

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

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI
FIZIKA KAFEDRASI

JO‘RAYEVA MUNISA NARZILLO QIZINING

“5140200 — Fizika” ta’lim yo‘nalishi bo‘yicha
bakalavr darajasini olish uchun

**CHUMOLI KISLOTASIDA KOMBINATSION SOCHILISH
SPEKTRINI O‘RGANISH**

mavzusida yozgan

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Ilmiy rahbar:

dots. B.T.Qo‘yliyev

“Himoyaga tavsiya etilsin”

Fizika – matematika fakulteti

dekani: _____ prof. A.Tashatov

“ _____ ” _____ 2015 yil

Qarshi – 2015

MUNDARIJA

Kirish	3
 I. BOB. Raman effekti va uning nazariy asoslari	6
 1.1. Raman effekti va uning kvant nazariyasi	6
1.2. Molekulalararo o'zaro ta'sir asoslari	16
1.3. Vodorod bog'lanishni spektroskopik namoyon bo'lishi	23
 II. BOB. Tajriba texnikasi va metodikasi	27
 2.1. DFS-52 spektrometri va uning ishlash usuli	27
2.2. Namunalarni tajribaga tayyorlash usuli	32
2.3. Tajriba va nazariy hisoblash natijalari tahlili.....	34
 Xulosa	42
 Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati	43

Kirish

Ma'lumki fizikaning barcha sohalari oldidagi asosiy vazifalardan biri moddalarning xossalari va tuzilishini mukammal o'rganish masalasidir. Ayniqsa, atom va molekulalarning tashqi ta'sir-temperatura, bosim kabi o'zgarishlar bilan bog'liq fizik qonuniyatlarni tadqiq qilish dolzarb masaladir.

Hurmatli prezidentimiz aytganlaridek, tabiat in'om etgan xom-ashyolardan to'g'ri ilmiy asoslangan holda foydalanish iqtisodiy samaradorlikni oshiradi [1].

Demak biz har bir ishlatiladigan moddani har taraflama yaxshi bilishimiz kerak, shundagina biz undan ishlab chiqarishda to'g'ri foydalanishimiz mumkin. Bu borada spektroskopik tadqiqotlar albatta asosiy o'rin tutadi.

Chunki endilikda ilm-fan yangi yo'llar ochishi, sifat jihatdan yangi texnologiyalarni jadallik bilan yaratish, jamiyatning yangi holatga o'tishini ta'minlashi lozim [2].

Bitiruv malakaviy ishining dolzarbligi: Moddalarda vodorod bog'lanishlarni kombinatsion sochilish spektri orqali o'rganish hozirgi kunda muammoga asosiy yechim bermoqda. Vodorod bog'lanish: bir molekula tarkibida ximiyaviy bog'lanishda qatnashayotgan vodorod atomi yana boshqa molekula bilan ham qo'shimcha bog'lanish hosil qiladi. Bu bog'lanishning energiyasi Van-der Vals o'zaro ta'sir energiyasidan katta bo'lganligi sababli u o'zaro ta'sirlashuvchi molekulalarning spektral parametrlariga kuchliroq ta'sir qiladi. Molekulalarning aylanma, aylanma-tebranma harakatlari o'zgaradi. Bundan tashqari molekulalarning elektr xossalari (dipol momenti) o'zgaradi. Bularni yorug'likning modda bilan o'zaro ta'sir jarayonida o'rganish mumkin. Bu jarayonda faqatgina yorug'likning emas, balki moddaning xossalari ham keng namoyon bo'ladi. Shuning uchun ham mavzu chumoli kislotasida kombinatsion sochilish spektrini o'rganish deb tanlangan.

Bu o'z navbatida fizika, astronomiya, ximiya, biologiya, meteorologiyaning ko'plab masalalarni yechishga ko'maklashishi mumkin.

Bitiruv malakaviy ish obyekti va predmeti: Tadqiqot obyekti qilib chumoli kislotasi ($HCOOH$) tanlangan. Bu kislota molekulalari protonodonor gruppasi va ikkita protonoakseptor markaziga ega bo‘lib suyuq holatda vodorod bog‘lanish orqali turli agregatlar hosil qilishi mumkin.

Qolaversa chumoli kislotasi ishlab chiqarishda keng ishlatiladi. Uning spektroskopik parametrlarini bilish undan to‘g‘ri foydalanishga olib keladi.

Bitiruv malakaviy ishning maqsad va vazifalari: Bitiruv malakaviy ishining asosiy maqsadi kombinatsion sochilish spektri orqali chumoli kislotasida molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlarini eksperimental hamda nazariy hisoblashlar orqali o‘rganish.

Vazifalari: Avtomatlashtirilgan spektrometr DFS-52 va yorug‘lik manbai argon ($\lambda = 4880 \text{ \AA}$) lazeri bilan ishlashni o‘rganish. Chumoli kislotasi va uning turli xil eritmalarida kombinatsion sochilish spektrini qayd qilish. Kombinatsion sochilish spektral chizig‘i konturining o‘zgarishiga qarab ichki molekulyar va molekulalararo o‘zaro ta’sir jarayonlarining fizik mohiyatini tushunish. Vodorod bog‘lanish mavjudligini aniqlash. Kvanto-kimyoviy hisoblashlar o‘tkazish orqali spektral chiziqlik tabiatidagi o‘zgarishlarni tushunish.

Mavzuning o‘rganilish darajasining qiyosiy tahlili: Molekulalararo o‘zaro ta’sir tabiatini o‘rganish o‘z qiyinchiliklariga ega. Shuning uchun ham bunday tadqiqotlar o‘z qiyinchiliklariga ega. Kombinatsion sochilish spektrlari orqali modda atom va molekulalarni tadqiq etish Sankt-Peterburg (Rossiya) universitetining Molekulyar spektroskopiya, O‘zbekistom Milliy universitetining Optika va lazer fizikasi, Samarqand Davlat universitetining Optika va spektroskopiya, Qarshi Davlat universitetining Fizika kafedralarida va dunyoning ko‘pgina ilmiy markazlarida olib boriladi. Mavjud nazariyalar sifat jihatidan tushuntirishda, miqdoriy tushuntirishda nomuvoffiqliklar kelib chiqadi.

Tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati: Molekulyar fizika kondensirlangan muhitlar fizikasi rivojlanishiga yordam berishi mumkin. Ilmiy maqolalar, tezislar hamda talabalar bitiruv malakaviy ishlarining magistrlik dissertatsiyalarini va maxsus kurslarni o‘qitishda foydalanish mumkin.

Bitiruv malakaviy ishining ilmiy yangiligi: DFS-52 spektrometri va $\lambda = 4880 \text{ \AA}$ to‘lqin uzunlikli argon lazerining ishlash usuli o‘rganildi. Chumoli kislotasi va uning turli xil eritmalarining kombinatsion sochilish spektrlari qayd etildi. Spektral chiziqlar konturlarining shakllanishiga qarab molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlarining tabiati tushuntirildi. Chumoli kislotasi monomer, dimer agregatsiyalari strukturaviy tuzilishi aniqlandi. Vodorod bog‘lanish energiyasi va bog‘ uzunligi kvanto-kimyoviy hisoblashlar orqali aniqlandi. Tajribada olingan tajriba natijalari kvanto-kimyoviy hisoblash natijalari bilan va boshqa ilmiy manbalarga asoslanib tushuntirildi va xulosalandi.

Bitiruv malakaviy ishini tuzilishi: Kirish, ikki bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar, 15-ta rasm, 3-ta jadvalni o‘z ichiga olgan 44 sahifada bayon etilgan.

I BOB. Raman effekti va uning nazariy asoslari

1.1.Raman effekti va uning kvant nazariyasi

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. 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.

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 [3,4].

- 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 $\nu', \nu'', \nu''' \dots$ 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, ya’ni

$$\nu_0 - \nu_r = \nu_b - \nu_0.$$

Bu yerda chapda uyg‘otuvchi chastotalardan uzunroq to‘lqinli 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. Temperatura koʻtarilganda «binafsha» yoʻldoshlarning intensivligi tez ortadi.

Bu sochilishni qoʻyidagicha taʼriflash mumkin: Sochilgan yorugʻlik chastotasi ν' tushuvchi yorugʻlik chastotasi ν_0 bilan molekulalarning xususiy tebranish chastotalari ν_i kombinatsiyasidan iborat $\nu' = \nu_0 \pm \nu_i$. Shuning uchun ham kombinatsion sochilish deyiladi [8].

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.

Kombinatsion sochilish hodisasi mumtoz 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 bogʻliq. Atomlar tebranganda qutblanish α_0 – oʻrtacha qiymat atrofida tebranadi, buni quyidagicha izohlash mumkin:

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

Ushbu tebranishlarning chastotasi 10^{12} - 10^{13} Gs boʻlib, elektromagnit toʻlqinlar shkalasining infraqizil spektri sohasiga toʻgʻri keladi. Boshqacha aytganda, $\alpha(t)$ kattalikning oʻzgarishi tushayotgan yorugʻlikning ($\approx 10^{15}$ Åö) elektr maydonining tebranishiga nisbatan sekinroq oʻzgaradi. Shu sababga koʻra tushayotgan yorugʻlik toʻlqinining monoxromatik maydonida molekulaning dipol momentining oʻzgarishi:

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

qonun bo'yicha ro'y beradi, ya'ni ampitudasi modulyatsiyalangan tebranishdan iborat bo'ladi. Bu yerda $E = E_0 \cos \omega t$ - yorug'lik to'liqining o'zgaruvchan elektr maydoni, E_0 yorug'lik to'liqini elektr maydoni kuchlanganligining 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'liqining chastotasi ω ga teng, modulyatsiya esa ω_i - chastotalarda (sochuvchi modda molekulasiidagi 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 ma'lumot beradi. Bu spektrni o'rganish va tahlil etish orqali molekula strukturasi va tuzilishini bilishga muvaffaq bo'lamiz.

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

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

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 ν 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'likning chastotasi o'zgaradi va siljish nokogerent bo'lib qoladi [5-7]. Shunday qilib, mumtoz elektrodinamika

sochilgan yorug‘lik spektrida siljimgan chiziqning (ν) har ikki tomonida ν_i masofaga simmetrik siljigan chiziqlar – yo‘ldoshlarning 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).

Mumtoz 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. Mumtoz 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‘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, bularning miqdori $h\nu_0$ ga teng, bu yerda $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - Plank taklif etgan universal doimiydir. Shuning uchun o‘zida ν_0 chastotali tebranishlar bo‘layotgan atom $h\nu_0$ energiya zahirasi 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 [8].

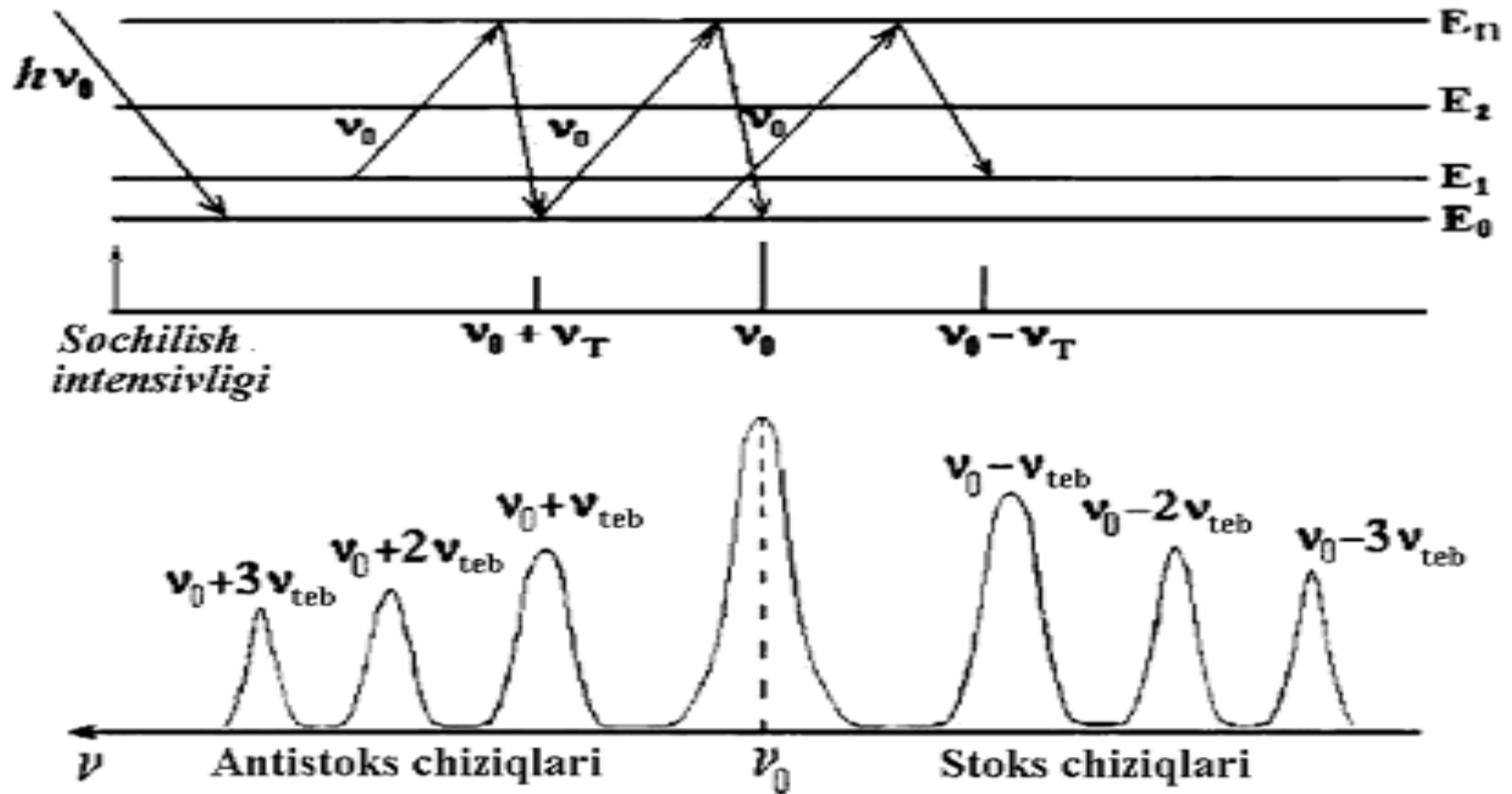
To'qnashish noelastik bo'lgan holda fotonning energiyasi $h\nu_i$ tebranma kvant miqdorida o'zgaradi. Agar yorug'lik tebranish holatida bo'lmagan molekulalar bilan o'zaro ta'sir qilsa, yorug'lik molekulaga energiyasining tegishli qismini berib, $h\nu' = h\nu_0 - h\nu_i$ yoki $\nu' = \nu_0 - \nu_i$ tenglamaga muvofiq ravishda kichik chastotali nurga (qizil yo'ldosh, Stoks chizig'iga) aylanadi, bu yerda ν_0 uyg'otuvchi yorug'lik chastotasi, ν_i molekulalar 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. Buni 1.1-rasmdan osongina tushunish mumkin.

Tebranish holatida bo'lgan molekulalar soni o'yg'otilmagan molekulalar 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 molekulalar soni tez ko'payadi, shunga yarasha binafsha yo'ldoshlarning intensivligi tez ortishi kerak, bu ham tajribada tasdiqlanmoqda. Stoks va antistoks chiziqlarining intensivligi temperaturaga bog'liq.

Misol uchun stoks chiziqlarining ikki xil temperaturada intensivliklarining qiymati quyidagi nisbatda bo'ladi:

$$\frac{I_{T_1}}{I_{T_2}} = \frac{\left(1 - \tilde{a}^{-\frac{h\nu}{\tilde{E}\tilde{O}_2}}\right)}{\left(1 - \tilde{a}^{-\frac{h\nu}{\tilde{E}\tilde{O}_1}}\right)} \quad (1.3)$$

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



1.1-rasm. Reley (ν_0) va kombinatsion ($\nu_0 - \nu_{teb}, \nu_0 + \nu_{teb}$) sochilish spektrlarini hosil bo'lishiga olib keladigan energetik sathlar orasidagi o'tishlar

$$\frac{I_{T_1}}{I_{T_2}} = \frac{e^{-\frac{h\nu}{KT_1}}}{e^{-\frac{h\nu}{KT_2}}} \quad (1.4)$$

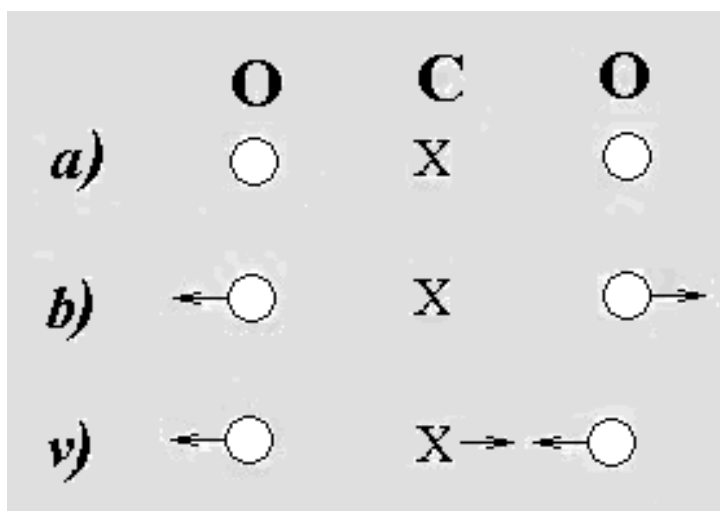
Stoks va antistoks chiziqlarining intensivliklari nisbati:

$$\frac{I_{as}}{I_s} \approx \left(\frac{\nu_0 + \nu_{teb}}{\nu_0 - \nu_{teb}} \right)^4 \quad (1.5)$$

kabi bo'lib, bundan ko'rinadiki chastotaning to'rtinchi darajasiga proporsional ekan.

Haqiqatda, ν chastotali kombinatsion chiziqlarning 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 [9-11].

Infraqizil spektrida aktiv bo'lgan tebranishlar kombinatsion sochilish spektrida aktiv bo'lmaydi va aksincha. Masalan: CO_2 molekulasida atomlar tebranganda (1.2b-rasm) 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 (O) tebranish vaqtida uglerod zaryadidan ikki tarafga simmetrik joylashganicha qolaveradi.



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

Boshqacha tebranishda (1.2 v -rasm) 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 b-rasm) kombinatsion sochilish chizig'i paydo bo'ladi, bu chiziqning chastotasini kombinatsion sochilish spektridan aniqlash mumkin; ikkinchi tur tebranishda (1.2 v-rasm) 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.

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 xarakterlidirki, bu spektrlar yordamida murakkab molekulyar aralashmalarni, ayniqsa ximiyaviy yo'l bilan analiz qilish qiyin, xatto 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.

Yuqorida gap dastlabki nurlanishning muhit molekulalari bilan o'zaro ta'sir qilishda paydo bo'ladigan kombinatsion sochilishi 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 mumtoz modulyatsion manzara nuqtai nazaridan ham soddalashtirilgan kvant chizma 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 mumtoz fizika doirasida turib tushuntirib berish mumkin, lekin uning kvant talqini yorug'likni kvant tabiatini mohiyatan tasdiqlaydi.

Molekulalar strukturasini, ichki molekulalar va molekulalararo kuchlarini o'rganishda, murakkab aralashmalarni tahlil qilish va u yoki bu birikmalarni identifikatsiyalash (ajratish) da kombinatsion sochilish usuli muhim anjomdir [12-14].

1.2. Molekulalararo o‘zaro ta’sir asoslari

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‘rsatatilgan.

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.

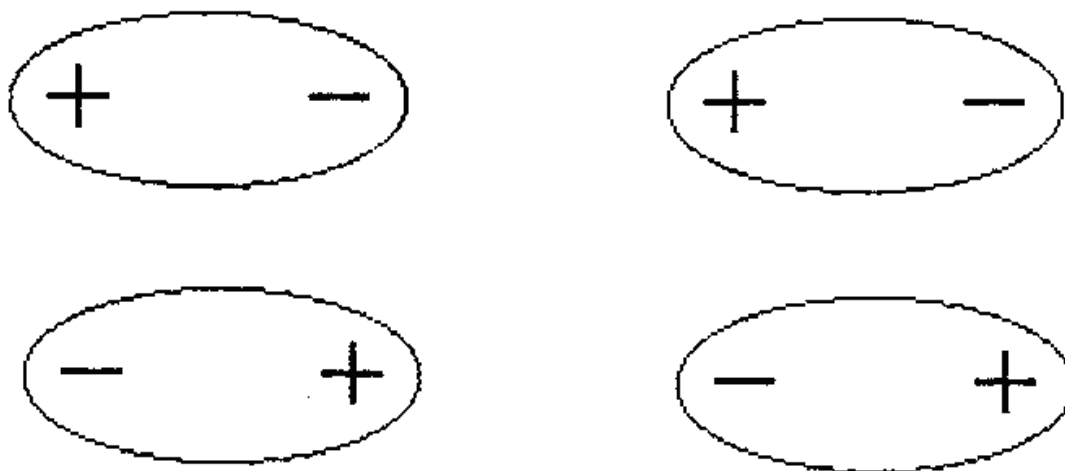
Bu kuch tabiatini uzoq vaqtlar tushuntirish qiyin bo'ldi. Qachonki atomlar orasidagi ta'sir kuchi tabiatini to'lig'icha o'rganilganidan so'ng molekulalar orasidagi ta'sir kuchlari to'g'risida to'liq xulosaga kelishi mumkin [9].

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

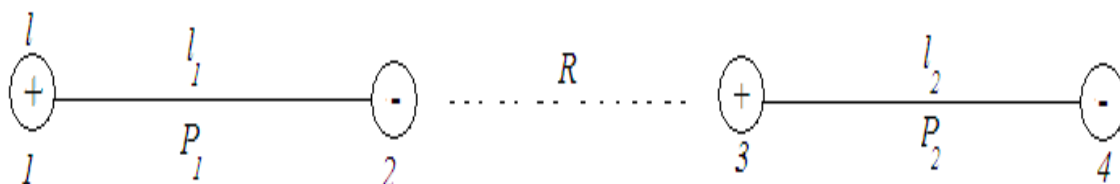
Bu kuchlar to'g'risida to'xtalib o'tamiz.

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

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

$R \gg \ell$ 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:

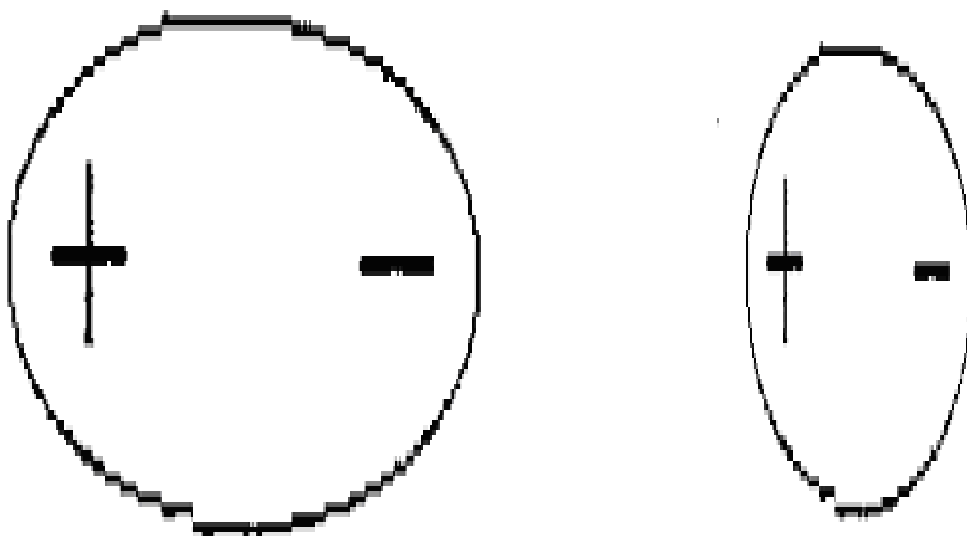
$$U_{op} = -\frac{2}{3KT} \cdot \frac{P_1^2 P_2^2}{R^6}$$

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

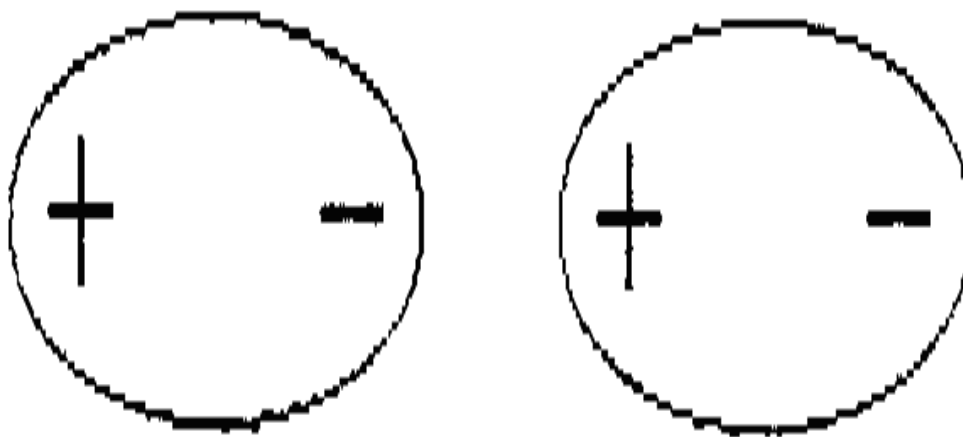
Induksion kuch. Bir-biriga yaqin joylashgan qutbli molekula bilan, ya'ni xususiy dipol momentiga ega bo'lgan molekula bilan qutbsiz molekula orasidagi ta'sir kuchi induksion kuch bilan xarakterlanadi.

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'sirisiz



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'lmaz 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.

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.

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

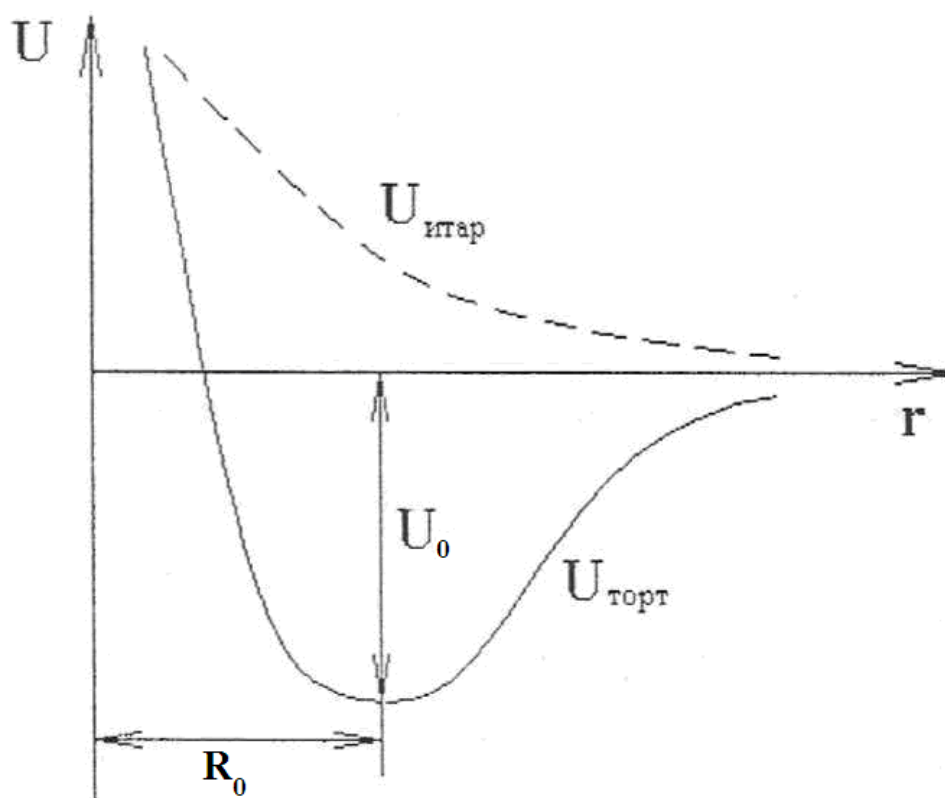
$$U_{\text{um}} = \frac{m}{R^{12}}$$

m- itarishish kuchlarining doimiyligi 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'rindiki universal ta'sir kuchlarining hammasi masofaning R^6 darajasiga teskari proporsional. Oriyentatsion ta'sir kuchlari temperaturaga ham bog'liq.

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

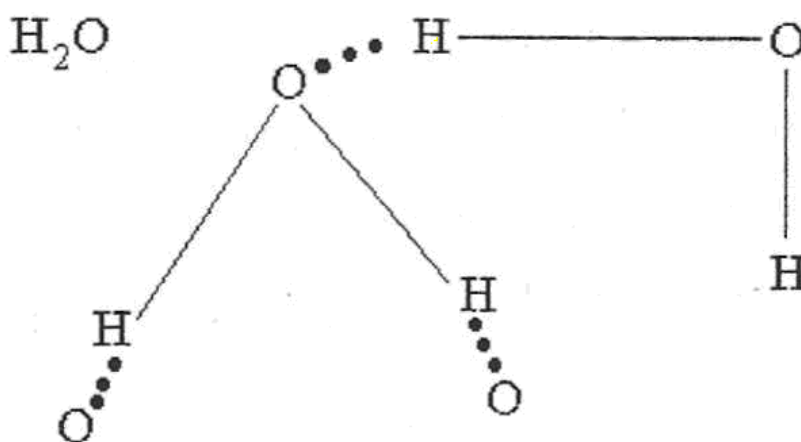
1.2-jadval

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

1.2-jadvaldan ko'rinadiki dipol momenti katta bo'lgan joyda dispersion o'zaro ta'sirning ulushi ko'proq bo'ladi. Spetsifik kuchlar faqatgina ba'zi suyuqliklarga va ba'zi molekulalarga xos bo'lgan kuchlar hisoblanadi.

1.3. Vodorod bog'lanishni spektroskopik 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°C , qaynash temperaturasi $+80^{\circ}\text{C}$ 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 $\text{O-H}\dots\text{N}$ 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 (H-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 tyg'iladi. Normal sharoitda inept gaz ($\text{He}, \text{Ne}, \text{Ar}, \text{Kr}, \text{Xe}, \text{Rn}$) larning atomlari erkin holda mavjud bo'la oladi, boshqa har qanday element atomlari erkin holda mavjud bo'la olmaydi. Ular bir-biri bilan

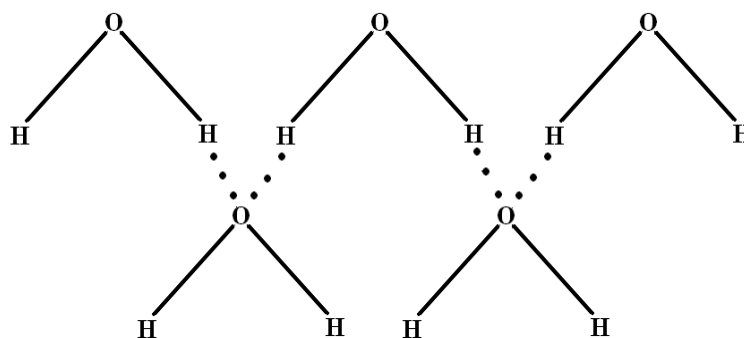
birikishga harakat qiladi. Natijada esa oddiy yoki murakkab moddalarni hosil qiladi. Har qanday kimyoviy element o'zining tashqi enepgetik sathida elektronlar sonini tugallangan holatga yetkazishga intilishini kimyo fanidan yaxshi bilamiz. Inert gazlarning tashqi energetik sathida esa elektronlar soni tugallangan bo'ladi.

Har bir element o'zining tashqi energetik sathidagi elektronlarning yadroga bog'lanish energiyasi bilan farqlanadi. H-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.

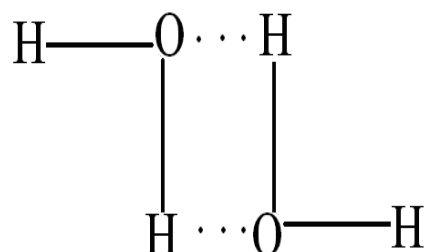
Ayni element atomining boshqa element atomidan elektronlarini tortib olish xususiyati elektron manfiylik deyiladi.

Elektron manfiyligi eng yuqori bo'lgan element ftordir. Seziyniki eng kichikdir. H-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. H-bog'lanish orqali ikki atom yoki ikki molekula bir-biri bilan bog'lanishi mumkin. H-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 H-bog'lanish hosil bo'ladi. H-bog'lanish kuchsiz, uning energiyasi $5 \div 7$ kkal/mol atrofida bo'ladi va H-bog'lanishni moddaning barcha agregat holatlarida uchratish mumkin. Misol tariqasida suyuq holatdagi suvni qarash mumkin. Suvni har bir molekulasidagi H-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 H-bog‘lanishdir deyish mumkin. H-bog‘lanishning kelib chiqishi vodorod atomining tabiatiga bog‘liqdir. H-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 ion boshqa atomlarning elektron qavatiga yaqinlashadi va ichiga kira oladi. H-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 spektrometri va uning ishlash usuli

DFS-52 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-ximiyaviy tekshirishlar, ya'ni suyuqliklar (loyqa), suv aralashmalari, kristallar, plyonkalar va buyoqlar tarkibi va tuzilishini o'rganadi.

Spektrometrning tarkibi: Spektrometrning tarkibiga almashtiruvchi difraksion panjarali qo'shaloq monoxromator, qabul qiluvchi blok, yoritish qurilmasi, chastotametr va hisoblash qurilmasiga ega bo'lgan elektron qayd qiluchi qurilma. ERU-53, termoelektrik sovutgichli blok manbai, alfavit raqamli va yozuvchi qurilma (programmani tayyorlash sistemasi) -15 IPG -32-003 ga kiruvchilar, laboratoriya o'zi yozuvchi asbobi LKS4-003, ulash simlari va o'tkazgichlari jamlanmasi, almashtirish va ixtiyoriy qismlari kiradi.

Ishlash prinsipi: Tekshirilayotgan namunali monoxromatik yorug'lik bilan nurlantirilganda 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 intensivligi 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 spektrometrida uyg'otuvchi manba sifatida seriyali lazerlar ishlatiladi. Spektrni tekshirish uchun yorug'likni kam sochuvchi difraksion panjarali qo'shaloq monoxromatordan foydalaniladi. Spektrni qayd qilish sovitib turiladigan fotoelektron ko'paytirgich yordamida amalga oshiriladi. Hisoblash qurilmasi spektrlarining ketma-ketligi va spektral diapazonining berilgan qismida

signallarning ketma–ket qayd qilinishi, olingan natijalarning matematik qayta ishlanishini va natijalarini qayd qiluvchi asbobga chiqarishini ta'minlaydi.

Optik sxemasi: Spektrometrning optik sxemasi yoritish sistemasi, qo'shaloq monoxramator va qabul qiluvchi qurilma elementlaridan iborat. Yoritish sistemasi lazer nurining tekshirilayotgan namuna tekisligiga fokuslanishini ta'minlaydi, namunadan sochilgan nurlanishni yig'adi va uni qo'shaloq monoxramatorning kirish tirqishiga yo'naltiradi.

Ikkilangan ko'zguli monoxramator almashtiruvchi difraksion panjaraga ega bo'lib, u uyg'otuvchidan 20 sm^{-1} masofada 8 dan $25 \text{ sm}^{-1}/\text{mm}$ gacha teskari chiziqli dispersiyani ta'minlaydi. Qabul qilish blokining qayd qilish kanaliga o'rnatilgan obyektiv fotoelektron ko'paytirgichni qabul qilish maydonida monoxramator qorachig'ining ta'sirini beradi. Qabul qilish bloki (taqqoslash kanalining) oldiga o'rnatilgan yorug'lik o'tkazgich unga lazer nurlanishining bir qismini uzatadi.

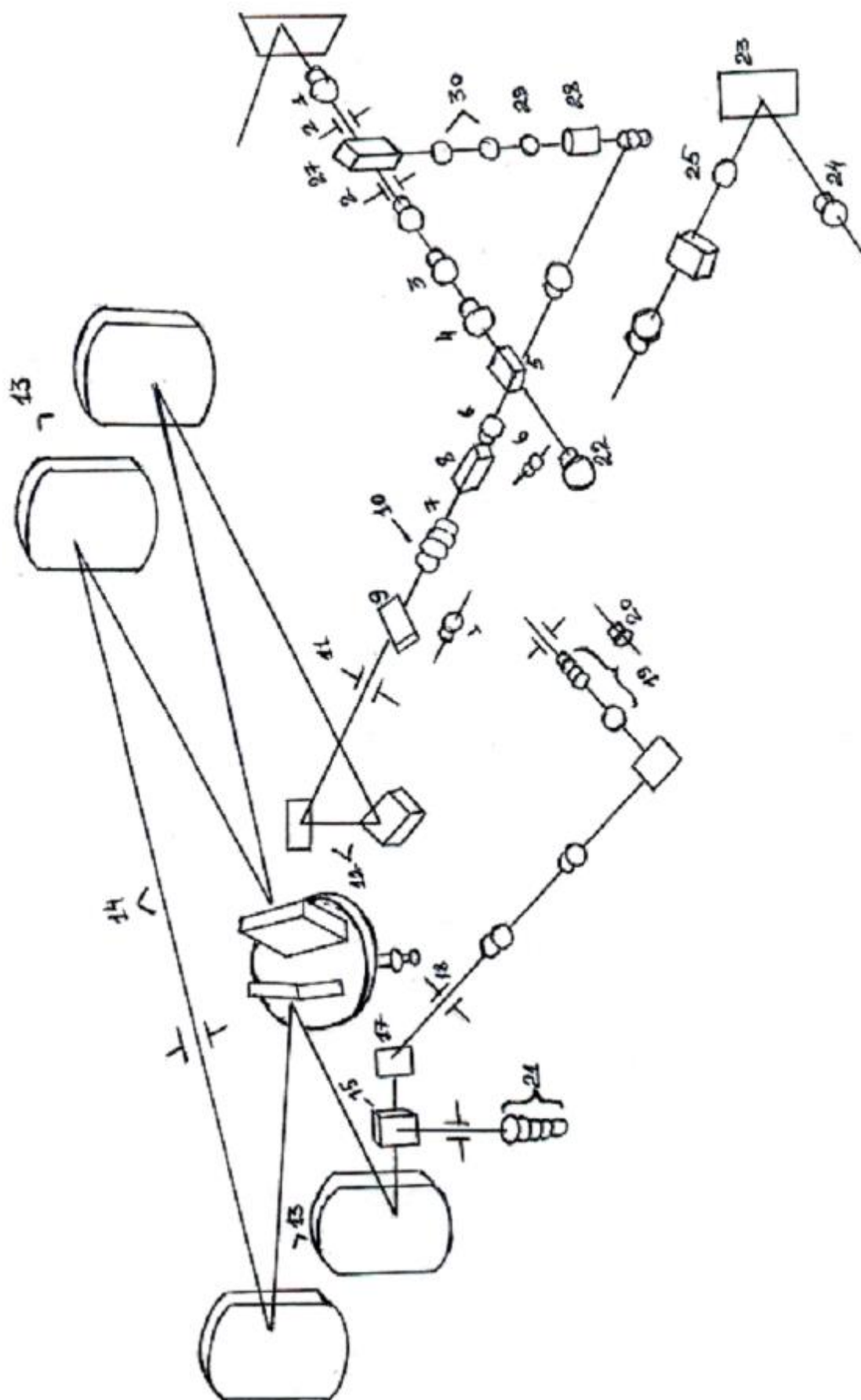
Yoritish sistemasi va qabul qilish bloki bo'lgan yorug'likning kombinatsion sochilishi uchun, spektrni olish va uni elektr signallariga aylantirish sochilish spektrometrning optik sxemasi 2.1-rasmda tasvirlangan. Yorug'lik manbaidan chiqqan lazerning parallel nurlar dastasi tor yo'l interferensiyon yorug'lik filtrida, irisdiaphragmada 2, qutblanuvchi plastinkadan $3\frac{\lambda}{2}$ yoki $\frac{\lambda}{4}$ va almashtiruvchi obyektivlarini 4 biri orqali namuna 5 tekisligiga fokuslanadi. Namunadan sochilgan nurlanish sferik linza 6 lardan biri orqali proyeksiyalovchi sistemada to'planadi va parallel dasta bo'lib obyektivga 7 yo'naladi. Linza va obyektiv 7 dan iborat proyeksiyalovchi sistema namunaning tasvirini qo'shaloq monoxramatorning kirish tirqishi oldida 2,3 yoki 3,5 marta kattalashtirib beradi.

Linza 6 bilan obyektiv 7 orasida parallel nurlar dastasiga prizma-analizator 8 qo'yilishi mumkin. Polyarizatsion tekshirishlar o'tkazganda monoxramatorning kirish tirqishi oldiga depolyarizatsiyalovchi klin 9 qo'yiladi. Yorug'lik filtri 10 spektrining 80 nm yuqori sohasida ishlaydi.

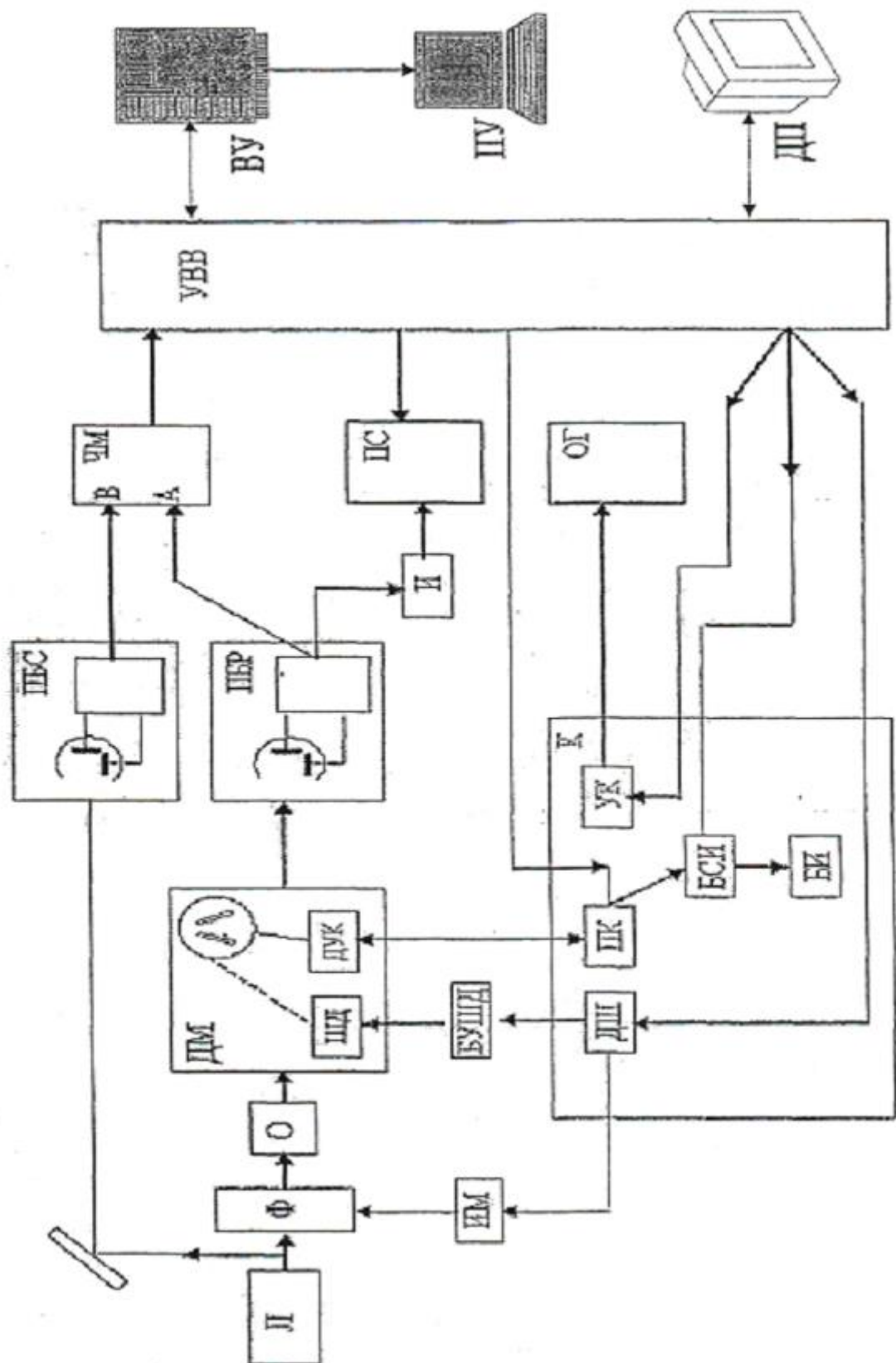
Kirish tirqishi 11 (qo'shaloq monoxromatorning) gorizontal joylashgan. Kirish tirqishining orqasiga 2 ta yassi buruvchi ko'zgudan iborat sistema 12 qo'yilgan. Bu sistema yorug'lik dastasini buradi. Monoxromatorning obyektivi 13 sifatida parabolasiimon ko'zgular 14 almashtirilishi mumkin. To'lqin uzunliklarining 400-600 nm diapazonida 1800 ta chizig'i bo'lgan panjaralar ishlatiladi. Chiqishdagi buruvchi ko'zgu 15 difraksiyalangan yorug'likni chiqish tirqishiga 16 yo'naltiradi. 15 ko'zguni yorug'lik dastasi olganda buruvchi ko'zgu (17 yorug'likning chiqish tirqishining imitatoriga) 18 yo'naltiradi. Bu esa spektrning sohasini okulyar 20 li tirqish trubasi orqali kuzatish mumkin. Qabul qiluvchi blokka o'rnatilgan obyektiv 21 asbobning qorachig'ini fotoelektron ko'paytirgichining katodiga 1 dan 20 kattalashtirishda akslantiriladi.

Lazerning yorug'lik dastasiga to'la foydalanish maqsadida yoritish sistemasida shaffof moddalar bilan ishlaganda sferik ko'zgu 22 qo'yiladi. Bu esa lazer nurining moddadan qayta o'tishini ta'minlaydi. Ko'zga 23 yorug'lik dastaning namunada kuzatish yo'nalishiga qarama qarshi yo'nalishda sochilgan qismdan foydalanishini ta'minlaydi.

Shaffofmas namunalari bilan ishlash uchun buruvchi prizma 25 va qisqa fokusli linza 26 ishlatiladi. Bular lazer nurini kukun yoki sovuqlik uchun mo'ljallangan idishga proyeksiyalaydi. Plastina 27 lazer nurining 1,5-2,01 ni yorug'lik o'tkazgichning 28 kirishiga uzatadi. Yorug'lik uzatgich orqali nurlanish taqqoslash kanalining qabul qiluvchisiga uzatiladi. Bunda yorug'lik oqimi intensivligini qo'pol regulirovkasi yorug'lik dastasidagi susaytiruvchi yorug'lik filtri 29 ni kiritish bilan amalga oshiriladi, aniq regulirovkasi esa 2 ta polyaroitlar 30 ni burish bilan amalga oshiriladi.



2.1- rasm.DFS-52 spektrometrining optik sxemasi

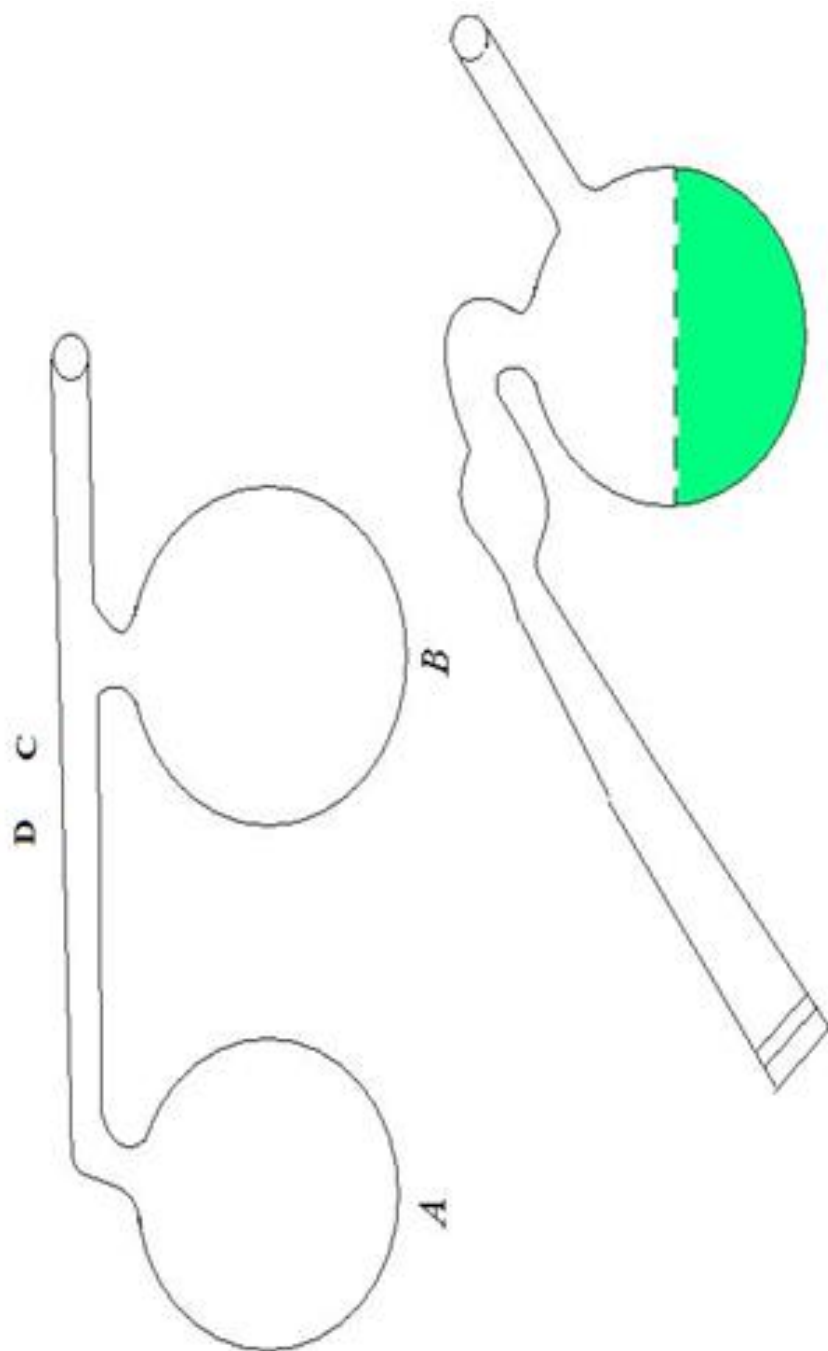


2.2-rasm. DFS-52 spektrometrining funksional sxemasi

2.2. Namunalarni tajribaga tayyorlash usuli

Obyektlarni eksperimental tayyorlash uchun o'sha tekshirilayotga namuna toza bo'lishi kerak, ya'ni chang va boshqa aralashmalardan holi bo'lishi kerak. Ozgina aralashmalar ham molekulalar 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 (2.3-rasm).

Eng avval moddani tozalashdan oldin shariklar va Vud trubkasi distrlangan suv bilan toza qilib spirt bilan chayilgandan so'ng quritish shkafida quritilgan. Tekshirilayotgan modda bir-biriga ulangan shariklardan biriga solinadi. Lekin shariklardan biri Vud trubkasiga ulanadi, ulangandan keyin shariklardan biri, ya'ni tekshirilayotgan modda solingan sharik pechkaga solinadi va ma'lum bir qaynash temperaturasigacha qizdiriladi. Natijada qizdirilayotgan sharikdagi modda solingan tarkibidagi chang zarralari suv va boshqa aralashmalar asta sekin o'sha moddaning tarkibidan chetlasha boshlaydi, ya'ni o'rganilayotgan obyekt bug'lanib shariklardan biriga o'tib ketadi. Eksperimentga tayyorlanayotgan moddani aynan shu yo'l bilan bir necha marta tozalaniladi va nihoyat o'zi alohida toza holicha qoladi. A sharikka suyuqlik quyilib uglekislota yordamida yoki quruq muz yordamida sovutilib havosi so'rib olinadi. Vakuum qilingandan so'ng C nuqtasi kavsharlanib va pechkaga qo'yilib qayta haydaladi. B sharik qayta haydalgan suyuqlik bilan kesib olinib Vud trubkasiga ulanadi. Vud trubkasiga ulangandan so'ng qayta haydash yo'li bilan tozalanadi va Vud trubkasiga o'tkaziladi, so'ng $\ddot{A}$ nuqtadan kesib olinib Vud trubkasining tag qismi bilan yonbosh qismlaridan tashqari hamma tomoni bo'yaladi. Bundan maqsad boshqa tomonlarga sochilgan yorug'lik turlicha yutilishi uchun yuqorida aytilganidek Vud trubkasi eksperimentga tayyor hisoblanadi.



2.3-rasm. Vud trubkasi

2.3. Tajriba va nazariy hisoblash natijalari tahlili

Molekulalararo o‘zaro ta’sir tabiatini o‘rganishda quyimolekulali karbon kislotalar spektrlarini tahlili yaxshi natija beradi.

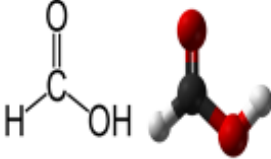
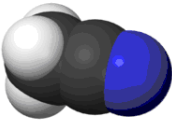
Karbon kislotalari molekulalari protonodonor gruppasi va ikkita protonoakseptor markaziga ega bo‘lib suyuq holatda vodorod bog‘lanishlar orqali turli agregatsiyalar hosil qilishi mumkin [17].

Adabiyotlardan ma’lumki, quyi molekulyar birikmali kislotalar uchun yopiq dimerlar eng turg‘undir. Bularning bog‘lanish energiyasi 10-15 kkal/mol atrofida, bundan tashqari zanjir agregatsiyalar ham paydo bo‘lishi mumkin, ya’ni birinchi molekulani $O-H$ gruppasini H vodorodi bilan, qo‘shni molekulaning $C=O$ gruppasining O – kislorod atomi qatnashadigan agregatsiyalar ham bo‘lishi mumkin. Bu holda birinchi molekulaning $C=O$ bog‘i erkin bo‘lib qoladi [18].

Karbon kislotalari orasida chumoli kislotasi ($HCOOH$) ishlab chiqarishda muhim o‘rin egallaydi. Chumoli kislotasining strukturaviy tuzilishi 2.4-rasmda, fizikaviy-kimyoviy xossalari 2.1-jadvalda keltirilgan [19].

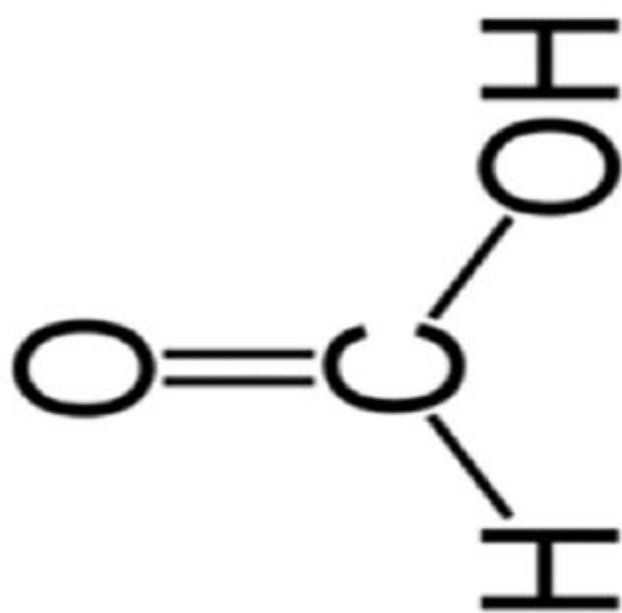
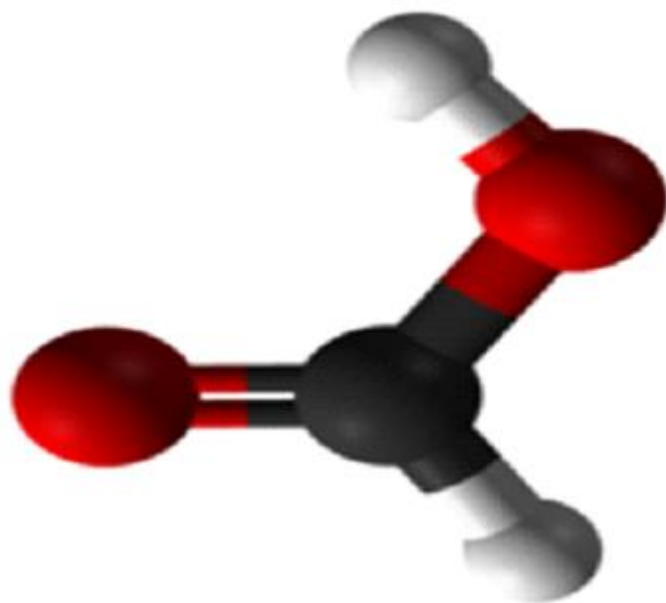
Chumoli kislotasining fizika-kimyoviy xossalari

2.1-jadval

O'rganilayotgan modda	Strukturaviy tuzilishi	Ximiyaviy formulasi	Molyar massasi M (g/mol)	Suyuqlanish temperaturasi (°C)	Qaynash temperaturasi (°C)	Suyuq holdagi zichligi (gr/sm ³)
Chumoli kislotasi		$HCOOH$	46,0255	8,25	100,7	1,2196
Atsetonitril	$H_3C - C \equiv N$ 	C_2H_3N	41.05	-44	81.6	0.7875

Chumoli kislotasining amaliyotdagi oʻrniga toʻxtaladigan boʻlsak. Tabiatda chumoli kislotasi igna bargli daraxtlarda, qichitqi oʻtlarda, baʼzi bir sabzavotlarda, asalari va chumolilar organizmidan ajralgan baʼzi moddalar tarkibida aniqlangan. Chumoli kislotasi birinchi marta 1671 yil ingliz tabiatshunosi J.Reyem tomonidan sariq oʻrmon chumolilaridan ajratib olingan.

Suyuq butanni oksidlash va uksus kislotasi ishlab chiqarish jarayonida qoʻshimcha mahsulot sifatida koʻp miqdorda chumoli kislotasi hosil boʻladi. Shuningdek chumoli kislotasi formamid gidrolizi orqali (taxminan dunyo miqyosida ishlab chiqariladigan chumoli kislotasining 35%) olinadi.



2.4-rasm. Chumoli kislotasining strukturaviy tuzilishi

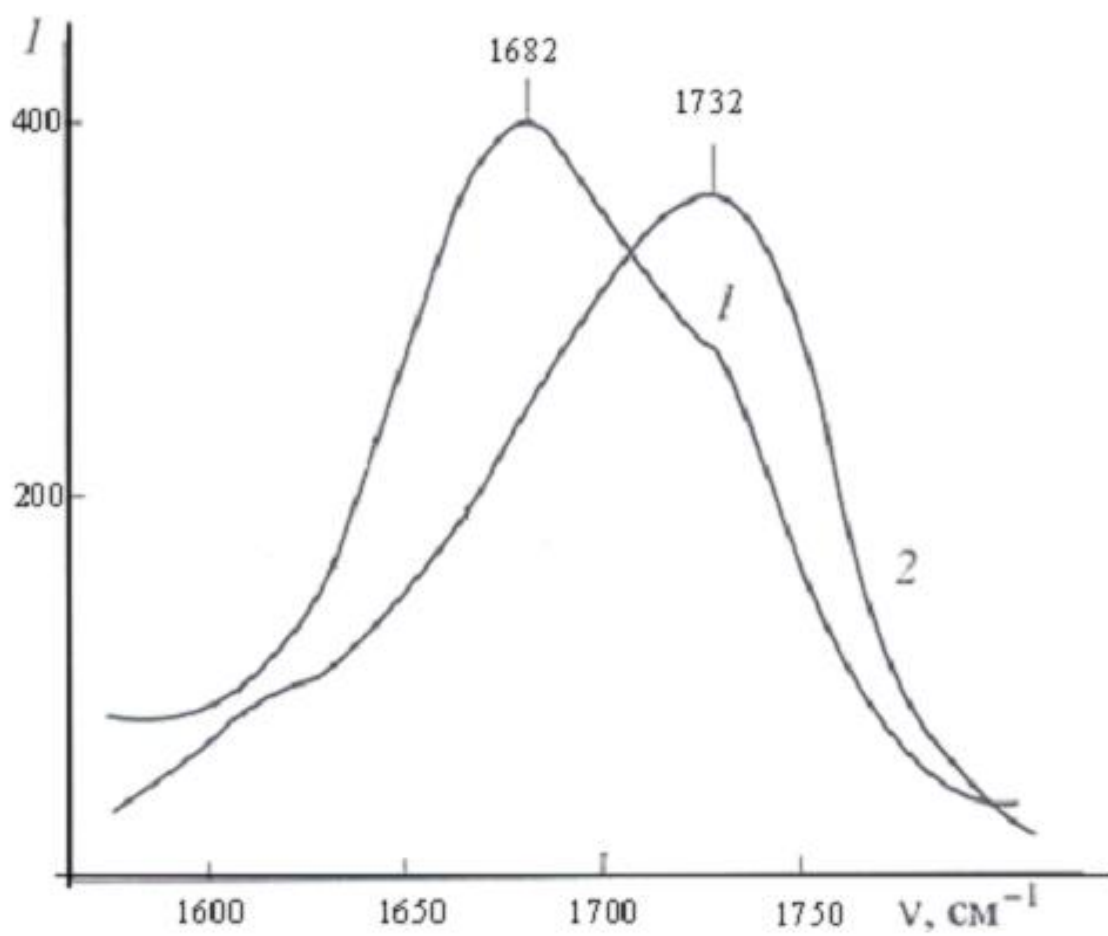
Chumoli kislotasi asosan ozuqa tayyorlashda, bakteriyalarga qarshi va konservalash uchun agent sifatida ishlatiladi. Chumoli kislotasi yemirilish va chirish jarayonini sekinlashtiradi, shuning uchun ham chumoli kislotasi bilan ishlangan pichan va siloslar uzoq vaqt saqlanadi.

Chumoli kislotasi junli buyumlarni kimyoviy yo'l bilan bo'yashda ham ishlatiladi. Shuningdek asalarichilikda parazit hashoratlarga qarshi kurashda va bir qancha kimyoviy reaksiyalarda aralashma sifatida: masalan oqartiruvchi, terilarni oshlovchi sifatida qo'llaniladi.

Laboratoriya sharoitida suyuq chumoli kislotasi qaynoq, konsentratsiyalangan sulfat kislota ta'sirida ajratib olinadi. Shuning uchun ham chumoli kislotasining spektroskopik parametrlarini bilish, undan ishlab chiqarishda samarali foydalanishga olib keladi.

Chumoli kislotasining $C=O$ va $C-H$ tebranishlarining kombinatsion sochilish spektrlari DFS-52 spektrometrda qayd etildi. O'yg'otish manbai sifatida LGN-503 argon lazeridan foydalanildi, lazerning to'lqin uzunligi 488 nm, quvvati 1 Vt. Hamma o'lchashlarda 90^0 geometrik sochilish burchagidan qutblangan o'yg'otuvchi yorug'likda olib borildi. Polosaning qutblangan qismi qutblovchi prizma yordamida ajratib olindi. Tadqiqotda kimyoviy toza moddadan foydalanildi. Moddalar qo'shimcha vakuum haydashlardan o'tkazildi. Tirqishning spektral kengligi hamma tajribalarda bir xil $1,8 \text{ sm}^{-1}$ ga teng. Polosalarning maksimumlari joylashuvini aniqlashdagi nisbiy xatolik $\pm 0,3 \text{ sm}^{-1}$ ga, polosa yarim kengligini aniqlashdagi nisbiy xatolik $\pm 0,5 \text{ sm}^{-1}$ ga teng.

Kislotaning $C=O$ tebranishida turli agregatsiyalarning polosalari bir-biri bilan ustma-ust tushib juda keng umumiy polosani beradi (2.5-rasm).



2.5-rasm. Chumoli kislota $C=O$ tebranishi spectral chzig'i konturi intensivligining
 1- $I_{//}$ (parallel) va 2- $I_{\perp}$ (perpendikulyar) tashkil etuvchilari ($T=298K$).

Polosaning $I_{\perp}(\nu=1730 \text{ sm}^{-1})$ tashkil etuvchisi hech qanday murakkab strukturaga ega emas, $I_{//}(\nu=1682 \text{ sm}^{-1})$ tashkil etuvchisi murakkabroq strukturaga ega ekan. Polosaning umumiy ko'rinishidan ma'lumki, murakkab tuzilishga ega. $I_{//}$ va $I_{\perp}$ tashkil etuvchilarning maksimumlari bir-biri bilan mos tushmaydi.

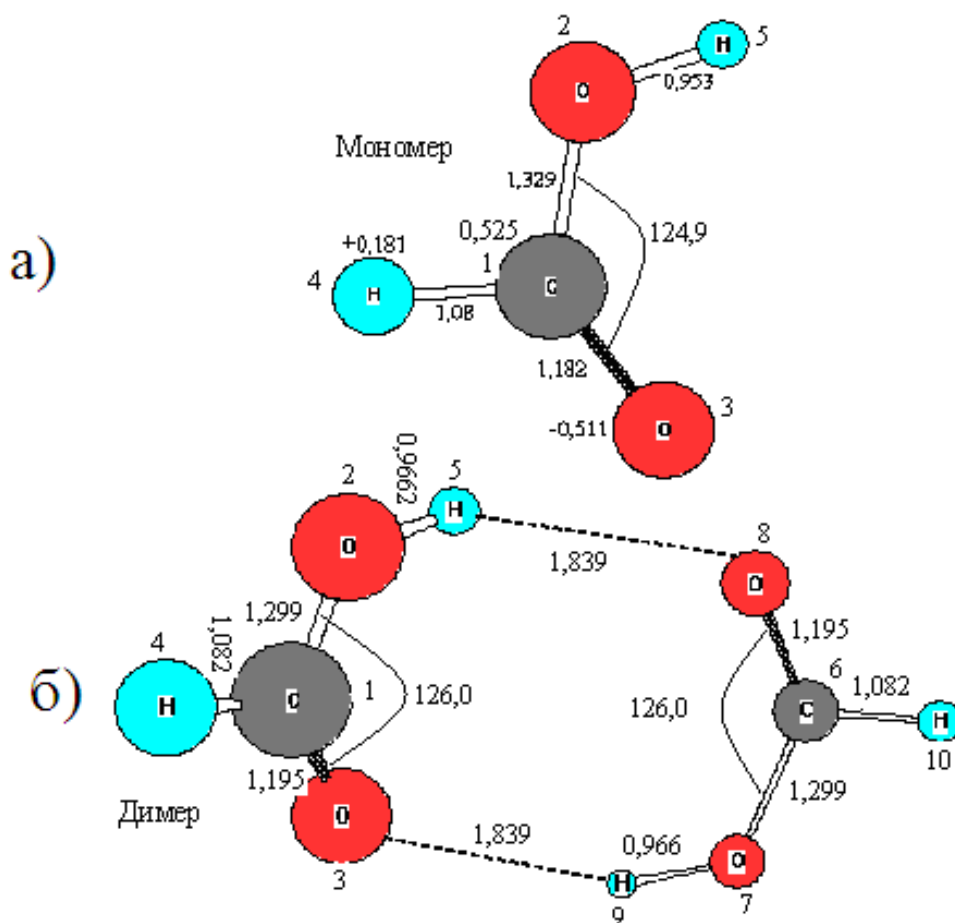
Bu manzara boshqa organik suyuqliklarda ham kuzatiladi. Masalan, atsetonda $I_{\perp}(\nu)$ va $I_{//}$ polosalar chastotalari maksimumlari $\sim 7 \text{ sm}^{-1}$ ga farq qiladi. Adabiyotlarda tushuntirilishicha bir xil molekulalar orasida tebranma kvant energiyasining rezonans almashinuvi natijasidir. Neytral va protonoakseptor erituvchili eritmalarda chumoli kislotasining $C=O$ polosasi strukturasi bir nechta detallarni hisobga olmaganda umumiy polosa holatlari boshqa karbon kislotalarnikiga aynan o'xshash bo'ladi, bu detallar chumoli kislotasining o'ziga xos xususiyatlari bilan bog'liq. Aynan molekulada yana bitta $C-H$ protonodonor gruppalarining borligi sababli. Chumoli kislotadagi $C-H$ gruppadagi vodorod atomi xloroformdagi $C-H$ gruppadagi vodorod atomi kabi bir xil holatda joylashgan. Lekin bizga ma'lumki xloroform molekulasi molekulalararo vodorod bog'lanishni hosil qilishda qatnashadi. Xloroformdagi xlor atomi molekulada $C-H$ gruppalaridagi vodorod bilan elektron bulutni yaqinlashtirish natijasida xlor atomi $H-vodorod$ bog'lanishni hosil qilishda aktiv bo'lib qoladi. Chumoli kislotada $C-H$ gruppada qatorida ikkita elektromanfiy kislorod atomi mavjud bo'lib, elektron bulutni vodorod atomiga yaqinlashtiradi va bu gruppadagi vodorod atomi aktiv bo'lishi mumkin. Bu esa suyuq chumoli kislotasi boshqa karbon kislotalardan farq qilib, har xil tipdagi agregatsiyalarni hosil qiladi [20].

Suyuq holatdagi chumoli kislotadagi $C=O$ polosa tebranishlarining murakkabligini hisobga olib, masalani soddalashtirishga qaror qildik. Karbon kislotalarda $C=O$ polosalar shaklini soddalashtirishda kislota neytral va protonoakseptor erituvchiga kuchli aralashtirish orqali amalga oshiriladi.

Xartri –Fok (RHF) yaqinlashuvi asosida Gaussian 98W dasturda hisoblashlar o'tkazildi.

2.6-rasmda molekulaning o'zaro orientatsiyasida dimer agregatsiyasi va molekuladagi bog' uzunliklari keltirilgan.

Hisoblashlardan eng avvalo yopiq dimer hosil bo'lish energiyasining kattaligi ko'rinadi 13,2 kkal/mol, bu eksperimental ma'lumotlarga yaqin (14÷15 kkal/mol). Dimer yopiq halqa hosil qiladi. Bunda molekulalarning dipol momentlari qarama-qarshi. Hisobning ko'rsatishicha monomer uchun dipol momenti 1,5966 D bo'lsa, yopiq dimer uchun nolga yaqin (0,0022 D). Halqa yopiq sakkiz burchakli yuqoridan $O_2, C_1, O_3 - 126^\circ$, $C_1, O_2, H_5 - 111^\circ$, $O_2, H_5, O_8 - 173^\circ$, $H_5, O_8, C_6 - 129^\circ$ yopiq dimerdagi ikkita vodorod bog'lanish bir xil vodorod bog' uzunligiga 1,84 Å ega [21].



2.6-rasm. Chumoli kislotasida molekulyar agregatsiyalar hosil bo'lish strukturasi.
a) monomer agregatsiyasi. b) dimer agregatsiyasi

Eksperiment va kvanto-kimyoviy hisoblashlar natijalariga qaraganda monomerga nisbatan yopiq dimer hosil bo'lishi $C=O$ polosani past chastota tomonga siljishiga olib keladi. Qutbsizlanish darajasi ham o'zgaradi.

Eksperimentning ko'rsatishicha yopiq dimerga tegishli $C=O$ polosa boshqa polosalarga nisbatan eng kichik qutbsizlanish darajasiga ega bo'lib, eng past chastotalidir.

Yopiq dimer hosil bo'lishi monomerga nisbatan dipol momentini kuchli kamayishiga olib keladi. Molekula atomlarida kuchli zaryadlar taqsimotining va bog' uzunligining o'zgarishiga olib keladi.

Yopiq dimerdan tashqari boshqa agregatlar ham hosil bo'lishi mumkin. Chunki chumoli kislota ikkita protonoakseptor $O-H$ va ikkita protonodonor $C-H$ markaziga ega. $C-H$ da vodorodning kuchsiz vodorod bog'lanishda ishtirok etishi tajriba natijalaridan ma'lum. Kislota CCl_4 qo'shilganda kuchli kengaygan polosaning tez toraygani kuzatiladi [22-25].

Xulosa

- Yuqori ajrata olish qobiliyatiga ega bo'lgan qo'shaloq monoxramatorli avtomatlashtirilgan DFS-52 spektrometri va $\lambda = 4880 \text{ \AA}^0$ to'liqin uzunlikli argon lazeri o'rganildi. chumoli kislotasining va CCl_4 , $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$ aralashmalarida kombinatsion sochilish spektrlari qayd qilindi.
- Chumoli kislotasi va uning aralashmalarida $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}-\text{H}$ tebranish chiziqlari kombinatsion sochilish spektrlarini o'rganish natijalarining ko'rsatishicha $\text{C}-\text{H}$ gruppada H-atomi molekulalararo vodorod bog'lanishda qatnashishi aniqlandi.
- Kvanto-kimyoviy hisoblashlar va eksperiment natijalariga qaraganda chumoli kislotasi molekulalari orasida yopiq dimer mavjudligi aniqlandi. Dimer hosil bo'lish energiyasining kattaligi, molekulalarning dipol momentlari qarama-qarshi ekanligi va hisoblashlarning ko'rsatishicha monomer uchun 1,5996 Debayga, yopiq dimer uchun nolga yaqin (0,0022 Debay) ekanligi aniqlandi.
- Yopiq dimerdagi ikkita vodorod bog'lanish bir xil vodorod bog' uzunligiga ($1,839 \text{ \AA}^0$) ega ekanligi va $\text{C}=\text{O}$ polosani past chastota tomonga siljishi aniqlandi.
- Yopiq dimer hosil bo'lishi dipol momentini kamayishiga va molekula atomlarida kuchli zaryadlar taqsimotini, bog' uzunligini o'zgarishiga olib kelishi aniqlandi. Moddada yopiq dimerdan tashqari boshqa agregatlar ham bo'lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Каримов И.А. Жаҳон молиявий-иқтисодий инқироzi Ўзбекистон шароитида уни бартараф этишнинг йўллари ва чоралари. Т.: “Ўзбекистон” нашриёти, 2009. -228 б.
2. Каримов И.А. Мамлакатимизда демократик ислохотларни янада чуқурлаштириш ва фуқоролик жамиятини ривожлантириш концепцияси. Т.: “Ўзбекистон” нашриёти, 12 ноябрь 2010. -114 б.
3. Брандмюллер И., Мозер Г. Введение в спектроскопию КРС. М.: изд. “Мир”, 1964. - 628 с.
4. Сущинский М.М. Спектры КР молекул и кристаллов. М.: изд. “Наука”, 1969. - 576 с.
5. Конингстайн И.А. Введение в теорию КРС. М.: изд. “Мир”, 1975. - 221с.
6. Вебер. А. Спектроскопия КР в газах и жидкостях. М.: изд. “Мир”. 1982. - 372с.
7. Плачек Г. Релевское рассеяние и раман-эффект. К.: изд. “ОНТИ”, 1935. - 172 с.
8. Qo‘ylijev V.T. Optika. Т.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014. – 272 б.
9. Волькенштейн М.В. Строение и физические свойства молекул. изд. ГЛ., 1995. УФНТ 145. - 207 с.
10. Герцберг Г. Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул. М.: изд. “ИЛ”, 1979. - 647 с.
11. Атаходжаев А.К., Тухватуллин Ф.Х. Спектральное распределение интенсивности крыли линии Релей рассеяния жидкостей и растворов. Т.: изд. “Фан”, 1981. -203 с.
12. Фабелинский И.А. Молекулярное рассеяние света. М.: изд “Наука” , 1965. – 103 с.
13. Вукс М.В. Рассеяние света в газах, жидкостях и растворах. М.: изд ”ЛГУ”, 1977. – 305 с.
14. Хабибуллаев П.К., Буллавин Л.А., Погорелов В.Е., Тухватуллин Ф.Х.

- и др. Динамика молекул в жидкостях. Т.: изд “Фан”, 2009. – 410 с.
15. Пиментал Д., О.Мак-Клелан. Водородная связь. Л.: 1964. – 95 с
 16. Қўйлиев.Б.Т., Нурматова.Д., Останакулов.У.ва бошқалар. Суюқликларда Н-боғланишни Раман эффекти орқали ўрганиш// Фан, тараққиёт ва ёшлар. Илмий-амалий конференция. – Қарши, 2012. - Б. 100-105.
 17. Тухватуллин Ф.Х., Тошкенбаев У.Н., Жумабаев А., Хушвактов Х.А., Абсанов А.А. //Журнал химическая физика. 2006. №1 (25).-С.16-20.
 18. Тухватуллин Ф.Х., Тошкенбаев У.Н., Жумабаев А., Хушвактов Х.А., Абсанов А.А. //Узбекский физический журнал. 2004. №3 (6).-С.195-202.
 19. Википедии - свободной энциклопедии. <http://ru.wikipedia>.
 20. Д.Нурматова, Д.Эшнорова, Н.Мустафоева. Чумоли кислотасининг комбинацион сочилиш спектри // Илм-фан ва инновация // Илмий-амалий конференция. Қарши-2013. -22-24 б.
 21. Тухватуллин Ф.Х., Тошкенбаев У.Н., Хушвактов Х.А., Абсанов А.А. //Физика в Узбекистане материалы конференции. 2005. Тошкент. 27-28 сентября. - С.106-107.
 22. Ф.Х.Тухватуллин, У.Н.Ташкенбаев, А.Жумабоев, Г.Муродов, Х.Хушвактов, А.Абсанов // Журнал Хим. физ. 2003. №6. С.205-210.
 23. Д.Эшнорова, Н.Жуманова, Ч.Хасанова, М.Назарова Особенности агрегации молекул муравьиной кислоты. Спектры комбинационного рассеяния//Илм-фан ва инновация//Илмий-амалий конференция. Қарши-2014.
 24. Замонавий физика ва астрофизиканинг долзарб муаммолари// III–Республика илмий-амалий анжумани материаллари. Қарши. 2015 й.
 25. Internet saytlari
[http // WWW.XIXISSSM.Kiev](http://WWW.XIXISSSM.Kiev)
[http // www. Bankreferatov.ru.kasu.uz.](http://www.Bankreferatov.ru.kasu.uz)
[http // WWW.Ziyonet.uz.](http://WWW.Ziyonet.uz)
[http // WWW.frast.uz.](http://WWW.frast.uz)
[http // www.iop Kiev –nbp issmc i-site](http://www.iop.Kiev-nbp-issmc-i-site)
<http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Уксыс>