

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI
FIZIKA KAFEDRASI**

HUSENOVA OZODA ANVAR QIZINING

**“5140200 - Fizika” ta‘lim yo‘nalishi bo‘yicha
bakalavr darajasini olish uchun**

**MOLEKULALARARO O‘ZARO TA‘SIR KUCHLARINI
SUYUQLIKLARDA RAMAN EFFEKTI ORQALI O‘RGANISH**

mavzusida yozgan

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Ilmiy rahbar: prof. Sh.Juraev

“Himoyaga tavsiya etilsin”

Fizika-matematika fakulteti

dekani: _____ prof.A.Tashatov

“ ____ ” _____ 2015 yil

Qarshi – 2015 yil

MUNDARIJA

Kirish	3
I-Bob. Molekulalararo o'zaro ta'sir asoslari	
1.1. Suyuqliklarda Raman effekti	7
1.2. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari	16
1.3. Vodorod bog'lanishi va uni Raman effektida namoyon bo'lishi ...	25
II-Bob. Tajriba texnikasi va metodikasi	
2.1. DFS-52 spektrometrining tuzilishi va ishlash usuli	29
2.2. O'zgartirayotgan obyektlarni tajribaga tayyorlash usuli	33
2.3. Nazariy hisoblashlar tajriba natijalarining tahlili	36
Xulosa	40
Adabiyotlar	41

KIRISH

Zamonaviy spektroskopiya oldiga molekulararo o'zaro ta'sir va bu ta'sirning tabiati hamda fizik mexanizmlarni o'rganishdek dolzarb muammolar qo'yiladi. Bu muammolarni o'rganish uchun turli optik usullar qo'llaniladi. Bu optik usullar ichida eng samaralisi spektroskopik usuldir. Bularning orasida yorug'likning kombinatsion sochilish spektri o'zining antiqaligi bilan ajralib turadi.

Yorug'likning kombinatsion sochilishi bu moddadan yorug'lik sochilganda uyg'otuvchi chastotadan tashqari qo'shimcha chastotaning hosil bo'lishidir.

Har xil moddalar uchun kombinatsion sochilishi chizig'i molekulaning tuzilishiga bog'liq. Aralashma chizig'ining soni, holati va intensivligi sochuvchi moddaning xarakterli xossalarini aks ettiradi.

Mavzuning dolzarbligi: Hozirgi kunda molekulararo o'zaro ta'sir tabiati o'rganilganda molekulararo va molekular ichida bo'ladigan ta'sirlar ta'biatini bilish muhim o'rin tutadi. Bu molekulararo va molekular ichida bo'ladigan bog'lanishlarda yaxshi nomoyon bo'ladi. Shuning uchun ham xinolin misolida yorug'likning kombinatsion sochilish spektri yordamida o'rganilgan. Ayniqsa agregatsiyalar tuzilishi va agregatsiyalanish natijasidagi ichki molekulyar doimiylardagi o'zgarishlarni bilish fanda muhim o'rin tutadi. Bu tartibdagi nazariy va amaliy tadqiqotlar suyuqliklar strukturasi va tuzilishini izohlaydigan umumlashgan xulosaga kelishga yordam berishi mumkin.

Tadqiqot predmeti va obykti: Tadqiqot obykti sifatida xinolin (C_9H_7N) tanlangan. Uni 520 sm^{-1} spektr chizig'ini ekspremental o'rganish tadqiqot predmeti hisoblanadi.

Bitiruv malakaviy ishning maqsadi va vazifalari: Xinolinning 520 sm^{-1} kombinatsion sochilish spektral chizig'i maksimumini har xil qutblanishlarda mos kelmasligini o'rganish. Buning uchun o'rganilayotgan modda tajribaga tayyorlanadi. Tajriba o'tkaziladigan qurilma optik rostlashlardan so'ng tajriba o'tkaziladi. O'rganilayotgan modda kyuvetaga solinib spektrometrga qo'yilib, lazer nuri yordamida yoritilib tajriba o'tkaziladi. Xinolinda kombinatsion sochilish

usulini qo'llagan holda molekulalararo ta'sir kuchlarini va ularning anomal xossalarini va molekulyar tuzilishini o'rganish ba Xinolinning 520 sm^{-1} spektral chizig'ini har xil qutblanishlarda qayd qilib, ularni solishtirib mos kelish va kelmasligini fizik mohiyatini tushunishdan iborat.

Mavzuni o'rganilish darajasining qiyosiy tahlili: Suyuqliklarda molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlarini o'rganish bo'yicha juda ko'p ishlar qilingan. Ayniqsa turli usullar yaratilgan. Lekin olingan natijalar umumiy xarakterga ega bo'lib, ular asosan yaratilgan nazariyalar mohiyati sifat jihatidan tushuntiriladi. Miqdoriy tushuntirishda nomumuvoffiqliklar mavjud. Shuning uchun eksperimental tadqiqotlar yanada zarurdir.

Bu mavzuda respublikamizning O'zMU, SamDU, QarDU da ilmiy tadqiqot ishlari olib borildi. Tadqiqotlar o'z qiyinchiligiga ega bo'lib, tajriba qurilmasini ajrata olish qobiliyatining kamchiligi va boshqa sabablar.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi: Xinolinning 520 sm^{-1} spektral chizig'i konturi murakkab tuzilishga ega ekanligi tajriba va nazariy hisoblashlar natijalariga asoslanib tushuntirildi. Kvanto-kimyoviy hisoblashlar orqali xinolinning monomer va dimer agregatsiyalari tuzilishi o'rganildi.

Bitiruv malakaviy ishning ilmiyligi va amaliy ahamiyati: Suyuqliklarda molekulyar agregatsiyalar hosil bo'lishi va bularni tajribada o'rganib, ularning hosil bo'lish tabiatini tushuntirish. Nafaqat fanda balki ular amalyotda ham muhim o'rin tutadi. Ushbu bitiruv malakaviy ishda ilmiy maqsadlar konferensiyalarda ma'ruza va tezislari, bakalavir va magistrilar ilmiy ishlarini tayyorlashda ma'ruza kurslari va amaliy mashg'ulotlar o'tkazishda foydalanish mumkin. Bundan tashqari fizikaviy ximiya sohasida suyuqliklarning dinamik tuzilish xarakteristikalarini aniqlashda foydalaniash mumkin. Ayniqsa suyuqliklar spektroskopik nazaryasini rivojlanishiga ulish qo'shish mumkin.

Tadqiqot natijalari Samarqand Davlat Universiteti "Optika va spektroskopiya" kafedrasida akademik A.K.Otaxo'jayev nomidagi muommolar laboratoriyasida bajarildi. Natijalar avtomatlashtirilgan DFS-52 spektrometrida

qayd etildi. O'yg'otuvchi yorug'lik manbai yordamida to'lqin uzunligi 6328Å geliy-neon lazeridan foydalandik.

Har qanday moddani qanday agregat holatda bo'lishdan qat'iy nazar ularni fizikaviy – kimyoviy xossalarini, ayniqsa spektroskopik xossalarini bilish ulardan amaliyotda to'g'ri foydalanishga olib keladi.

Prezidentimiz I.A. Karimovning «Asosiy vazifamiz-vatanimiz taraqqiyoti va xalqimiz farovonligini yanada yuksaltirishdir» nomli asarida [1] mamlakatimiz hayotida haqiqatan ham ulkan tarixiy ahamiyatga ega bo'lgan eng muhim ijtimoiy dasturlar – Kadrlar tayyorlash milliy dasturi va Maktab ta'limini rivojlantirish Davlat umummilliy dasturining ijrosi amalda nihoyasiga yetkazildi. 9 yillik umumta'lim maktab bosqichini va 3 yillik o'rta maxsus, kasb - hunar ta'lim bosqichini o'z ichiga olgan uzluksiz yaxlit ta'lim tizimi yaratildi. Hozirgi ilmiy texnika taraqqiy etgan bir davrda inson barcha sohalarida o'z imkoniyatlarini ishga solmoqda. Quyoshni tekshirish bo'yicha oxirgi 15-20 yil ichidagi olgan natijalar shular jumlasidandir [1]. O'zbekiston Respublikasi Kadrlar tayyorlash Milliy Dasturida inson insondek ma'naviy ahloqiy tarbiyalash bilan uzviy bog'langan ta'lim tizimi orqali har tomonlama ta'lim tizimini bakamol shaxsni shakllantirish nazarda tutiladi) [2].

Jumladan, konstitusiyamizni 40-moddasida “Har bir inson malakali tibbiy xizmatdan foydalanish xukuqiga ega” 41-moddasida “Har kim bilim olish huquqiga ega. Bepul umumiy ta'lim olish davlat tomonidan kafolatlanadi. Maktab yoshlar davlat nazoratida” [3].

Shunday ekan o'quvchilarni bilimli raqobatbardosh qilib tarbiyalashni asosiy maqsad qilib olib amalda qo'llab kelayotgan uslublarni yanada takomillashtirish zamonaviy fan va texnika yutuqlaridan foydalanish ta'lim berish jarayonida hozirgi kundagi fan yangiliklaridan zamonni dolzarb bo'lgan muammolarini o'quvchilar bilan muloxaza qilish yo'lga qo'yish pedagogikani asosiy talablaridan biri hisoblanadi. "Kadrlar tayyorlash Milliy Dasturi" yuksak umummilliy madaniyatiga ijodiy faollikka siyosiy hamda ijtimoiy xayotga to'g'ri yo'l topa bilish maxoratiga

ega bo'lgan istiqbol vazifalarini ilgari surish va xalq etishga qodir kadrlarning yangi avlodini shakllantirish, shuningdek xar tomonlama kamol topgan jamiyat turmushiga moslashish ta'lim va kasb xunar dasturlarini ongli ravishda puxta o'zlashtirgan jamiyat davlat va oila oldida o'z javoblarini xis etadigan fuqarolarni tarbiyalashni nazarda tutgan pedagogik g'oyani ilgari suradi [3].

Hech bir zamonda hozirgi kundagi kabi iqtidorli yoshlarga keng yo'l ochilmagan. Bularning hammasi Mustaqilligimiz sharofatidir.

Mutaqillik esa o'z-o'zidan qo'lga kiritilmagan. Bu borada Muhtaram Prezidentimizning **“O'zbekiston Mustaqillikka erishish ostonasida”** kitobi davlatimiz rahbarining ayni shu tarixiy davrdagi faoliyatiga bag'ishlangan. Xalqimizning asriy orzusi bo'lgan milliy istiqlol mavzusiga oid fikr va qarashlari atroflicha o'z aksini topgan.

Vatan uchun, xalqning tinchligi va farovonligi uchun chinakam fidoiylilik namunasi aks etgan. Asarni o'qigan sari jo'shib, to'lib ketasan va shunday insonlarga sodiq bo'lgan keladi [4].

Konsepsiya va Prezidentimizning boshqa asarlaridagi ko'rsatmalari O'zbekiston zaminida yashayotgan fizik, ximik, biolog, shifokor, injener, iqtisodchi, moliyachi, talaba va hokazo, kim bo'lishdan qat'iy nazar hamma uchun dasturil amal bo'lib hizmat qiladi.

Bitiruv malakaviy ishini tuzilishi: Kirish, ikki bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlarni, 16 rasmni, 2 jadvalni o'z ichiga olgan. 42 sahifada bayon etilgan.

I BOB. MOLEKULARARO O'ZARO TA'SIR ASOSLARI

1.1.Suyuqliklarda Raman effekti

Reley sochilishida sochilgan yorug'lik chastotasi tushuvchi yorug'lik chastotasiga mos keladi. Sochilishning bunday turini birinchi bo'lib, Reley aniqlagani uchun bunday sochilish Reley sochilishi deb yuritiladi. Bu sochilish kogerent tarzda yuz beradi. Shu sababli ham Reley sochilishi - yorug'likning kogerent sochilishidir (1.1-rasm, a). Biroq sinchiklab o'tkazilgan tekshirishlarning ko'rsatishicha, sochilgan yorug'lik spektrida tushayotgan yorug'likni xarakterlaydigan chiziqlardan tashqari qo'shimcha chiziqlar (yo'ldoshlar) borligi, bular tushayotgan yorug'likning har bir chizig'i yonida turishi ma'lum bo'ldi (1.1-rasm) [9,10].

Yo'ldoshlar tushayotgan yorug'likning har qanday spektral chizig'i yonida kelgani uchun, bu yo'ldoshlarni qanday sharoitda payqash mumkin, degan savol tug'iladi. Yo'ldoshlar ko'rinadigan bo'lishi uchun tushayotgan yorug'lik spektri tutash spektr bo'lmay, balki alohida chiziqlar (monoxromatik chiziqlar) to'plamidan iborat bo'lishi kerak. Bu hodisaning quyidagi qonunlari tajribadan topilgan.

- Yo'ldoshlar tushayotgan yorug'likning har bir chizig'i yonida bo'ladi.
- Uyg'otuvchi (tushayotgan) yorug'lik spektral chizig'ining ν_0 chastotasi bilan yo'ldoshlardan har bir chiziqlarning ν' , ν'' , ν''' ... chastotalari orasidagi $\Delta\nu$ farq sochuvchi modda uchun xarakterli bo'lib, uning molekulalarining xususiy tebranishlari chastotalariga (ν^i) teng:

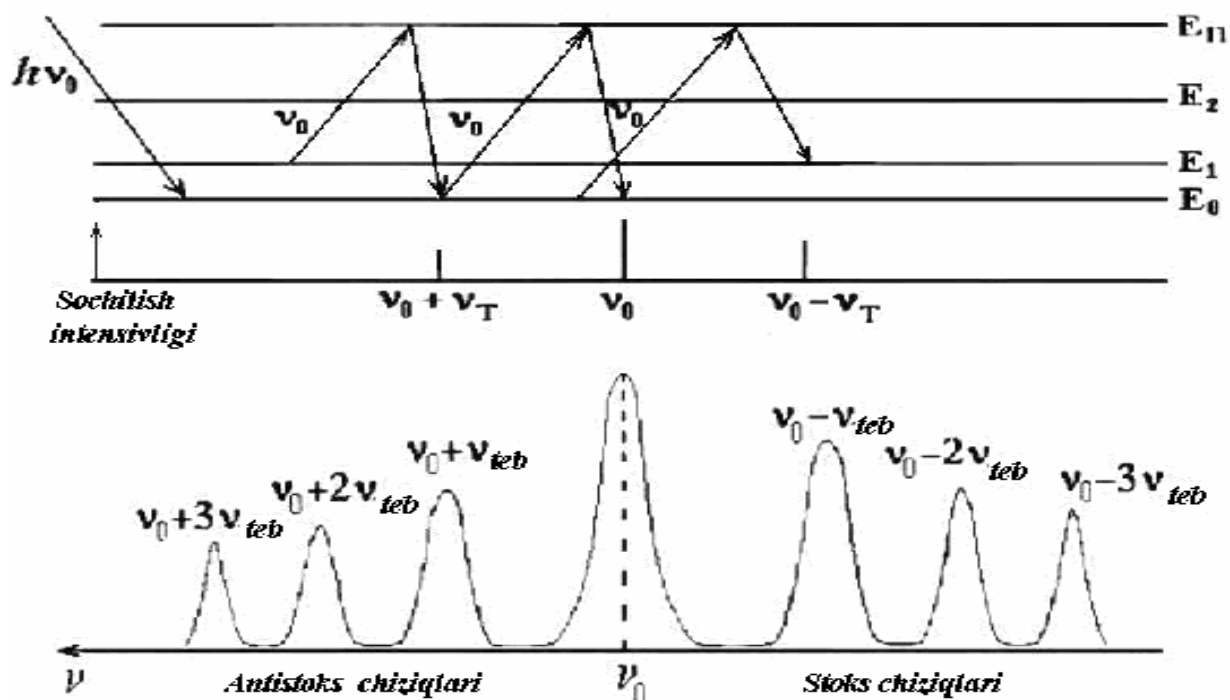
$$\Delta\nu_1 = \nu_0 - \nu' = \nu_1^i, \quad \Delta\nu_2 = \nu_0 - \nu'' = \nu_2^i, \quad \Delta\nu_3 = \nu_0 - \nu''' = \nu_3^i, \dots$$

- Yo'ldoshlar uyg'otuvchi chiziqdan ikki tomonda simmetrik yotuvchi chiziqlarning ikki sistemasidan iborat, (1.7-rasm) ya'ni

$$\nu_0 - \nu_r = \nu_\nu - \nu_0.$$

Bu yerda chapda uyg'otuvchi chastotalardan uzunroq to'liqinli tomonda joylashgan yo'ldoshlarning chastotalarini, o'ngda esa uyg'otuvchi chastotalardan ikkinchi tomonda yotgan yo'ldoshlarning chastotalarini bildiradi. Spektrning qizil

qismiga yaqin joylashgan va shuning uchun «qizil» yoʻldoshlar deb ataladigan birinchi yoʻldoshlar «binafsha» yoʻldoshlardan ancha intensivdir (1.1-rasm)



1.1- rasm. Reley (ν_0) va kombinatsion ($\nu_0 - \nu_{teb}$ va $\nu_0 + \nu_{teb}$) sochilish spektrlarini hosil boʻlishiga olib keladigan energetik sathlar orasidagi oʻtishlar.

- Temperatura koʻtarilganda «binafsha» yoʻldoshlarning intensivligi tez ortadi.

Kombinatsion sochilishni birinchi boʻlib G.S.Landsberg va L.I.Mandelshtamlar hamda hind olimlari Raman va Krishnanlar kashf etishgan (1928 yil). Hind olimlari Nobel mukofotiga sazovor boʻlishgan. Chet el adabiyotlarida **Raman effekti** deb ham yuritiladi. Bu sochilish odatda kombinatsion sochilish deyiladi. Quyida kombinatsion sochilish bilan batafsilroq tanishamiz.

Yorugʻlikni kombinatsion sochilishining mumtoz nazariyasi.

Kombinatsion sochilish hodisasi klassik nazariya nuqtai nazaridan quyidagicha tushuntiriladi. Ushbu hodisada yoʻldoshlarning paydo boʻlish sabablari yorugʻlik toʻlqinini sochuvchi muhit molekulasi atomlarining past chastotali tebranishlari bilan modulyatsiyalanishi orqali tushuntirish mumkin. Molekulaning qutblanishi,

umuman qaraganda uni tashkil qilgan atomlarning joylashishiga bog‘liq. Atomlar tebranganda qutblanish α_0 - o‘rtacha qiymat atrofida tebranadi buni quyidagicha izohlash mumkin:

$$\alpha(t) = \alpha_0 + F(t)$$

Ushbu tebranishlarning chastotasi 10^{12} - 10^{13} gs bo‘lib, elektromagnit to‘lqinlar shkalasining infraqizil spektri sohasiga to‘g‘ri keladi. Boshqacha aytganda, $\alpha(t)$ kattalikni o‘zgarishi tushayotgan yorug‘likning ($\approx 10^{15} \text{ zU}$) elektr maydonining tebranishiga nisbatan sekinroq o‘zgaradi. Shu sababga ko‘ra ham tushayotgan yorug‘lik to‘lqinining monoxromatik maydonida **molekulaning dipol** momentini o‘zgarishi

$$p(t) = \alpha \cdot E = [\alpha_0 + F(t)] E_0 \cos \omega t$$

qonun bo‘yicha ro‘y beradi, ya’ni amplitudasi modulyatsiyalangan tebranishdan iborat bo‘ladi. Bu yerda $E = E_0 \cos \omega t$ - yorug‘lik to‘lqinining o‘zgaruchan elektr maydoni, E_0 yorug‘lik to‘lqini elektr maydoni kuchlanganligini amplitudasi, $\omega = 2\pi\nu$ - tushayotgan yorug‘likning burchak chastotasi, α - molekulaning qutblanuvchanligi, faqat uning tuzilishi va xossasiga bog‘liq bo‘lgan doimiy.

Bu jarayonda sochilgan yorug‘lik maydon kuchlanganligining tebranishi ham modulyatsiyalanadi. Bu tebranishlarning eltuvchi chastotasi tushayotgan yorug‘lik to‘lqining chastotasi ω ga teng, modulyatsiya esa ω_i - chastotalarda (sochuvchi modda molekulasidagi atomlarning tebranish chastotasi) yuz beradi. Amplitudasi modulyatsiyalangan bunday tebranishlarning spektri ω - chastotali eltuvchi chastota bilan bir qatorda $\omega \pm \omega_i$, chastotaga ega bo‘lgan kombinatsion tebranishlar hosil bo‘ladi. Boshqa so‘z bilan aytganda sochilgan yorug‘likning spektri shu molekula haqida axborot beradi. Bu spektrni o‘rganish va tahlil etish orqali molekula strukturasi va tuzilishini bilishga muvoffaq bo‘lamiz.

Klassik elektrodinamika qonuniga binoan, $\omega = 2\pi\nu$ chastotada tebranayotgan dipol intensivligi

$$I_v = \frac{16\pi^4 v^4}{3c^2} \alpha^2 E_0^2 \quad (1.1)$$

ga teng bo'lgan monoxromatik nur chiqaradi.

$\alpha \neq const$ hol uchun, ya'ni sochuvchi muhit molekulasining qutblanuvchanligi o'zgaruvchan bo'lsa u holda molekulaning dipol momenti ham vaqt bo'yicha o'zgaradi. Umuman, molekula qutblanuvchanligi yadro tebranishini dipol tebranishlarida ishtirok etishi sababi bilan ham o'zgarib turishi kerak. Elektronlar bilan yadroni o'zaro bog'langanligi sababli majburiy chastotada tebranayotgan elektronlar yadroning ham tebranishini yuzaga keltiradi. Biroq yadroning massasi elektronning massasiga nisbatan nihoyatda katta bo'lgani uchun yadroning tebranishi juda ham kuchsiz bo'ladi. Bu esa molekulaning qutblanishini o'zgarishiga olib keladi. Natijada sochilgan yorug'likni chastotasi o'zgaradi va siljish **nokogerent** bo'lib qoladi [10,11].

Shunday qilib, klassik elektrodinamika sochilgan yorug'lik spektrida siljimagan chiziqning (ν) har ikki tomonida ν_i masofaga simmetrik siljigan chiziqlar – yo'ldoshlarni paydo bo'lishini to'g'ri tushuntirib beradi va ularning intensivligi

$$I_{S,A} = \frac{4\pi^4}{3c^2} (\nu_R^{S,A})^4 \alpha^4 E_0^2 = \frac{4\pi^4}{3c^2} (\nu_0 \mp \nu_i)^4 \alpha^4 E_0^2 \quad (1.2)$$

formula bilan hisoblanadi. Bunda $\nu_R^{S,A}$ - raman chastotasi (stoks va antistoks chiziqlari uchun).

Klassik elektrodinamika nuqtai nazaridan stoks va antistoks chiziqlarining intensivligi teng ekanligi kelib chiqadi. Eksperiment natijalaridan yaxshi bilamizki, ushbu chiziqlarning (yo'ldoshlarning) intensivligi teng emas, jumladan qizil yo'ldoshlar - stoks chiziqlarining intensivligi binafsha yo'ldoshlarning intensivligidan yuqori ekanligini ko'rsatadi. Klassik fizika qizil va binafsha yo'ldoshlarning intensivliklari orasidagi ushbu miqdoriy farqni tushuntirib bera olmadi. Yorug'likning kombinatsion sochilishdagi intensivliklarning miqdoriy muammosini faqat kvant tasavvurlari asosida to'g'ri tushuntirish mumkin.

Yorug'likni kombinatsion sochilishini kvant nazariyasi. Yorug'lik kvantlari to'g'risidagi soddalashtirilgan tasavvurdan foydalanib, kombinatsion sochilish hodisasining mohiyatini anglab etish mumkin. Kvant tasavvurlariga asosan, ν_0 chastotali yorug'lik ma'lum bir ulushlar (kvantlar) tarzida tarqalib, bo'larning miqdori $h\nu_0$ ga teng bu erda $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ J/c - Plank taklif etgan universal doimiydir. Shuning uchun o'zida ν_0 chastotali tebranishlar bo'layotgan atom $h\nu_0$ energiya zahirasiga ega bo'ladi. Bu energiyani atom o'shanday chastotali yorug'lik tarzida chiqarishi mumkin. Bu nuqtai nazardan yorug'likning molekulalarda sochilishini yorug'lik kvantlarining (ya'ni fotonlarning) molekulalar bilan to'qnashishi deb qarash mumkin. Bu to'qnashish natijasida fotonlar uchish yo'nalishini o'zgartiradi. Fotonlar bilan molekulalar o'rtasidagi to'qnashishlar elastik va noelastik bo'ladi. To'qnashish elastik to'qnashish bo'lgan holda molekulaning energiyasi va fotonning ν_0 chastotasi o'zgarmaydi, bu hol Reley sochilishiga mos keladi. Releycha sochilish paytida sochilgan yorug'lik kvantlarining chastotasi muhitga tushayotgan yorug'lik kvantlarining chastotalariga mos keladi. Shuning uchun ham Releycha sochilishga *elastik* sochilish ham deyiladi.

To'qnashish noelastik bo'lgan holda fotonning energiyasi $h\nu_i$ tebranma kvant miqdorida o'zgaradi. Agar yorug'lik tebranish holatida bo'lmagan molekula bilan o'zaro ta'sir qilishsa, yorug'lik molekulaga energiyasining tegishli qismini berib, $h\nu' = h\nu_0 - h\nu_i$ yoki $\nu' = \nu_0 - \nu_i$ tenglamaga muvofiq ravishda kichik chastotali nurga (qizil yo'ldosh, Stoks chizig'iga) aylanadi, bu erda ν_0 o'yg'otuvchi yorug'lik chastotasi, ν_i molekula tebranishlarining chastotasi.

Agar yorug'lik tebranish holatida turgan molekulaga, ya'ni $h\nu_i$ - energiyaga ega bo'lgan molekulaga ta'sir qilsa, u holda yorug'lik molekuladan bu energiyani tortib olib, $h\nu' = h\nu_0 + h\nu_i$ yoki $\nu' = \nu_0 + \nu_i$ tenglamaga muvofiq ravishda katta chastotali nurga (Binafsha yo'ldosh, antistoks chizig'iga) aylanadi. Yuqorida aytilganlardan kelib chiqib kombinatsion sochilishga quyidagicha ta'rif berish

mumkin: Sochilgan yorug‘likning chastotasi tushayotgan yorug‘likning chastotasi ν_0 bilan molekular ichida bo‘ladigan tebranishlar chastotasining ν_i kombinatsiyasidan tarkib topadi. Shuning uchun bu sochilish kombinatsion sochilish deb ataladi.

Tebranish holatida bo‘lgan molekular soni o‘yg‘otilmagan molekular sonidan ancha kam bo‘ladi, shuning uchun binafsha yo‘ldoshning intensivligi qizil yo‘ldosh intensivligidan beqiyos darajada kam bo‘lishi kerak; tajribada ham xuddi shunday bo‘ladi. Temperatura ko‘tarilgan sari uyg‘otilgan molekular soni tez ko‘payadi, shunga yarasha binafsha yo‘ldoshlarning intensivligi tez ortishi kerak; bu ham tajribada tasdiklanmoqda. Stoks va antistoks chiziqlarining intensivligi temperaturaga bog‘liq. Misol uchun stoks chiziqlarining ikki xil temperaturada intensivliklarining qiymati quyidagi nisbatda bo‘ladi:

$$\frac{I_{T1}}{I_{T2}} = \frac{\left(1 - e^{-\frac{h\nu}{KT_2}}\right)}{\left(1 - e^{-\frac{h\nu}{KT_1}}\right)}. \quad (1.3)$$

Bundan ko‘rinadiki, stoks chiziqlarining intensivligi temperaturaga teskari proporsional ekan. Antistoks chiziqlariniki esa temperaturaga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi:

$$\frac{I_{T1}}{I_{T2}} = \frac{e^{-\frac{h\nu}{KT_1}}}{e^{-\frac{h\nu}{KT_2}}} \quad (1.4)$$

Stoks va antistoks chiziqlarining intensivliklari nisbati

$$\frac{I_{ac}}{I_c} \approx \left(\frac{\nu_0 + \nu_{me\delta}}{\nu_0 - \nu_{me\delta}}\right)^4 \quad (1.5)$$

kabi bo‘lib, bundan ko‘rinadiki chastotaning turtinchi darajasiga proporsional ekan.

Haqiqatda, ν chastotali kombinatsion chiziqning intensivligi molekulaning bu chastotaga mos keladigan tebranishlar qilishida molekulaning α **qutblanuvchanligi naqadar ko'p o'zgarishi** bilan aniqlanadi. Qutblanuvchanlikning o'zgarishi bilan elektr momentining o'zgarishi turli xil tebranishlarda turlicha ifodalanishi mumkin[12,13].

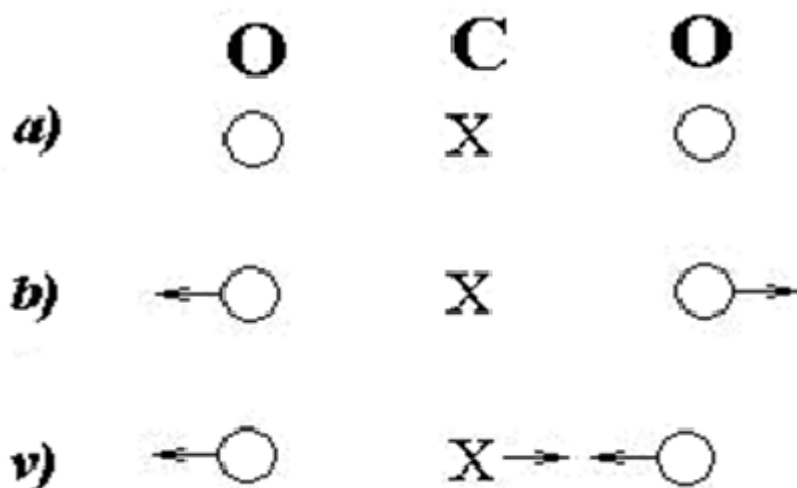
Infraqizil spektrida aktiv bo'lgan tebranishlar ***kombinatsion sochilish*** spektrida aktiv bo'lmaydi va aksincha.

Masalan: CO_2 molekulasida atomlar tebranganda (1.2-rasm, b) ularning joylashishi shunday o'zgaradiki, bunda molekulaning qutblanuvchanligi ko'p o'zgarib, uning elektr momenti o'zgarmaydi, chunki kislorodning bir xil ishorali zaryadlangan ikki atomi (0) tebranish vaqtida uglerod zaryadidan ikki tarafga simmetrik joylashganicha qolaveradi.

Boshqacha tebranishda (1.2-rasm, v) qutblanuvchanlik o'zgarmaydi, chunki kislorod atomlaridan biri uglerodga yaqinlashganda ikkinchisi uzoqlashadi va aksincha; biroq bu tebranishlarda molekulaning elektr momenti o'zgaradi.

Shuning uchun birinchi tur tebranishda (1.2-rasm, b) kombinatsion sochilish chizig'i paydo bo'ladi, bu chiziqning chastotasini kombinatsion sochilish spektridan aniqlash mumkin; ikkinchi tur tebranishda (1.2-rasm, e) chastotani infraqizil yutilish polosasining vaziyatiga qarab topish mumkin.

Kombinatsion sochilish usuli moddaning molekulyar tuzilishini tadqiq etishning muhim usuli hisoblanadi. Molekula tebranishlarining xususiy chastotalari bu usul yordamida osongina aniqlanadi; bu usul molekula simmetriyasining xarakteri, molekulalar ichida ta'sir qiladigan kuchlarning kattaligi va umuman molekulyar dinamikaning o'ziga xos tomonlari to'g'risida fikr yuritishga imkon beradi.



1.2 rasm. CO_2 molekulasida atomlar tebranishining xillari. *a* – atomlarning dastlabki vaziyati; *b*– qutblanuvchanlikni o‘zgartiradigan tebranish; *v* - elektr momentini o‘zgartiradigan tebranishi.

Ko‘p hollarda bu usul infraqizil yutilish usuli bilan birga qo‘shib o‘rganilib, molekulani to‘liq tadqiq etish imkonini beradi. Kombinatsion sochilish spektrlari molekulalar uchun shunchalik harakterlidirki, bu spektrlar yordamida murakkab molekulyar aralashmalarni, ayniqsa ximiyaviy yo‘l bilan analiz qilish qiyin yoki hatto analiz qilib bo‘lmaydigan organik molekulalar aralashmalarini analiz qilish mumkin. Masalan: uglevodorodlarning juda murakkab aralashmasi bo‘lgan benzinlarning tarkibi kombinatsion sochilish usuli yordamida samarali ravishda analiz qilinadi[13,14].

Yuqorida gap dastlabki nurlanishning muhit molekulalari bilan o‘zaro ta’sir qilishda paydo bo‘ladigan kombinatsion sochilish to‘g‘risida bordi. Yorug‘likni atom yoki ionlar sochib yuborganda ham shunga o‘xshash hodisa yuz beradi. Masalaning mohiyatiga tushunib yetish uchun atom holidagi gazlarda yorug‘likning yutilishi va dispersiyasini o‘rganish natijalarini esga olish kerak bo‘ladi. Atomni ossillyatorlar to‘plami deb qarash mumkin; bu ossillyatorlarning xususiy chastotalari atomning ixtiyoriy ikki kvant holatidagi energiyalari ayirmasi bilan aniqlanadi. Shuning uchun atomlar bilan molekulalar o‘rtasidagi farq faqat ossillyatorlar tabiatida bo‘ladi: molekula bo‘lgan holda ossillyatorlar yadrolar harakatini tavsiflaydi, atomlar holida esa ossillyatorlar elektronlar harakatini

tavsiflaydi. Bu o'xshashlikni nazarda tutib, yuqorida yuritilgan mulohazalarni klassik modulyatsion manzara nuqtai nazaridan ham soddalashtirilgan kvant sxema nuqtai nazaridan ham endi atomlarga nisbatan takrorlash mumkin.

Fotonlarning elastik bo'lmagan sochilishi ularning atomlar bilan qiladigan o'zaro ta'siriga asoslanib nazariy ravishda oldindan aytilgan edi (A.Smekal 1923 yil). Biroq bu hodisa tajribada molekulyar kombinatsion sochilishdan ancha keyin topildi. Ionlarning kombinatsion sochish hodisasi 1963 yilda, atomlarning kombinatsion sochilish hodisasi 1967 yilda topildi.

Yorug'likning kombinatsion sochilishi hodisasini klassik fizika doirasida turib tushuntirib berish mumkin, lekin uning kvant talqini yorug'likni kvant tabiatini mohiyatan tasdiqlaydi.

Molekulalar strukturasini, ichki molekulalar va molekulararo kuchlarini o'rganishda, murakkab aralashmalarni tahlil qilish va u yoki bu birikmalarni identifikatsiyalash (ajratish) da kombinatsion sochilish usuli muhim anjomdir.

1.2. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari

Agar jismlar bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatga o'tsa (masalan gazdan suyuqlikka) uning nafaqat fizika-ximiyaviy xususiyatlari balki spektroskopiyasi ham o'zgaradi. Ya'ni spektrlarning intensivliklari formasi dipolyarizatsiya koeffitsiyenti, chastotasi o'zgaradi. Bu o'zgarishlar molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari bilan bog'langandir. Quyidagi 1.1-jadvalda moddalarning infraqizil yutilish spektrida gaz holatiga nisbatan, suyuq holatida chastotalarning siljishi ko'rsatilgan.

1.1-jadval

Molekula	Eritma	$\Delta\nu(\text{sm}^{-1})$ spektrning siljishi
HF	CCl_4	-110
HCl	CCl_4	-55
DCL	CCl_4	-41
HBr	CCl_4	-40
HI	CCl_4	-26

Bugungi kunda molekulalararo o'zaro ta'sir spektroskopiyasiga tegishli bo'lgan bir nechta qonunlar topilgan. Bu qonuniyatlar molekulalararo o'zaro ta'sir spektroskopiyasining bosh masalasini beradi. Bosh masala ikkiga bo'linadi:

1. Spektroskopik eksperimentlar natijalariga qarab molekulalarning xususiyatlari haqida ma'lumot olish.
2. Eksperimental natijalarga qarab molekulaning spektroskopik xususiyatlariga ta'siri haqida ma'lumotlar olish mumkin.

Bu masalalarni yechishda molekulaning o'ziga tegishli bo'lgan spektri emas, (aylanma, tebranma, elektron) balki bu spektrlarning o'zgarishi katta ahamiyatga ega.

Molekulalararo o'zaro ta'sir spektroskopiyasining ba'zi tomonlarini ko'rishdan oldin, molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlarini klassifikatsiya qilish muhimdir. Molekulalar orasidagi kuchlar asosan ikkiga bo'linadi:

1. Universal ta'sir kuchlari.

2. Spetsifik ta'sir kuchlar.

Universal o'zaro ta'sir deganimizda hamma holatlarda namoyon bo'ladigan kuchlar, bu kuchlarga Van-der-vals kuchlari ham deyiladi.

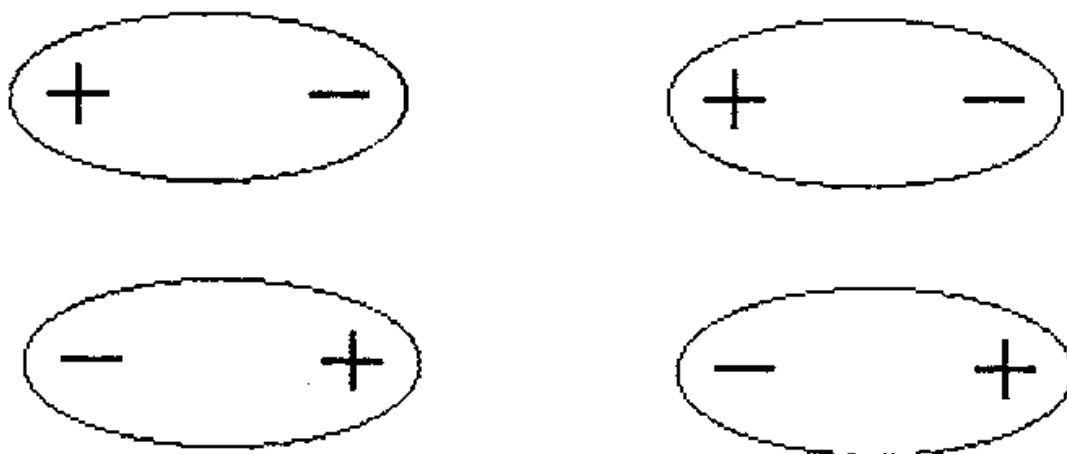
Bu kuch tabiatini uzoq vaqtlar tushuntirish qiyin bo'ldi. Qachonki atomlar orasidagi ta'sir kuchi tabiatini to'lig'icha o'rganilganidan so'ng molekulalar orasidagi ta'sir kuchlari to'g'risida to'liq xulosaga kelishi mumkin [13].

Odatda molekulalararo ta'sir kuchining energiyasi $0,5 \div 1,5$ kal/mol tashkil etadi. Van-der-vals kuchlari 3 xil bo'ladi.

1. Oriyentatsion kuch
2. Induksion kuch
3. Dispersion kuch

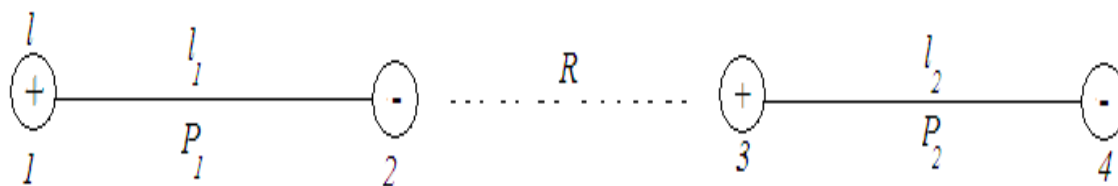
Bu kuchlar to'g'risida to'xtalib o'tamiz.

Oriyentatsion kuch. Agar elektr maydoni $E=0$ bo'lganda ham dipol momentiga ega bo'lgan molekulaga qutblangan molekula deyiladi. Bu kuch xuddi shunday doimiy dipol momentiga ega bo'lgan molekulalar orasida vujudga keladi. Qutblangan molekulalar bir-biriga nisbatan ma'lum tartibda joylashadi, ya'ni qarama-qarshi ishorali qutblarining joylanish tartibi quyidagi vaziyatda bo'ladi.



1.3-rasm. Qutblangan molekula

Natijada qarama-qarshi ishorali qutblar orasidagi elektrostatik kuch paydo bo‘ladi. Shu tufayli molekulalar bir-birini tortadi. Dipollar orasidagi bunday kuchga oriyentatsion kuch deyiladi. Faraz qilaylik bizga ikkita dipol berilgan bo‘lsin.



1.4-rasm. Dipol sistemasi

Bu dipollar orasidagi masofa $R \gg \ell$ qanoatlantirsa, bu sistemaning umumiy ta'sir energiyasi har bir zaryadlarning ta'sir energiyalaridan iboratdir, ya'ni

$$U = U_{1,3} + U_{1,4} + U_{2,3} + U_{2,4} =$$

$$= \frac{P_1 P_2}{\ell_1 \ell_2} \left[\frac{1}{R + \frac{1}{2}(\ell_1 - \ell_2)} - \frac{1}{R + \frac{1}{2}(\ell_1 + \ell_2)} + \frac{1}{R + \frac{1}{2}(\ell_1 - \ell_2)} + \frac{1}{R + \frac{1}{2}(\ell_1 + \ell_2)} \right] \quad (1.6)$$

Agar 1- tenglikda $P_1 = P_2$ hamda $\ell_1 = \ell_2$ deb olsak, u holda

$$U = \frac{P^2}{\ell^2} \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R + \ell} - \frac{1}{R - \ell} + \frac{1}{R} \right] = -\frac{P^2}{\ell^2} \left[\frac{2}{R} - \frac{1}{R + \ell} - \frac{1}{R - \ell} \right] \quad (1.7)$$

(1.6) va (1.7) tenglikka oddiy matematik almashtirishlar kiritib va $R \gg \ell$ ekanligini hisobga olsak, oriyentatsion ta'sir energiyasi quyidagiga teng bo'ladi.

$$U_{op} = -\frac{2P^2}{R^3} \quad (1.8)$$

(1.8) tenglikni chiqarishda biz molekulaning issiqlik harakatini hisobga olmadik. Bizga ma'lumki molekulaning issiqlik harakati uning oriyentatsiyasiga ta'sir etadi. Shunga mos ravishda uning oriyentatsion energiyasiga ham ma'lum miqdorda o'zgartirish olib keladi. Shuni hisobga olib oriyentatsion ta'sir energiyasini hisoblab chiqamiz. Buning uchun qutblanuvchanligi α ga teng bo'lgan sistemani maydon kuchi E bo'lgan elektr maydoniga kiritamiz. Bu holda ta'siri natijasida sistemada induksion dipol momenti R^1 sistemaning potensial energiyasi bilan quyidagicha bog'langan.

$$U = P^1 \cos(P^1 E) \quad (1.9)$$

Dipol maydon tomonidan induksiyalangani uchun uning yo‘nalishi maydon yo‘nalishiga mos tushadi.

$$\cos(P^1 E)=1 \quad (1.10)$$

Bu holda maydon kuchlanganligining qiymati $0 \div E$ ga o‘zgaradi. Natijada oriyentatsion ta’sir energiyasining qiymati quyidagiga teng bo‘ladi.

$$U_{op} = - \int_0^E P^1 dE = - \int_0^E \alpha E dE = - \frac{\alpha E^2}{2} \quad (1.11)$$

(1.11) tenglikdagi maydon kuchlanganligining qiymatini hisoblasak bu maydonning qiymati + va – zaryadlar hosil qilgan maydonlar yig‘indisidan iborat bo‘ladi, ya’ni

$$E = \frac{e}{R^2} - \frac{e}{(R+l)^2} \approx \frac{e}{R^2} - \frac{e}{R^2 + 2Rl^2} = \frac{2pr}{R^4 + 2R^3l} \quad (1.12)$$

$R \gg l$ e’tiborga olsak

$$E = \frac{2P^2}{R^3}$$

Oriyentatsion ta’sirda qutblanuvchanlik rolini oriyentatsiya o‘ynaydi va uning qiymati quyidagiga tengdir.

$$\alpha = \frac{P^2}{3KT} \quad (1.13)$$

(1.12) va (1.13) tenglamalarni (1.11) ga qo‘ysak biz oriyentatsion ta’sir energiyasining qiymatini topgan bo‘lamiz.

$$U_{op} = - \frac{\frac{P^2}{3KT} \cdot \frac{4P^2}{R^6}}{2} = - \frac{4P^4}{6KTR^6} = - \frac{2p^4}{3kTR^6} \quad (1.14)$$

Oriyentatsion ta’sir energiyasining qiymatini xarakterlaydi, temperatura oshishi bilan kamayadi. (1.12) dan ko‘rinadiki oriyentatsion ta’sir energiyasining qiymati temperaturaga hamda R^6 ga teskari proporsional bo‘lib, dipol momenti R^2 ga to‘g‘ri proporsional.

Agar ta’sir etuvchi dipollarning dipol momenti o‘zaro teng bo‘lmasa, ya’ni, $R_1 \neq R_2$ ligidan (1.14) quyidagicha bo‘ladi:

$$U_{op} = -\frac{2}{3KT} \cdot \frac{P_1^2 P_2^2}{R^6}$$

(-) minus ishorasi ikkita dipolning o‘zaro ta‘sirini xarakterlaydi.

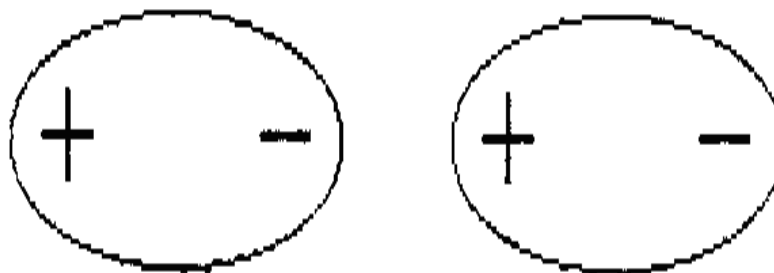
Induksion kuch. Bir-biriga yaqin joylashgan qutbli molekula bilan, ya‘ni xususiy dipol momentiga ega bo‘lgan molekula bilan qutbsiz molekula orasidagi ta‘sir kuchi induksion kuch bilan xarakterlanadi.

Bunday molekula bir-biriga yaqinlashganda qutbsiz molekula qutbli molekula ta‘siri ostida qutblanadi. Natijada ikkinchi ya‘ni qutblanmagan molekulada induksion dipol momenti vujudga keladi va induksion dipol momenti qutblangan molekula bilan tortishadi. Har bir dipol momentiga ega bo‘lgan molekula o‘z yo‘nalishi bo‘yicha qo‘shni dipol momentiga ega bo‘lmagan molekulalarni induksiyalaydi. Shuning uchun ham induksion ta‘sir energiyani quyidagicha yozish mumkin.

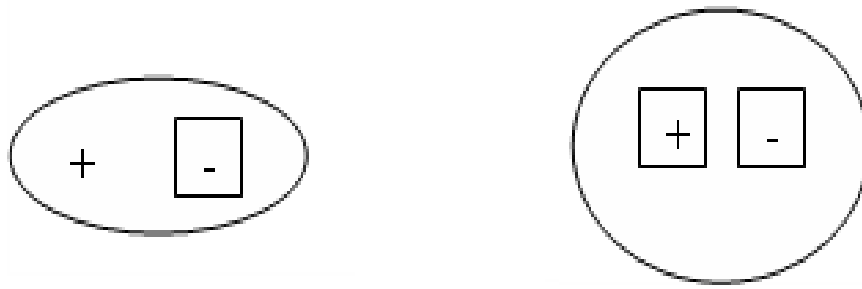
$$U_{uh} = -\frac{2\alpha P^2}{R^6} \quad (1.15)$$



1.5-rasm. Maydon ta‘sisiz



1.6-rasm. Maydon ta‘siri ostida



1.7-rasm. Molekulalar induksiyasi

Induksion kuchni birinchi bo‘lib Debay tekshirgan.

Dispersion kuch. Bu kuch ikkita qutblanmagan molekulalar orasidagi ta’sirni xarakterlaydi. Agar bu kuch bo‘lmaganda edi yuqori bosimda va past temperaturada gazlarni suyuqlikka aylantirib bo‘lmas edi. Bunday kuch tabiatini faqatgina kvant mexanikasi asosida tushuntirish mumkin. Bizga kvant mexanikasidan ma’lumki ikkita atom ta’sir qilib molekula hosil qiladigan atomlarni kvant sistemasi yoki boshqacha aytganda atomlardagi elektronlarning muvozanat holatida tebranishi garmonik tebranish hosil qiladi deb qarash mumkin, bunday tebranish hosil qiluvchi sistemaga ossillyator deyiladi[15].

Atom va molekulalarning o‘rtacha dipol momenti nolga teng bo‘lganda elektronlarning tebranishi tufayli hosil bo‘lgan ossillyatorning dipol momentining aniq qiymati noldan farqli bo‘ladi. Shu tufayli ossillyatorlar o‘zaro ta’sir etishadi. Atom va molekulalardagi vaqtning ma’lum bir paytda vujudga keladigan dipolga fluktatsion dipol momenti deyiladi.

$$U_{\text{duc}} = -\frac{h\nu \alpha^2}{2R^6}$$

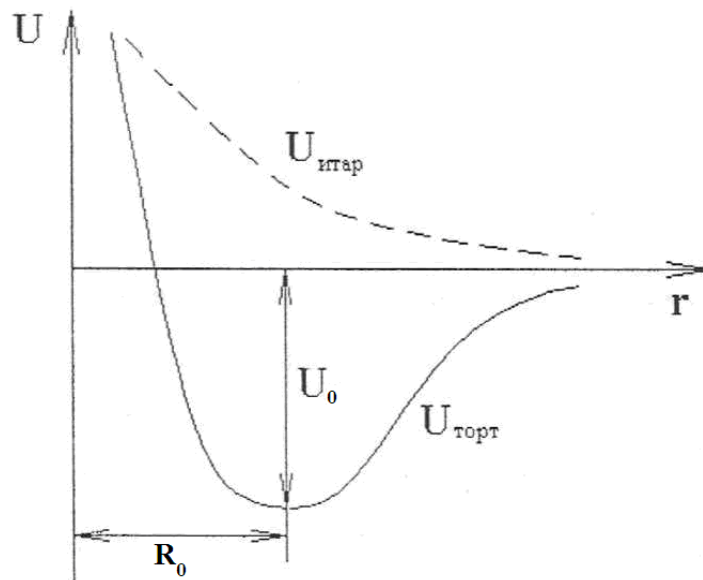
$$U_{\text{um}} = \frac{m}{R^{12}}$$

m- itarishish kuchlarining doimiyliqi deyiladi.

$$U = -U_{\text{mopm}} + U_{\text{um}}$$

$U = -\left(\frac{n}{R^6}\right) + \left(\frac{m}{R^{12}}\right)$ bu formulaga Lenard-Djons formulasi deyiladi.

Bu formulaning grafigi quyidagi ko‘rinishga ega.



1.8-rasm. Lenard-Djons formulasining grafik ko‘rinishi

Yuqoridagi formulalardan ko‘rinadiki universal ta’sir kuchlarining hammasi masofaning R^6 darajasiga teskari proporsional. Oriyentatsion ta’sir kuchlari temperaturaga ham bog‘liq[16].

Quyidagi 1.2-jadvalda ba’zi moddalar uchun oriyentatsion, induksion, dispersion kuchlarning ulushlari keltirilgan.

1.2-jadval

Molekula	O‘zaro ta’sir			
	Oriyentatsion	Induksion	Dispersion	μ, D
HCl	18,6	5,4	105	1,03
HBr	6,2	4,05	176	0,78
H ₂ O	190	10	47	1,8
NH ₃	84	10	93	1,5
HI	0,35	1,68	388	0,38

Jadvaldan ko‘rinadiki dipol momenti katta bo‘lgan joyda dispersion o‘zaro ta’sirining ulushi ko‘proq bo‘ladi. Spetsifik kuchlar faqatgina ba’zi suyuqliklarga va ba’zi molekulalarga xos bo‘lgan kuchlar hisoblanadi.

Energetik holatlar kontinumi. Spektroskopik metodlar yordamida molekullarning energetik parametrlari yoki valentli bog‘lanishlarning mustahkamligini aniqlash katta ahamiyatga ega. Bizga ma’lumki angarmonik tebranma harakatlarga tegishli bo‘lgan spektral chiziqlar yoki bu chiziqlarga to‘g‘ri keluvchi energetik holatlar tebranish kvant soni ϑ ning qiymati oshib borishi bilan energetik holatlar zichlashib boradi (1.9-rasm).

Agar biz eksperiment yo‘li bilan $h\nu_D$ ni topa olsak, ν_D bu $\Delta YE=0$ bo‘lgan nuqta ν_D bevosita molekulaning dissosatsiya energiyasini xarakterlaydi. Energetik holatlarning tutashib ketgan joyiga energetik holatlar kontinumi deyiladi.



1.9-rasm. Spektral chiziqlar energetik holati

Kontinum sohani aniqlash bilan energiyaning dissosatsiya sohasini aniqlash mumkin. Ba’zi hollarda kontinum chegarani topish uncha oson bo‘lmaydi. Bunday vaqtda dissosatsiya energiyasi D ni aniqlash uchun quyidagi formulani bilish shart.

$$\vartheta^+ = \vartheta_0(1 - 2x)$$

$$\vartheta^+ = \vartheta_0(1 - 3x)$$

$$\vartheta^+ = \vartheta_0(1 - 4x)$$

$$X = \frac{h\nu_0}{4D}$$

Asosiy ton va obertonlarning chastotasi hisoblanib,

$$X = \frac{h\nu_0}{4D}$$

formuladan dissosatsiya energiyasini hisoblash mumkin. Ba'zi hollarda absolyut dissosatsiya energiyasi emas, balki nisbiy dissosatsiya energiyalari hisoblanadi. Nisbiy dissosatsiya energiyasini hisoblash uchun ta'sir kuchlarning elastiklik doimiyligini K bir-biriga solishtiriladi (yoki ximiyaviy bog'lanishlarning bir-biriga solishtirish mumkin).

$$K = 4\pi^2 \nu^2 \frac{m_{N_1} - M_{N_2}}{m_{N_1} + M_{N_2}}$$

K bilan orasida aloqadorlik mavjud.

$$\begin{cases} C - C \\ C = C \\ C \equiv C \end{cases}$$

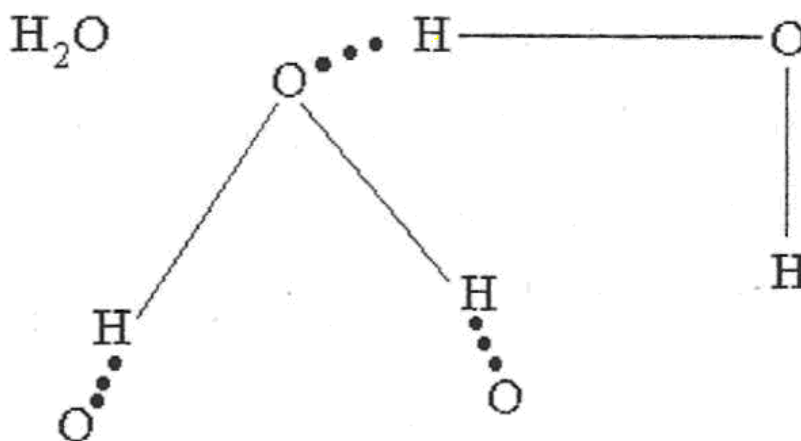
bog'lanishlar uchun K

$$K_{C-C} : K_{C=C} : K_{C \equiv C} = 1 : 2 : 4$$

Shuning uchun ham K ning qiymatini hisoblagandan keyin ximiyaviy bog'lanishlar mustahkamli haqida ma'lumot olish mumkin[17].

1.3. Vodorod bog'lanishi va uni Raman effektida namoyon bo'lishi

Vodorod bog'lanish o'ziga xos bog'lanish bo'lib, bunday bog'lanishlar quyidagi hollarda F,O,N,Cl,Br....lar bilan bog'langan biron molekula tarkibidagi H atomi boshqa molekula tarkibidagi shunday atomlar bilan bog'lanish hosil qilsa, unga vodorod bog'lanish deymiz (1.10-rasm).



1.10-rasm. Vodorod bog'lanish ko'rinishi

Vodorod bog'lanish jarayonida go'yoki vodorod atomining 2 valentli xususiyati namoyon bo'ladi. Vodorod bog'lanishni moddaning hamma agregat holatlarida kuzatish mumkin. Vodorod bog'lanish o'zining energiyasi jihatdan kovalent bog'lanishdan kichik. Agar kovalent bog'lanishlar energiyasi $100 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}}$ ga teng bo'lsa, Van-der-vals bog'lanishlarining energiyasi $3 \div 10 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}}$ ba'zi hollarda $30 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}}$ ga teng. Vodorod bog'lanish tufayli suyuqliklarning sindirish ko'rsatkichi, zichligi, yopishqoqligi, qaynash temperaturasi, kristallarning erish temperaturasi va hakozo o'zgaradi [15].

Masalan: suvda vodorod bog'lanish bo'lmaganda uning erish temperaturasi - 100°S , qaynash temperaturasi $+80^{\circ}\text{S}$ bo'lishi kerak edi. Vaholanki bu raqamlar mos ravishda 0°C va 100°C ga teng.

Vodorod bog'lanish ikki xil bo'lishi mumkin. Agar vodorod bog'lanish tufayli bir molekulaning ikki qismi orasida bog'lanish bo'lsa, bunga tashqi bog'lanish deyiladi yoki molekulalararo bog'lanish deyiladi. Infraqizil yutilish va kombinatsion sochilish spektrlari vodorod bog'lanishga juda sezgirdir. Masalan: Xinolin suyuqligini spirtga eritsak xinolindan N azot atomi spirtidagi O-H...N bog'lanish hosil qiladi.

Xinolinning qutblangan kombinatsion sochilish spektrining bo'linishiga olib keladi yoki vodorod bog'lanish bo'lgan suyuqlikda (eritmada) Releycha anizotrop sochilish spektrining yarim kengligi torayadi. Bu torayish eritmada eritilgan molekulaning harakatchanligi pasayishidan dalolat beradi. Umuman olganda hozircha vodorod bog'lanish nazariyasi yaratilgan emas.

Releycha va kombinatsion sochilish hamda infraqizil yutilish spektriga tashqi sharoitning ta'siri (R, T).

Umuman molekulalar spektrlar mikro va makro parametrlarning o'zgarishiga juda ham sezgir. Ayniqsa molekulalarning issiqlik harakatiga ikkita mikroparametr T va R ning ta'siri har doim sezilarli bo'ladi. Bosimning oshishi bilan suyuqliklarning yopishqoqligi oshib boradi. Bular hammasi Releycha va kombinatsion sochilish hamda infraqizil yutilish spektrlarida YAMR larida yaqqol namoyon bo'ladi.

Bu tajribani quyishdan asosiy maqsad morfolin va uning suvli aralashmasida kimyoviy bog'lanishlarning bir turi vodorod bog'lanishni (N-bog'lanishni) spektroskopik namoyon bo'lishini tekshirishdan iborat edi. Ma'lumki kimyoviy elementlarning atomlari o'zaro birikib, juda ko'p oddiy va murakkab moddalarning molekulalarini hosil qiladi. Bunday molekulalarda atomlar bir-biri bilan qanday kuch hisobiga bog'lanib turadi degan savol tuyg'iladi. Normal sharoitda inept gaz (*He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn*) larning atomlari erkin holda mavjud bo'la oladi, boshqa har qanday element atomlari erkin holda mavjud bo'la olmaydi. Ular bir-biri bilan birikishga harakat qiladi. Natijada esa oddiy yoki murakkab moddalarni hosil qiladi. Har qanday kimyoviy element o'zining tashqi enepgetik sathida elektronlar

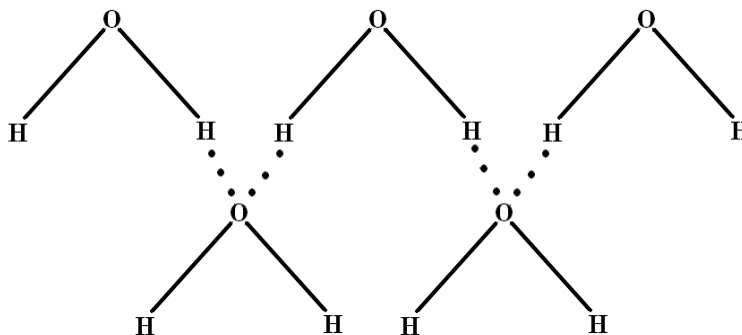
sonini tugallangan holatga yetkazishga intilishini kimyo fanidan yaxshi bilamiz. Inert gazlarning tashqi energetik sathida esa elektronlar soni tugallangan bo‘ladi.

Har bir element o‘zining tashqi energetik sathidagi elektronlarning yadroga bog‘lanish energiyasi bilan farqlanadi. N-bog‘lanish elektron manfiylik tushunchasi muhim o‘rin tutadi. Masalan fluor F atomining tashqi elektron sathida 7 ta elektron bor. Kimyoviy reaksiyalarda elektron qabul qilib olib, tashqi elektron sathidagi elektronlarni 8 taga yetkazib to‘ldirib oladi.

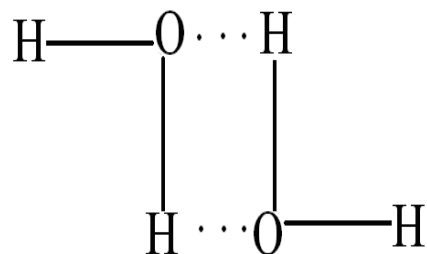
Ayni element atomining boshqa element atomidan elektronlarini tortib olish xususiyati elektron manfiylik deyiladi.

Elektron manfiyligi eng yuqori bo‘lgan element ftordir. Seziyniki eng kichikdir. N-bog‘lanish kimyoviy bog‘lanish turiga kirib ichki molekulyar va molekulalararo bog‘lanish bo‘lishi mumkin.

XIX asrning oxirlarida M.A.Ilinskiy kislorod yoki azot bilan birikkan vodorod boshqa atom bilan ham birika olishini, ya’ni vodorodda asosiy valentlikdan tashqari qo‘shimcha valentlik ham borligini aytib, bu hodisani nazariy jihatdan asoslagan edi. N-bog‘lanish orqali ikki atom yoki ikki molekula bir-biri bilan bog‘lanishi mumkin. N-bog‘lanish hosil bo‘lish mexanizmini N.D.Sokolov kvant mexanika nazariyasi asosida izohlab bergan. Vodorod elektromagnit manfiyligi yuqori bo‘lgan elementlari: F, Cl, O, N bilan birikkanda N-bog‘lanish hosil bo‘ladi. N-bog‘lanish kuchsiz, uning energiyasi $5 \div 7$ kkal/mol atrofida bo‘ladi va N-bog‘lanishni moddaning barcha agregat holatlarida uchratish mumkin. Misol tariqasida suyuq holatdagi suvni qarash mumkin. Suvni har bir molekulasidagi N-atomi ikkinchi molekuladagi kislorod atomi bilan qo‘shimcha bog‘langan:



Buning natijasida suv molekulari bir-biri bilan bog‘lanib, yirikroq zarralarni hosil qiladi. Ularni $(H_2O)_n$ formula bilan ko‘rsatish mumkin. ($n = 2, 3, 4, \dots$) Bu zarralar ichida eng barqarori $(H_2O)_2$ dir. $(H_2O)_2$ ning struktura formulasi quyidagicha yozilsa bo‘ladi.



Suyuqliklarda ko‘p tarqalgan assotsiatsiya birikib, yirikroq zarracha hosil qilish hodisasining sababi N-bog‘lanishdir deyish mumkin. N-bog‘lanishning kelib chiqishi vodorod atomining tabiatiga bog‘liqdir. N-atomi o‘zining bir elektronini yo‘qotganda vodorod atomi yadrosiga aylanadi. Vodorod ionining elektron qavati bo‘lmagani uchun boshqa ionlarning elektronlari, uning yaqinlashishiga qarshilik qilmaydi. Shu sababli vodorod ionlari boshqa atomlarning elektron qavatiga yaqinlashadi va ichiga kira oladi. N-bog‘lanish yuqorida aytganimizdek uncha mustahkam emas. Kimyoviy bog‘lanish mustahkamligi shu bog‘lanishni tamomila uzish uchun kerak bo‘ladigan energiya bilan o‘lchanadi. Bu energiya bog‘lanish energiyasi nomi bilan yuritiladi [16].

II BOB

TAJRIBA TEXNIKASI VA METODIKASI

2.1. DFS-52 spektrometrining tuzilishi va ishlash usuli

DFS-spektrometri lazer manbai yordamida yoritilgan suyuq kristall polikristall. Moddalarda kombinatsion sochilish spektrini olish va qayd qilish uchun mo'ljallangan. Shuningdek bu spektrometr molekulyar spektroskopiya sohasida fizika-ximyoviy tekshirishlar yani suyuqliklar (loyqa) suv aralashmalari kristallar, plyonkalar va kraskalar tarkibi va tuzilishini o'rganishda ishlatilishi mumkin.

Spektrometrning tarkibi. Spektrometriometrnining tarkibiga almashtiruvchi difraksion panjarali qo'shloq chastotometr va hisoblash qurilmasiga ega bo'lgan elektron qayd qiluvchi qurilma ERU -53 termoelektrik sovutgichli blok ptanyasi, alfavit va yozuvchi qurilma (programmani tayyorlash sistemasi) 15 IPG-32- 003 ga kiruvchilar, laboratoriya o'zi yozuvchi asbobbi LKS 4-003 ulash kabellari va o'tkazgichlari komplikti almashtirish va ehtiyot qismlari kiradi.

Ishlash prinsipi. Tekshirilayotgan nominal monoxromatik yorug'lik bilan nurlantirganda sochilgan yorug'likning spektrida chiziqlar kombinatsion sochilish chiziqlari kuzatiladi. Bu chiziqlarning chastotasi namunaga tushayotgan nur chastotasi bilan molekulaning xususiy chastotasi kombinatsiyasidan iborat bo'ladi.

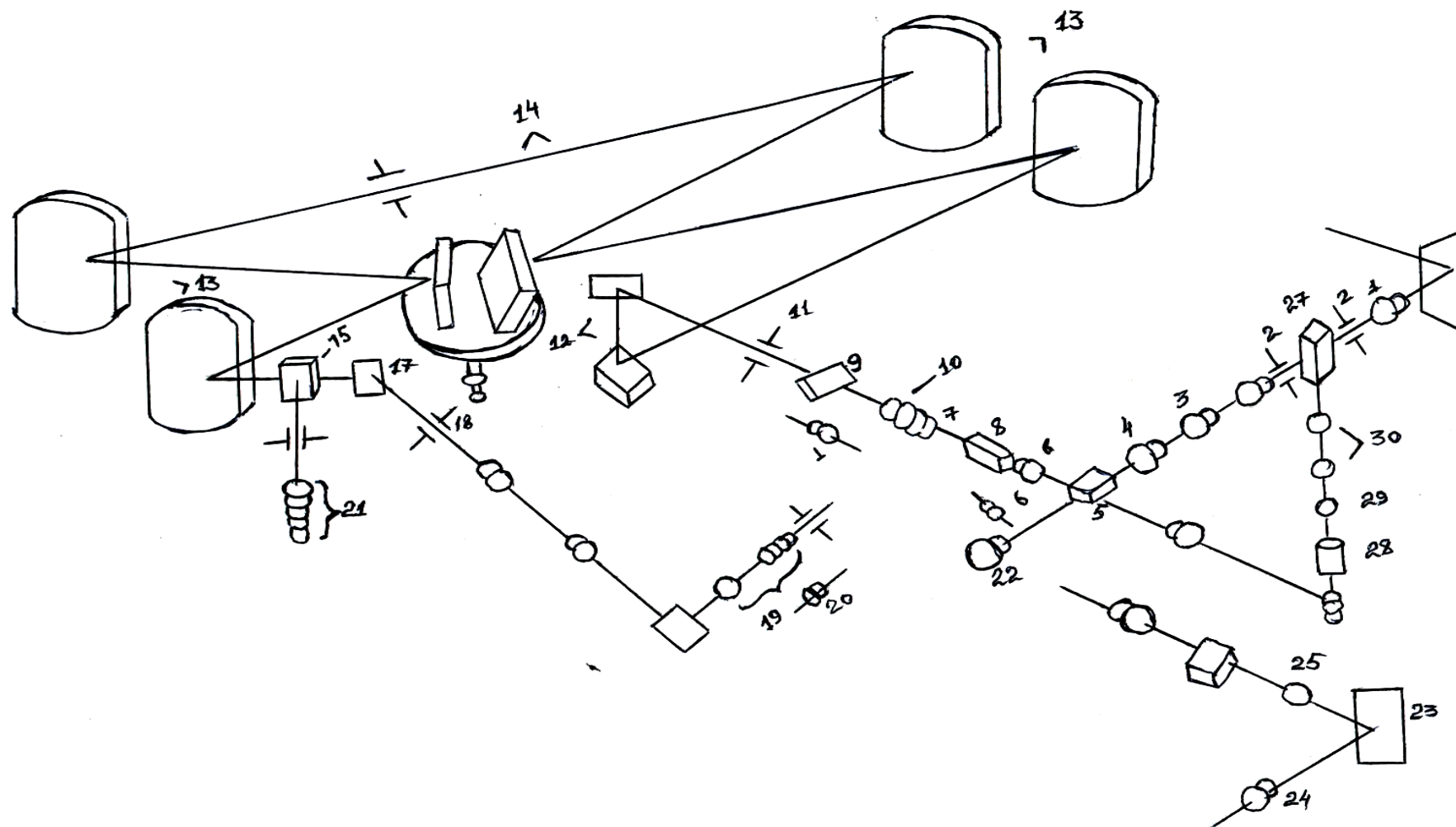
Kombinatsion sochilish spektrining intensevligi kichik bo'lib, ularni qayd qilish uchun yorug'likni kam sochuvchi monoxromatorlardan foydalanish zarur. Shuningdek shovqini kam va yetarlicha stabil bo'lgan qayd qilishning sezgir sistemalaridan foydalanish kerak.

DFS-52 spektrometrda uyg'otuvchi manba sifatida seriyali lazerlar ishlatiladi, spektrni tekshirish uchun yorug'likni kam sochuvchi difraksion panjarali qo'shloq monoxromatoridan foydalaniladi. Spektrni qayd qilish, sovitib tuziladigan fotoelektron ko'paytrgich yordamida amalga oshiriladi. Hisoblash qurilmasi spektrlarning ketma-ketligi va spektral qayd qilishni olingan natijalarning matematik qayta ishlanishni va natijalarni qayd qiluvchi asbobga chiqarishni taminlaydi.

Optik sxemasi. Spektrometrning optik sxemasi yoritish sistemasi qo'shaloq monoxromator va qabul qiluvchi qurilma elementlaridan iborat. Yoritish sistemasi lazer nurining tekshirilayotgan namuna tekisligiga fokuslanishini taminlaydi, namunadan sochilgan nurlanishni yig'adi va uni qo'shaloq monoxromatorning kirish tirqishiga yo'naltiradi. Qo'shaloq ko'zguni monoxromator almashtiruvchi difraksion panjaraga ega bo'lib u uyg'otuvchidan 25sm^{-1} masofada 8dan 25sm^{-1} mm gacha teskari chiziqli dispersiyani taminlaydi (sochilgan nur uyg'otuvchining 10^{-7} qismi (intensivlikning)dan katta bo'lganda).

Qabul qilish blokining qayd qilish kanaliga o'rnatilgan ob'yektiv fotoelektron ko'paytirgichning qabul qilish maydonida monoxromator qorachig'ining tasvirini beradi. Qabul qilish bloki taqqoslash kanalining oldiga o'rnatilgan yorug'lik o'tgazgich lazer nurlanishning bir qismini uzatadi.

Qo'shaloq monoxromatorning optik sxemasi va ishlatilishi. Yoritish sistemasi va qabul qilish bloki bo'lgan qo'shaloq monoxromator yorug'likning kombinatsion sochilishi uchun spektirni olish va uni elektr signallariga aylantirish (sochilish spektirida energiyaning taqsimlanishini harakterlovchi) uchun mo'ljallangan spektrometrning optik sxemasi 2.1-rasmda keltirilgan yorug'lik manbaidan chiqqan parallel nurlar dastasi tor yo'lni interferension yorug'lik filtrida 1 diafragmadan 2 qutblanuvchi plastinkadan 3($\lambda/2$ yoki $\lambda/4$) va almashtiruvchi obektivlardan 4 biri orqali namuna 5 tekis fokuslanadi. Namunadan sochilgan nurlanish linzalaridan biri orqali proyeksiyalovchi sistemada to'planadi. Linza va ob'yektiv 7 dan iborat proyeksiyalovchi sistema namunaning tasvirini qo'shaloq monoxromatorning kirish tirqishi oldida 2,3 yoki 3,5 marta kattalashtirib beradi. Linza bilan ob'yektiv 7 orasida parallel nurlar dastasiga prizma –analizator 8 qo'yilishi mumkin. Monoxromatorning orqasiga ikkita yassi beruvchi ko'zgudan iborat sistema 12 qo'yilgan bu sistema yorug'lik dastasini beradi, monoxromatorning ob'yektivi 13 sifatida parabolasion ko'zgular ishlatiladi. Difraksion panjaralar 14 almashtirilishi mumkin. To'lqin uzunligining 400 -600 km diapazonidan 1 mm da 1000 chizig'i bo'lgan panjaralar ishlatiladi. Chiqishdagi buruvchi ko'zgu 15 difraksiyalangan yorug'likni chiqish tirqishiga 16



2.1-rasm. DFS-52 spektrometrning optik sxemasi

yo'naltiradi 15 ko'zguni yorug'lik dastasidan buruvchi ko'zgu 17 yorug'likni chiqish tirqishining imitatoriga 18 yo'naltiriladi, bu esa spektrning chiqarilgan oblastini okulyar 20 sm ko'rish trubasi orqali kuzatish mumkun. Qabul qilingan blokka o'rnatilgan ob'yektiv 21 asbobning qorachig'ini fotoelektron ko'paytirgichning qatoriga 1/20 kattalashtirishda akslantiradi.

Lazerning yorug'lik dastasidan to'la foydalanish maqsadida yoritish sistemasida shaffof moddalar bilan ishlaganda sferik ko'zgu 22 qo'yiladi. Bu esa lazer nurining moddadan qayta o'tishni taminlaydi. Ko'zgu 23 yorug'lik dastasining namunadan kuzatish yo'nalishida sochilgan qismidan foydalanishni taminlaydi.

Namunalar bilan ishlash uchun beruvchi prizma 25 va qisqa fokus linza 26 ishlatiladi. Bular lazer nurini 28 ko'rinishga uzatadi.

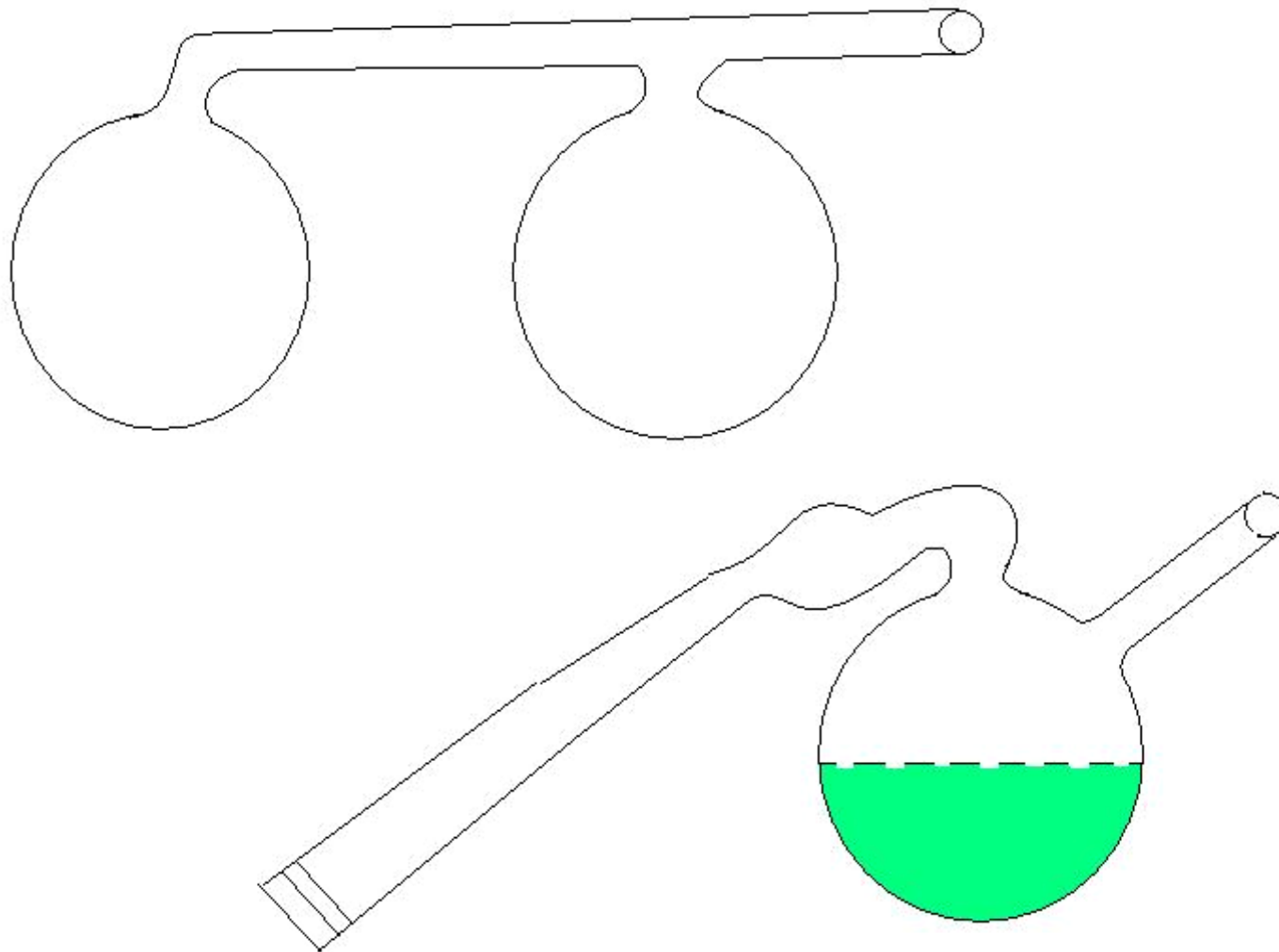
2.2. O'zgartirayotgan obyektlarni tajribaga tayyorlash usuli

Obektlarni eksperimental tayyorlash uchun o'sha tekshirilayotga namuna toza bo'lishi kerak, ya'ni chang va boshqa aralashmalardan holi bo'lishi kerak. Ozgina aralashmalar ham molekulayar sochilishidan chetlanishga olib kelishi mumkin. Tekshirilayotgan modda ximiyaviy tarkibi jihatidan ham tozalangan bo'lishi kerak. Tozalash vakuum ostida qayta haydashdan iborat bo'lib ikkita bir- biriga ulangan sharikdan iborat (2.2-rasm).

Eng avval moddani tozalashdan oldin shariklar va Vud trubkaasi distrlangan suv bilan toza qilib spirt bilan chayilgandan so'ng kiritish shkafida quritilgan. Tekshirilayotgan modda bir-biriga ulangan shariklardan biriga solinadi. Ulangandan keyin shariklardan biri, ya'ni tekshirilayotgan modda solingan sharik pechkaga solinadi va ma'lum bir qaynash temperaturasigacha qizdiriladi. Natijada qizdirilayotgan sharikdagi modda solngan tarkibidagi chang zarralari suv va boshqa aralashmalar asta sekin o'sha moddaning tarkibidan chetlasha boshlaydi, ya'ni o'rganilayotgan ob'ektbug'lanib shariklardan biriga o'tib ketadi. Eksperimentga tayyorlanayotgan moddani shu yo'l aynan bir necha marta tozalaniladi va nihoyat o'zi alohida toza holicha qoladi. Uglekislota yordanida yoki quruq muz yordamida yaxlatilib xavosi so'rib olinadi. Vakuum qilingandan so'ng kavsharlanib va pechkaga qoyilib qayta haydaladi. Shar qayta haydalgan suyuqlik bilan kesib oilnib Vud trubkasiga ulanadi. Vud trubkasiga ulangandan so'ng qayta haydash yo'li bilan tozalanadi va Vud trbkasiga o'tkaziladi. Vud trubkasining tag qismi bilan yonbosh qismlaridan tashqari hamma tomoni boyaladi. Bundan maqsad boshqa tomonlarga sochilgan yorug'lik turlicha yutulishi uchun yuqorida aytilganidek Vud trubkasi eksperementga tayor hisoblanadi.

Aralashmani tayyorlash usuli. Ma'lumki kombinatsion sochilish spektrining sifati va foydali signalning fanga yaxshi munosabatini olish moddani tayyorlashga ko'proq bog'liq.

Moddani oldindan tayyorlash xarakterli o'lcham uchun yaroqli spektrni olish uchun zarur bo'lgan quyidagi asosiy talablar bilan aniqlanadi:



2.2-rasm. Vud trubkasi.

Moddani oldindan tayyorlash xarakterli o'lcham uchun yaroqli spektrni olish uchun zarur bo'lgan quyidagi asosiy talablar bilan aniqlanadi:

- a) molekulaga tegishli bo'lmagan sochilishni kamaytirish uchun xizmat qiluvchi chang zarralaridan modda toza bo'lishi kerak.
- b) modda fluorissentsiya bermaydigan bo'lishi kerak. Ko'p hollarda fluorissentsiya tozalanmagan suyuqliklarda oz miqdordagi aralashmalar borligi tufayli kelib chiqadi. Fluorissentsiya natijasida spektrni kuzatishda, ayniqsa tekshirilayotgan moddaning kam miqdorini o'lchashga halaqit beradigan kuchli fan kelib chiqadi.
- v) Modda iloji boricha rangsiz bo'lishi kerak. Hamma tekshirilayotgan moddalar "XЧ (ximiyaviy toza)" yoki "ЧДА (toza tajriba uchun)" markada olingandan keyin qo'shimcha tozalangan bo'lishi kerak.

Suyuqlik oldindan fosfor besh oksidi yordamida quritiladi. Suv miqdori fonning kuchyishiga va kombinatsion sochilish chizig'ining yoyilib ketishiga olib keladi.

Biror aralashmalar konsentratsiyasi eritilgan (aralashtirilgan) modda molekulalarining sonini erituvchi modda molekulalarining sonining erituvchi modda molekulalarning soniga nisbati bilan o'lchanadi (nisbiy mol tarkibi) biror aralashmalarini solishtirishni osonlashtirish uchun nisbiy mol tartibni eritilgan modda va erituvchi hajmlarni nisbati orqali ifodalash mumkin.

Konsentratsiyada, ya'ni eritilgan modda molekulalarining soni eruvchi molekulaga teng bo'lgan konsentratsiyada nisbiy mol tarkibini moddalar hajmlarining nisbati orqali quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\frac{M_A \alpha_B}{m_B \alpha_A} = \frac{V_A}{V_B} \quad (2.1)$$

Bu yerda M_A va M_B eritilgan modda va erituvchining molekulyar og'irliklari α_A va α_B ularning zichliklari V_A va V_B hajmlardir. Bu formuladan ko'rinadiki, istalgan konsentratsiyani mol eritilgan modda hajmining erituvchi hajmiga nisbati orqali ifodalash mumkin.

Idishni to'ldirish va konsentratsiyani olish uchun shprisdan foydalaniladi. Bunday oddiy qurilma zarur konsentratsiyani etarlicha tez va aniq tayyorlashga imkon beradi.

2.3. Nazariy hisoblashlar tajriba natijalarining tahlili

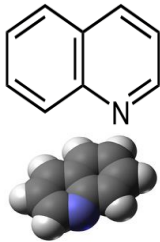
Suyuqliklarning tuzilishi, anomal xossalari, molekulalararo bog‘lanishi bo‘yicha hozirgi kunlarda keng ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bunday tadqiqotlar katta amaliy ahamiyatga ega. Shu maqsadda suyuqliklardan xinolin moddasini tanlab oldik [18,19].

Tadqiqot ishimizdan maqsad, xinolinning kombinatsion sochilish spektrlaridagi spektral chizig‘ining maksimumini har xil qutblanishlarda mos kelmasligini tushuntirish.

Tadqiqot natijalari avtomatlashtirilgan DFS-24 spektrometrida qayd etildi. O‘yg‘otuvchi yorug‘lik manbai sifatida to‘lqin uzunligi $2863 \text{ \AA}$ ga teng bo‘lgan He-Ne lazeridan foydalanilgan.

Xinolin moddasini fizikaviy-kimyoviy xossalari [31].

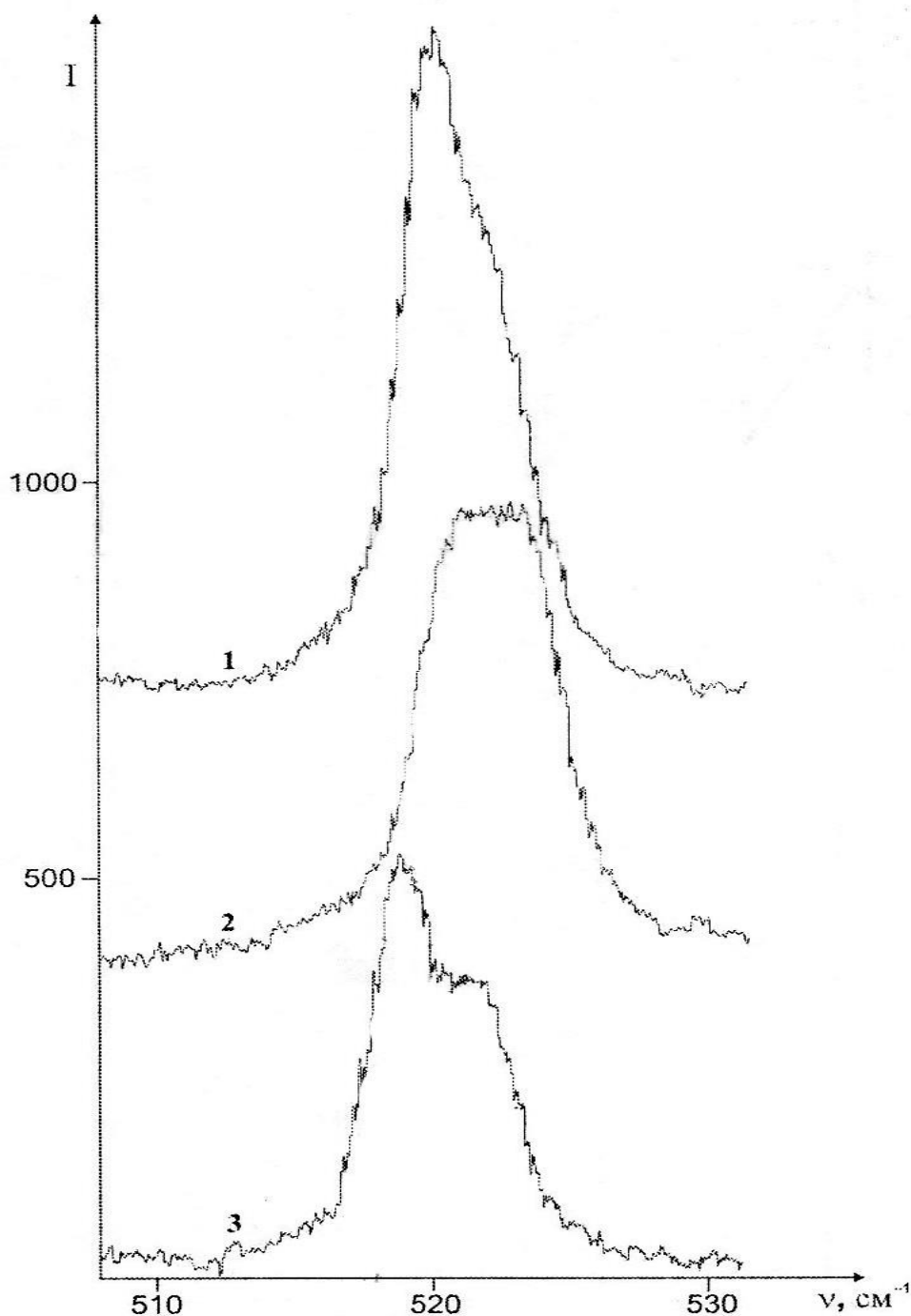
2.1 jadval.

Kimyoviy modda	Kimyoviy formulasi	Strukturaviy tuzilishi	Molyar massasi M (g/mol)	Zichligi $\rho(g/sm^3)$	Holati	Qaynash harorati $t(C^0)$	Erish harorati $t(C^0)$	Suvda eruv chanligi	Sindirish ko‘rsatgichi
Xinolin	C_9H_7N		129.16	1.093	-	238	-15	-	-

Xinolin-geterosiklik qatordagi organik birikma, fosfor va boshqa xom ashyolarda erituvchi sifatida qo‘llaniladi, organik bo‘yoqlarni sintez qilish uchun, ishlab chiqarishda xinolin, meditsenada (plozmasid, xinin) olishda foydalaniladi.

Olimlarimiz kombinatsion sochilish spektrlari yordamida piridin eritmalarida assotsiatlarga tegishli spektral chizig‘i bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar olib borgan va bu chiziqlarning murakkabligi to‘g‘risida fikr yuritgan [20,21].

2.3-rasmda xinolinning 520 cm^{-1} tegishli bo'lgan kombinatsion sochilish spirti parallel hamda perpendikulyar tashkil etuvchilari keltirilgan bo'lib, 1-holda parallel tashkil etuvchisi ushbu holda polosa yuqori chastota tomondan assimetriyaga ega, perpendikulyar tashkil etuvchisida esa intensivliklar bir-biriga teng bo'lgan ikkita spektral chiziq kuzatiladi, hamda polosaning yuqori chastotali qismining kengayishiga olib keladi.



2.3 -rasm Xinolinning kombinatsion sochilish ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$) spektrlaridagi 520 cm^{-1} spektral chizig'i. [24,25]

1-parallel tashkil etuvchisi. Antisimmetriya mavjud. Bu parallel tashkil etuvchi murakkab ko‘rinishga ega.

2-perpendikulyar tashkil etuvchisi . Perpendikulyar tashkil etuvchi ham murakkab tuzilishga ega.

3- xinolinning (0,2 m.u.) xloroform (0,8 m.u.) bilan eritmasining spektri

Bu chiziqlarning depolyarizatsiya koeffitsiyentlari ham turli qiymatni tashkil etadi. Bu yerda parallel hamda perpendikulyar tashkil etuvchilarning maksimumlari bir-biridan farq qiladi. Bu farq 2 smni tashkil etadi. 3– holda esa xinolinni kuchsiz protonodonor xususiyatiga ega bo‘lgan xloroform bilan tadqiqot natijalari olib borildi, bu yerda xinolinning miqdori 0,2 m.u. bo‘lgan vaqtda polosaning ikkiga yaqqol ajralganligini ko‘rishimiz mumkin. Bu chiziqlarning maksimumlari 518,2 va 521,4 sm^{-1} ni tashkil etadi [22,23].

Xinolinning kombinatsion sochilish spektri 520 sm^{-1} spektral chizig‘i murakkab bo‘lib, u chiziq protonodonor qobiliyatiga ega bo‘lgan xloroformda eritilganda 518,2 va 521,4 sm^{-1} ni tashkil etadi.

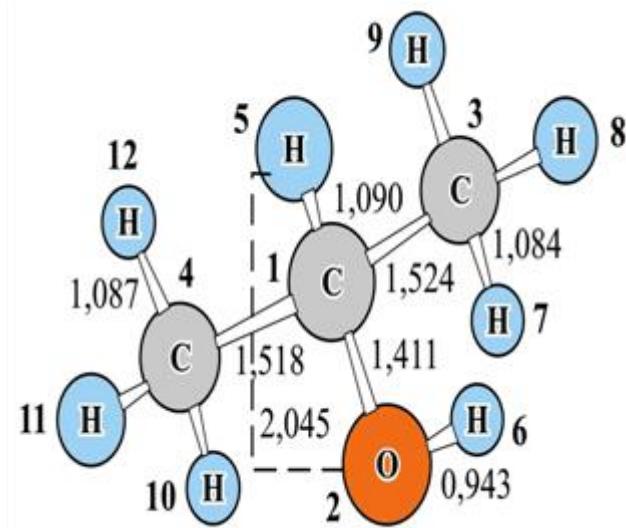
Xinolinning xloroform bilan eritilgan spektrlari o‘rganilganda ham bu spektral chiziqlar murakkabligini ko‘rishimiz mumkin [26,27].

Qutbsizlanish darajasi

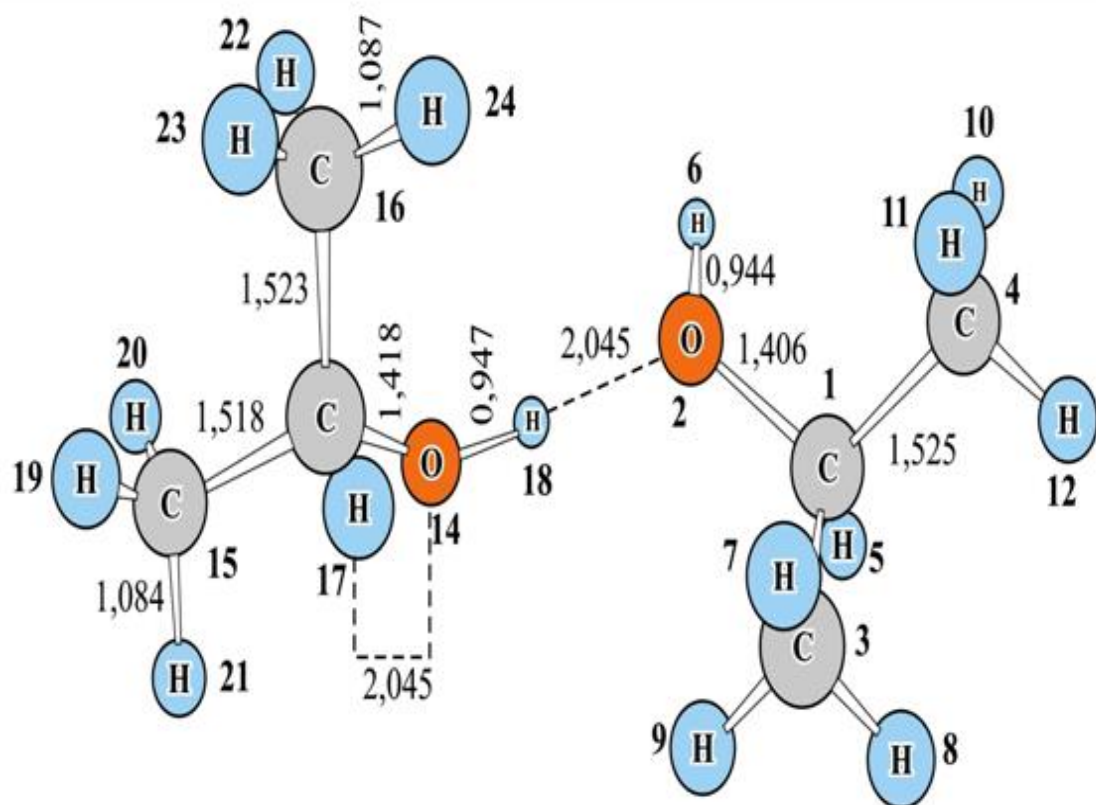
$$\frac{I_{\parallel}}{I_{\perp}} = \Delta$$

formula bilan aniqlanadi.

Δ ning qiymatiga qarab spektral chiziqlarning qutbsizlanish darajasi belgilanadi.



a) monomer



b) dimer

2.4-rasm. Xinolinning molekulyar agregatlarining tuzilishi [28,29,30]

Xulosa

1. Mavzuga tegishli adabiyotlardan davriy jurnallardan va internet ma'lumotlaridan foydalanib bitiruv malakaviy ishning nazariy bobi shakllantirildi.

2. Avtomatik ravishda kombinatsion sochilish spektrini qayd qiluvchi DFS-52 spektrometrining ishlash prinsipi o'rganildi.

3. Parallel tashkil etuvchida yuqori tomonga assimetriya kuzatiladi. Perpendikulyar tashkil etuvchida esa ikkita intensivligi bir-biriga teng bo'lgan chiziq kuzatiladi. Bularning qutbsizlanish darajalari ham har xil ekan. Parallel va perpendikulyar tashkil etuvchilarning maksimumlari mos kelmas ekan.

4. Kvanto-ximik hisoblashlar natijasi shuni ko'rsatdiki haqiqatdan ham xinolinining molekulasida turli xil agregatlardan ya'ni, monometr va demirdan iborat ekanligini ko'rsatdi va tajriba olingan natijalar bilan mos keldi.

5. Bu yerda demir hosil bo'lish energiyasi va molekula ichida ichki vodorod bog'lanish borligi Kvanto-ximik hisoblashda ko'rsatildi.

6. Xinolinning 520 cm^{-1} spektral chizig'i murakkab ko'rinishda bo'lib, xloroformda eritilganda $518,2$ ba $521,4\text{ cm}^{-1}$ spektral chizig'larini tashkil etar ekan. Chunki xloroform protonodonor xususiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov I.A. «Barkamol avlod orzusi- O‘zbekiston kelajagi poydevori». Toshkent 1998 yil
2. O‘zbekiston Respublikasining Konstitusiyasi.- T: O‘zbekiston. 1992-49b.
3. O‘zbekiston Respublikasining "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi" Barkamol avlod – O‘zbekiston taraqqiyotining poydevori.)-T:Sharq nashariyot matbaa-konserni.1997.-B.31-61
4. Karimov I.A. “O‘zbekiston mustaqillikka erishish ostonasida” Toshkent-2011 yil. B.400
5. Бахшиев Г.Л. “Введение в молекулярная спектроскопия” Санк-Петербург-1990 й.
6. Tuxvatullin F.X., Jumaboev A.J. va boshq. “Optika” Samarqand 2004 y. A.Navoiy nomidagi Samarqand Davlat Universiteti.
7. Qo‘yliyev B.T. “Optika” Toshkent-2009 y.
8. Герцберг Г. “Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул” М. 1979 г.
9. Герцберг Г. “Спектры и строение двухатомных молекул” М.1949 г.
10. Ельяшевич М.А. “Атомная и молекулярная спектроскопия” М. 1962 г.
11. Ataxadjayev A.K., Jo‘rayev B.S. “Molekulyar optika” Samarqand.1992 y.
12. Вебр А. “Спектроскопия в газах и жидкостях” Москва-1982г
13. Брандмюллер И., Мазер Г. “Введение в спектроскопию К.Р.С” Москва “Мир”-1984г 628с.
14. Волькенштейн М.В. “Строение и физические свойство молекул ” М.Л.1995г.
15. Сущинский М.М. “Спектры К.Р. молекул и кристаллов ” М. “Наука”-1969г
16. Атахаджаев А.К., Тухватуллин Ф.Х. “Спектральное распределение интенсивности крыли линии Релей рассеяния жидкостей и растворов” Т. Фан. 1981г.

17. Вукс М.В. “Рассеяние света в газах, жидкостях и растворах” изд ЛГУ.1977г.
18. Волькенштейн М.В. “Молекулярная оптика” ГТИ.1951г.
19. Фабелинский И.А. “Молекулярное рассеяние света ”М.Наука.1965г.
20. Френкель И.Я. “Кинетическая теория жидкостей” Л.Наука1975г.
21. Куйлиев Б.Т., Орлова Н.Д., Позднякова А.Л., Тухватуллин Ф.Х., Жумабоев А. Доклады. Академии наук.Рес.Уз.Тошкент-2006 №6 С.17-22.
22. Куйлиев Б.Т., Орлова Н.Д., Позднякова А.А., Тухватуллин Ф.Х., Жумабоев А. Узб-Физ.жур.Тошкент-2007 Т.9 №2 С.134-139.
23. Kuyliyev B.T., Orolova N.D., Pazdnyakova L.A., Tukhvatullin F.H., Jumaboyev A.. Ukrainion Journali of Physics-2007. V.52.№5.P.445.
24. Zamonaviy fizika va astronomiyaning dolzarb muammolari. II Respublika ilmiy konferentsiyasi materiallari.. Qarshi-2010 y. bet. 234
25. Samarqand Davlat universiteti LXX talabalarning konferensiyasi.
26. Fan, taraqqiyot va yoshlar. Ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. Qarshi.2012 yil.bet.104.
27. “Nanotexnologiya va qayta tiklanadigan energiya manbalari: muammolar va yechimlar” respublika ilmiy – amaliy anjumani. 2012 yil. bet.134.
28. Хабибуллаев П.К., Буллавин Л.А., Погорелов В.Е., Тухватулин Ф.Х. и др. “Динамика молекул в жидкостях” Ташкент-2009 й.
29. Normurodov M.T., Kuyliyev B.T., Orlova N.D., Pozdnyakova L.A. “International Conference Physics of liquid matter: Modern problems” Kyiv-2010 P.3.
30. Замонавий физика ва астрофизиканинг долзарб муаммолари III – Республика илмий-амалий анжумани материаллари. Қарши. 2015 й.
31. <http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Хинолин&oldid=55107005>
[www.bankreferatov.ru/ka su.uz](http://www.bankreferatov.ru/ka-su.uz)
www.ziyonet.uz
www.astrin.uz
www.fvat.uz