma'lumki:

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$$

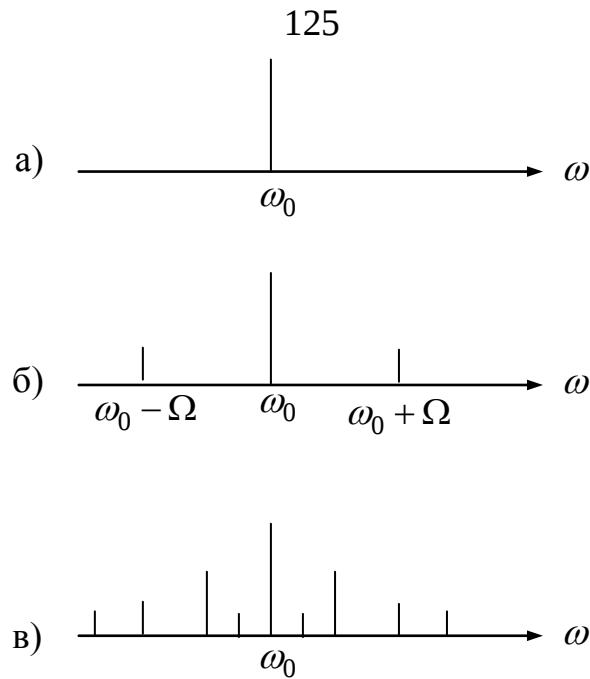
Ana shu formuladan foydalanamiz:

$$A \cos \Omega t \cdot \cos(\omega_0 t - kx) = \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t - kx] + \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - kx]$$

Natijada hosil qilamiz:

$$E = A \cos(\omega_0 t - kx) + \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t - kx] + \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - kx] \quad (10.25)$$

Demak, modulyatsiya qilingan to'lqin uchta tashkil etuvchisiga ega bo'lib qoladi: bittasi ω_0 chastotali tashuvchi to'lqin, ikkitasi $\omega_0 - \Omega$ va $\omega_0 + \Omega$ chastotali yon to'lqinlar. Buni fizikada spektrning «boyishi» deb ataladi. Aytilganlarni chastotalar o'qida to'lqinning spektrini chizib yaxshiroq tushinish mumkin. Gorizontaal o'qda chastotalarni belgilaymiz, vertikal o'qda esa to'lqinlarning intensivligini (rasm 10.5) Demak, agar ω_0 chastotali to'lqinni Ω chastota bilan modulyatsiya qilinsa, hosil bo'lgan spektrda 3 ta chastota bo'lar ekan. Agar modulyatsiya birqancha chastotalar bilan bajarilsa ($\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \dots$), u holda harbir Ω_i ga o'zining juft yon to'lqinlari (chastotalari) $\omega_0 \pm \Omega_i$ to'g'ri keladi.



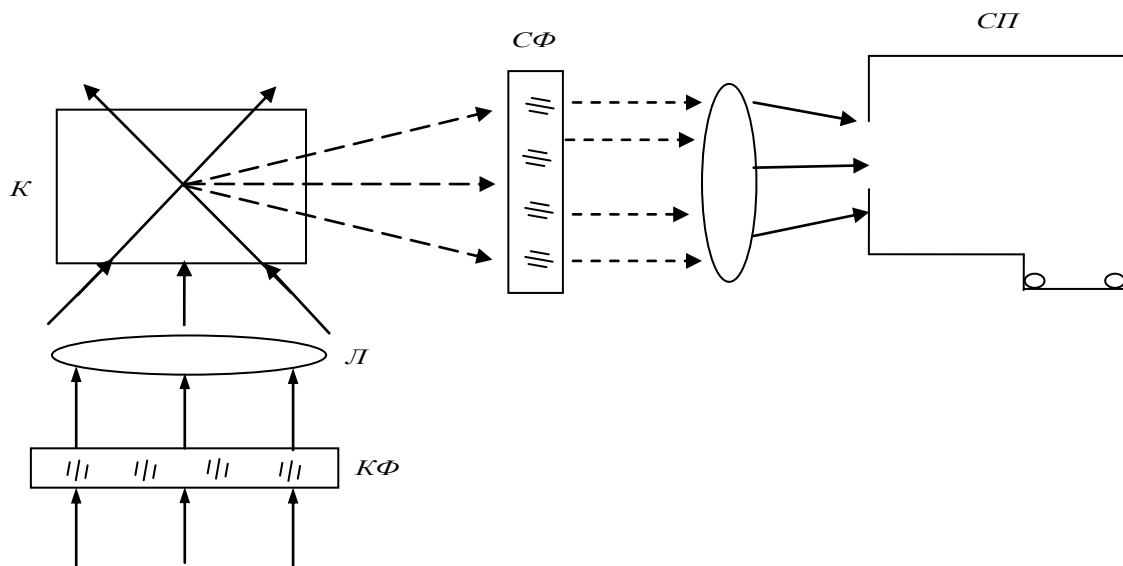
Rasm 10.5.

a - ω_0 chastotali tashuvchi to`lqin spektri,

b - Ω chastota bilan modulyatsiya qilingan ω_0 chastotali to`lqin spektri,

в – harxil chastotalarga ega to`lqinlar bilan modulyatsiya qilingan  $\omega_0$  chastotali to`lqin spektri.

Ana endi ω_0 chastotali nur qandaydir shaffof muhit orqali o`tyapti deylik. Bu nur ham o`z navbatida modulyatsiya qilinib qoladi, chunki muhit zarrachalari tinimsiz tebranib turadilar, masalan molekulalarni tashkil etuvchi atomlar bir – biriga nisbatan tinimsiz tebranib turadilar.



Rasm 10.6. Raman ustanovkasi.

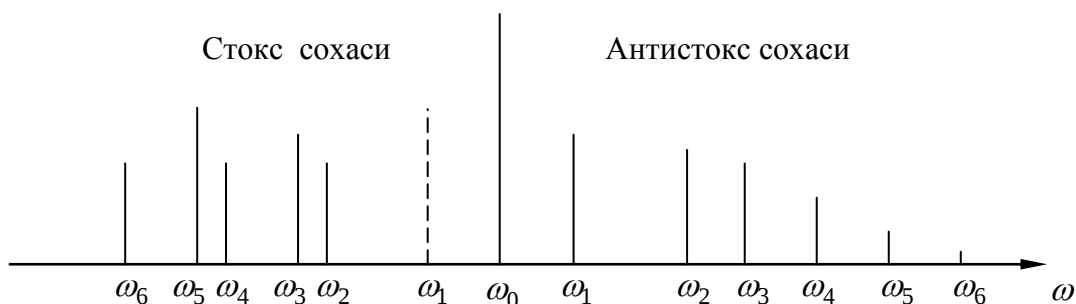
K – nur sochadigan suyuqlik solingan kyuveta.

L – linza. KF – ko`k filtr. SF – yashil filtr SP – spektrograf.

Mashhur hind olimi Raman shunday muhitga ω_0 chastotali nur tushsa, uning chastotasi, xuddi Kompton effektiga o'xshab, sochilgan nurda kamayib qolishi kerak, deb hisobladi. U rasm 10.6 da ko'rsatilgan sxemani yig'di.

Quyosh nuridan ko'k soxali nur KF filtr yordamida ajratib olinib, L linza yordamida benzol solingan kyuveta K ga fokuslandi, 90° burchak ostida sochilgan nur kuzatildi va u L linza yordamida yig'ilib spektrograf SP ga berildi. Bu tajribada Raman sochilgan nurning chastotasi $\omega_0 \pm \Omega$ bo'lib qolganligini topdi va shu haqida u Angliyada chiqadigan «Nature» jurnalida qasqacha axborot e'lon qildi (1928 yil). SHuning uchun kombinatsion sochilish ko'pincha Raman – effekt deb shu hodisani kashf qilgan olim nomi bilan ataladi. Ramanga o'z kashfiyoti uchun 1930 yilda Nobel mukofoti berildi.

Kombinatsion sochilishning klassik nazariyasi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kombinatsion sochilish (KS) spektrida chastotaning surilishi $\omega_0 \rightarrow \omega_0 \pm \Omega$ istalgan tushuvchi (qo'zg'otuvchi) chastota uchun birxil ekan. Harbir qo'zg'otuvchi chastota berilgan moddaga xos bo'lgan chastotalar bilan kombinatsiya qilar ekan va bu kombinatsion chastotalar (satellitlar) qo'zg'otuvchi chastotaga nisbatan simmetrik joylashadi (rasm 10.7 ga qarang).



Rasm 10.7.

«Qizil» tarafga ($\omega_i < \omega_0$) surilgan satellitlarning intensivligi «binafsha» tarafga ($\omega_i > \omega_0$) surilgan satellitlar intensivligidan ancha katta. «Binafsha» satellitlar ω_0 dan uzoqlashgan sari ularning intensivligi ham kamayib boradi, ba'zilar esa sezilmay ham qolishi mumkin.

«Qizil» satellitlar stoks tashkil etuvchilari, «binafsha» satellitlar antistoks tashkil etuvchilar deb ataladi.

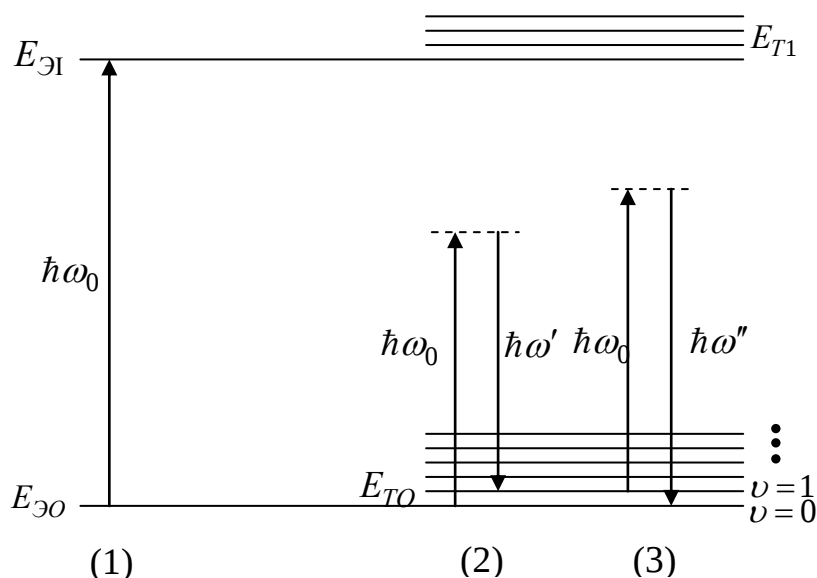
Kombinatsion sochilishning kvant tabiati. YUqorida aytib o'tganimizdek, molekulalar ma'lum diskret energetik holatlarda bo'lishi mumkin. Uning energiyasi uch qismdan iborat: elektron orbitaldagi (bulutdagi) energiya $E_\odot$, tebranish energiyasi E_T va aylanish energiyasi E_A . Boshqacha aytganda:

$$E = E_\odot + E_T + E_A$$

Odatda $E_\odot \gg E_T \gg E_A$. Agar molekulaga yorug'lik ta'sir ettirilsa, u holda molekula bir holatdan ikkinchi holatga o'tadi. Agar tushayotgan yorug'lik kvantining energiyasi $\hbar\omega$ etarli darajada katta bo'lsa (masalan, optik va ultrafiolet diapazonida bo'lsa), molekula bu kvantni yutib qo'zg'algan elektron holatga o'tishi mumkin. Agar molekula infraqizil diapazondagi kvantni yutsa, bu kvantning energiyasi

molekulani endi faqat tebranishini kuchaytirishi mumkin, elektron holatini qo'zg'ata olmaydi. Demak, bunda molekula qo'zg'algan tebranish holatga o'tishi mumkin.

Aytilganlarni energetik holatlar sxemada tahlil qilamiz (rasm 10.8).



Rasm 10.8. YUtilish va kombinatsion sochilishlardagi elektron o'tishlar.

Rasm 10.8 da belgilar quyidagi ma'noni bildiradi:

E_{E0} - elektronning qo'zg'alman holatdagi energiyasi.

E_{E1} - elektronning qo'zg'algan holatdagi elektron energiyasi.

E_{T0} - elektronning qo'zg'alman holatdagi tebranish energiyasi.

ν - tebranish kvant soni.

E_{T1} - elektronning qo'zg'algan holatdagi tebranish energiyasi.

Sxemada tushayotgan kvant energiyasi $h\omega_0$ ga teng. Agar $h\omega_0 = E_{E1} - E_{E0}$ bo'lsa u holda molekula kvantni yutib E_{E0} holatdan E_{E1} holatga o'tadi, bu sxemada (1) strelka bilan tasvirlangan. Agar $h\omega_0 < E_{E1} - E_{E0}$ bo'lsa kvant yutilmaydi, u molekula bilan ta'sirlashib, uni yuqori holatga ko'taradi (bu holat shtrix – punktir bilan belgilangan, u virtual holat deb ataladi). Bu holatda molekulaning yashash vaqti juda kam (10^{-14} sek atrofida), shuning uchun u katta tezlik bilan pastki elektron holatga qaytib tushadi, lekin u bunda qo'zg'algan tebranish holatga kelib tushishi mumkin ($\nu = 1$). Bu o'tishlar (2) belgi bilan belgilangan. Pastki holatga tushayotgan molekula endi $h\omega' < h\omega_0$ kvantini nurlatadi. Agar biz tebranish chastotasini Ω bilan belgilasak, u holda quyidagi tenglama bajariladi:

$$h\omega_0 - h\omega' = h\Omega \quad (10.26)$$

Demak, agar $h\omega_0$ kvanti tushishdan avval molekula qo'zg'alman tebranma holatda turgan bo'lsa, $h\omega_0$ ta'sir ko'rsatgandan so'ng u qo'zg'algan tebranish holatida bo'lib qoladi, (10.26) formulada $h\Omega$ tebranish energiyasining kvantini bildiradi, $h\omega'$ esa kombinatsion sochilishning stoks komponentasi deb ataladi.

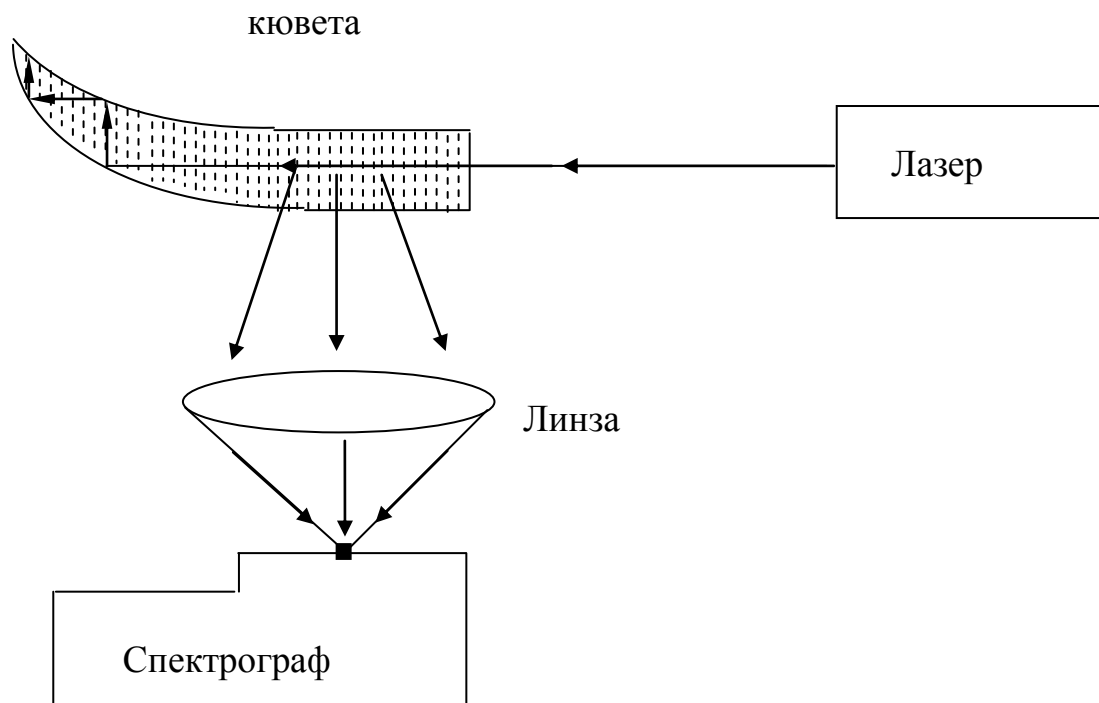
Ko'rayotgan jarayonimizda (3) variant ham bo'lishi mumkin. $\hbar\omega_0$ kvant ta'sir qilmasdan oldin molekula qo'zg'algan tebranish holatida turgan bo'lsa, ta'sir natijasida u virtual holatiga o'tadi va shu zahotiyoq pastki $E_{\text{ЭО}}$ elektron sathining qo'zg'alman tebranish holatiga ($\nu=0$) o'tishi mumkin. Bunda quyidagi tenglik bajarilishi kerak:

$$\hbar\omega' = \hbar\omega_0 + \hbar\Omega \quad (10.27)$$

(7.5) tenglikda kvant $\hbar\omega' > \hbar\omega_0$ bo'ladi va u kombinatsion sochilishning antistoks komponentasi deb ataladi, boshqacha aytganda sochilgan nur energiyasi ta'sir etgan kvant energiyasidan katta bo'ladi.

4. Kombinatsion sochilish spektrini registratsiya qilish texnikasi

KS spektrini olish texnikasi ancha oddiy (rasm 10.9)



Rasm 10.9.

Lekin amalda bunday spektrni olish ancha qiyinchilik tug'diradi. Buning asosiy sababi KS chiziqlari intensivligining juda kichikligidir. Eritmaga tushayotgan yorug'lik intensivligining $10^{-5} \div 10^{-6}$ qismigina sochilishga aylanadi, bunday ahvolda ba'zibir kuchsiz spektral chiziqlar umuman ko'rinmay qolishi mumkin. SHuning uchun birinchi navbatda yorug'lik manbasining quvvati katta bo'lish kerak. Ikkinchidan fotopriyomnik juda sezgir bo'lishi kerak (zamonaviy priborlarda odatda fotomnojitellar ishlatiladi). Eksperimentning yana bir murakkab joyi – bu KS spektrini o'rganishga halaqit beradigan harxil fonlardir. Bu fonlarni yorug'lik manbasining o'zi tug'diradi, undan tashqari atrofda boshqa manbalardan (quyosh nuri, lampochkalar...) ham yoyilgan yorug'liklar keladi. Ana shu fonlardan qutilish ham ancha muammoni yaratadi.

Mavzu bo'yicha foydalanilgan adabiyotlar.

- 60.T. Gilson, P. Xendra. «Lazernaya spektroskopiya KR v ximii». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1973 g.
- 61.G. Grey «Elektrony i ximicheskaya svyaz». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 62.I. I. Kondilenko, P.A. Korotkov «Vvedenie v atomnuyu spektroskopiya». Izdatelstvo «Vysshaya shkola», Kiev. 1976 g.
- 63.V.E. Eskin «Rasseyanie sveta rastvorami polimerov». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1973 g.
- 64.G. Eyring, Dj. Uolter «Kvantovaya ximiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1978 g.
- 65.M.A. Elyashevich «Atomnaya i molekularnaya spektroskopiya». Moskva. Fizmatiz, 1962 g.
- 66.A.L. Bukachenko, A.M. Vasserman «Stabilnye radikaly». Moskva. Ximiya 1973 g.
- 67.T.I. Lixstenshteyn «Metod spinovyx metok v molekularnoy biologii». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1974 g.
- 68.G. CHang «Fizicheskaya ximiya s prilozheniyami v biologiya». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1980 g.
- 69.YA. Rabek «Eksperimentalnye metody v ximii polimerov». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1983 g.
- 70.M.L. Sumineskiy «Kombinatsionnoe rasseyanie sveta i stroenie veshchestva». Izdatelstvo «Nauka», Moskva. 1981 g.
- 71.L. Vellyuz, M. Legran, M. Grojan «Opticheskiy krugovoy dixroizm». Izdatelstvo «Mir», Moskva. 1967 g.
- 72.L.P. Kazachenko «Molekularnaya spektroskopiya jidkostey». Izdatelstvo BGU (Minsk). 1978 g.
- 73.S.N. Andreev, M.F. Smirnova «Stroeniya elektronnykh obolochek atomov, teoriya ximicheskoy svyazi». Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1974 g.

Mavzu bo'yicha tayanch so'zlar.

Sochilish, flukuatsiya, Payting vektori, dielektrik sindiruvchanlik, indikatriza, burchak faktorii, optik doimiylik, sochilish koeffitsienti, inkrement, ekstropolyatsiya, stoks, antistoks.

Mavzu bo'yicha test savollar.

- 1.Toza muhitda nur sochilishining asosiy sababi nima.
 - A. Muhitda unsir (chetdan kirib qolgan) atomlar va chang-to'zonlar.
 - V. Molekulalarning issiqlik (xaotik) harakati.
 - *S. Muhit zichligining flukuatsiyasi.
 - D. Muhitning yorug'likka qisman yutishi.
2. Flukuaziya deb nimaga aytiladi.

- *A. Biror parametr o'rtacha qiymatining vaqt bo'yicha xaotik o'zgarib turishi.
 - V. Biror parametrning temperaturaga bog'liq bo'lishiga.
 - S. Biror parametrning tashqi ta'sir ostida o'zgarishi.
 - D. Biror parametrning vaqt bo'yicha o'zining maksimal qiymatiga intilishi.
3. Polimerlar eritmasida nur sochilishni $\frac{cH}{2I_{90}} = \frac{1}{m} + 2A_2c + \dots$ formulasi ifodalaydi.
- Bu formuladan foydalanib qanday molekular massani topsa bo'adi.
- *A. Eritma konsentratsiyasi $s \rightarrow 0$ bo'lganda grafik vertikal o'qni $\frac{1}{m}$ nuqtada kesib o'tadi, demak shu kesmaning qiymatlaridan M ni topiladi.
 - V. A_2 ni sprovichnikdan topib berilgan konsentratsiya s uchun formuladan M ni topsa bo'ladi.
 - S. Sochilish intensivligini bir nechta to'lqin uzunligida o'lchab.
 - D. Bu formuladan qo'shimcha ma'lumotsiz M ni aniqlab bo'lmaydi.
4. Nurning kombinatsion sochilish deb nimaga aytiladi.
- A. Sochilgan yorug'lik chastotasining tushayotan yorug'lik chastotasi ω_0 ga teng bo'lishiga.
 - V. Sochilgan yorug'lik spektrida ω_0 chastotadan tashqari gipertovushlar chastotasiga farq qiluvchi komponentlarning bo'lishiga.
 - *S. Sochilgan yorug'lik spektrida ω_0 dan tashqari $\omega_0 \pm \Omega_i$ chastotali komponentlarning bo'lishiga (Ω_i -molekulaning tebranma xarakat chastotalari).
 - D. Sochilgan yorug'lik spektrining uzluksiz spektrga aylanishiga.
5. Kombinatsion sochilish nima sababdan paydo bo'ladi.
- A. Molekulalarning xaotik xarakati sababli.
 - *V. Molekulaning tebranma harakati uni qutublanuvchanligini modulyatsiya qilganligi sababli.
 - S. Molekulaning tebranma harakat muhit konsentratsiyasini o'zgartirganligi sababli.
 - D. Molekulaning tebranma harakat xaotik harakatga ta'sir ko'rsatishi sababli.

Mavzu bo'yicha nazorat savollar.

1. Kombinatsion sochilish qanday yuz beradi?
2. Kombinatsion sochilish spektri qanday chiziqlardan iborat?
3. Kombinatsion sochilishni kvant mexanikasi qanday tushuntiradi?
4. Stoks va antistoks tushunchalarining ma'nosi nima?
5. Molekulalarning tebranish chastotalari soni qanday topiladi?
6. Mikromolekulalarning molekular massalari qanday topiladi
7. Ikkinchi virial koeffitsient A_2 qanday topiladi.