

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

**QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI**

**FIZIKA - MATEMATIKA FAKULTETI  
FIZIKA KAFEDRASI**

**MAMATMURODOVA FERUZA ZOKIR QIZINING**

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

**TABIIY  
GAZ TARKIBINI KOMBINATSION SOCHILISH SPEKTRI  
YORDAMIDA 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



## MUNDARIJA

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Kirish.....</b>                                                                       | <b>3</b>  |
| <br><b>I-bob. Muhitlardan yorug'likning molekulyar<br/>sochilishining fizik asoslari</b> |           |
| 1.1 Molekulyar sochilish va uning nazariyasi.....                                        | 7         |
| 1.2 Kombinatsion sochilish va uning nazariyasi.....                                      | 15        |
| 1.3 Kombinatsion sochilish spektroskopiyasini muhitlarni<br>tadqiq etishdagi o'rni.....  | 23        |
| <br><b>II-bob. Tajriba texnikasi va metodikasi</b>                                       |           |
| 2.1 Tajriba texnikasi va uning ishlash usuli.....                                        | 32        |
| 2.2 Optik kyuveta termostat va uning tavsifi.....                                        | 36        |
| 2.3 Tabiiy gazning kombinatsion sochilish spektri.....                                   | 39        |
| <b>Xulosa.....</b>                                                                       | <b>49</b> |
| <b>Adabiyotlar.....</b>                                                                  | <b>50</b> |

## KIRISH

Hammamizga ma'lumki tabiiy gaz million yillar davomida yer qa'rida organik moddalarni shakllanishi tufayli shakllangan ko'p komponentli gazlar aralashmasidan iborat. Uning tarkibiga quyimolekulali metan qatoridan (metan, etan, propan, butan, pentan) tashqari oz miqdorda uglevodorodli bog'lanishga ega bo'lmagan aralashmalar ham bor. Bular vodorod, azot, is gazi, serovodorod. Tabiiy gaz xo'jaliklarda, avtotransportlarda, issiqlik elektroenergitikada katta issiqlik beruvchi, ekologik jihatdan toza nisbatan arzon yoqilg'i hisoblanadi. Bundan tashqari tabiiy gaz kimyo sanoatida har xil organik moddalar, spirt, organik kislota, sintetik polimerlar olish uchun dastlabki xom-ashyo sifatida ishlatiladi.

**Bitiruv malakaviy ishining dolzarbligi:** Tabiiy gazlarni qazib olish, transportirovka qilish va qayta ishlash bilan shug'ullanadigan kompaniyalar tabiiy gazni kimyoviy tarkibini kontrol qiladigan qurilmaga juda katta ehtiyoj sezadi. Chunki har xil konlardan qazib olinadigan gazlarni kimyoviy tarkibi bir-biridan kuchli farq qiladi. Hozirgi kunda bunday kompaniyalarda tabiiy gaz tarkibini, namligini, zichligini va kalloriyasini aniqlash uchun gazli xromatograflar ishlatiladi. Xromatograflarni asosiy kamchiligi-tabiiy gazning har xil komponentlarni ketma-ket o'lchaydi, taxlil o'tkazish vaqtini kattaligi ba'zi komponentlarni ketma-ket o'lchaydi, taxlil o'tkazish vaqtini kattaligi ba'zi komponentlarni ajratishni qiyinligidir. Bu kamchiliklar mass-spektrometrda bartaraf etilgan, chunki mass-spektrometri ham tabiiy gaz tarkibini taxlil qilish uchun ishlatiladi. Biroq bu tipdagi qurilmalarga yuqori malakali xizmat ko'rsatilishi lozimligi bilan bir qatorda qimmatligi va tabiiy gaz molekulasini izomer tarkibini aniqlashda ham qiyinchiliklar bor, bu kamchiliklar uning amaliy qo'llanish chegarasini cheklaydi.

Keyingi vaqtlarda kombinatsion sochilish spektroskopiyasi asosida tabiiy gazlarni kimyoviy tarkibini taxlil qiladigan (gazoanalizator) qurilmani yaratilishiga qiziqish juda katta.

Chunki hammamizga ma'lumki har bir moddani fizikaviy-kimyoviy xossalarni bilish undan amaliyotda foydalanish uchun muhim. Moddani optik

xossalarinibilish yanada muhimroqdir. Kombinatsion sochilish spektri har bir moddani individual optik xossasi hisoblanadi. O'tgan asrning 50-60 yillarida G.S.Landsberg va Bajulinear uglevodorodlar spektroskopiyasi to'g'risida monografiya e'lon qilgan edi. Undan keyin ancha vaqt o'tdi. Molekulyar spektroskopiyani imkoniyatlari kengaydi. Bu metod yagona yorug'lik manbai (lazer) yordamida tabiiy gazning hamma molekulyar komponentlari konsentratsiyasini yuqori aniqlikda bir vaqtning o'zida aniqlash mumkin. Bundan tashqari, gaz tarkibiga bog'liq bo'lmagan holda har bir komponentni kombinatsion sochilish spektri signali komponent konsentratsiyasiga proporsionaldir. Bu qurilmani kolibrovka qilish qilish uchun muhim. Bundan kombinatsion sochilish spektroskopiyasiga asoslangan tabiiy gaz tarkibini aniqlovchi qurilmani yaratishga asosiy to'siq kombinatsion sochilish spektrial chizig'ining past intensivlikda ekanligi edi. Hozirgi kunda bu to'siq bo'la olmaydi. Chunki ko'p kanalli yuqori sezgirlikka ega bo'lgan fotoelektron kuchaytirgichlar va kichik hajmli lazerlarni yaratilishi bunday qurilmani yaratishga asos bo'la oladi. Shuning uchun ham mavzu dolzarbdir.

**Tadqiqot predmeti va obykti:** Bitiruv malakaviy ishning tadqiqot obykti qilib tabiiy gaz tanlangan. Kombinatsion sochilish spektri tadqiqot predmeti hisoblanadi.

**Ishning maqsad va vazifalari:** Bitiruv malakaviy ishdan asosiy maqsad tabiiy gaz tarkibida qanday molekulyar komponentlardan iboratligini spektrlari qanday ko'rinishga ekanligini o'rganishdan iborat.

Vazifalarga kombinatsion sochilish spektri va uni qayd qiluvchi qurilmalarni, optik kyuveta-termostatni ishlash usullarini o'rganishdir. Tabiiy gazni asosiy komponentalarini spektrlarini qaysi spektral oblastda joylashganligini aniqlashdan iborat.

**Mavzuni o'rganilish darajasining qiyosiy tahlili:** Tabiiy gazni kombinatsion sochilish spektri nihoyatda kam o'rganilgan. Lekin hozirgi kunda bu usulga juda katta qiziqish bor. Chunki har bir moddani kombinatsion sochilish spektri uning shaxsiy xarakteristikasi hisoblanadi.

Moddani molekulyar tarkibini aniqlash muhim ilmiy tadqiqotlar yo'nalishiga kiradi. Molekulani real strukturasini bilish spektroskopik tadqiqot natijalariga tayanadi.

**Ishning ilmiyligi va amaliy ahamiyati:** Tadqiqot obekti qilib tabiiy gazning tanlanishiga yoki bunday tadqiqot Qashqadaryo viloyatida o'ziga xos ahamiyat kasb etadi. Chunki viloyatda Muborak (GQIZ) ГҚИЗ/ (gazni qayta ishlash zavodi), shurtan kimyo kompleksi kabi ulkan ishlab chiqarish korxonalari ishlab turibdi. Universitetni bitiruvchi fiziklar gazlarda, suyuqliklarda va plazmada sodir bo'ladigan fizik jarayonlarni yaxshi tushunishsagina yuqoridagi korxonalarda samarali faoliyat olib borishlari mumkin. Hozirgi kunda modda tuzilishini o'rganish, sifat va miqdoriy spektral tadqiqotlar o'tkazish dolzarb muammodir. Har bir moddaning kombinatsion sochilish spektri unnig shaxsiy optik xarakteristikasi hisoblanadi. Tabiiy gazning spekturaviy tarkibini, ularning miqdorlarini aniqlashning samarali usullarini ishlab chiqish asosiy masalasidir. Ushbu malakaviy bitiruv ishdan maxsus kurslarni o'qitishda talabalar bitiruv malakaviy ishlarini, magistrlar magistr dissertatsiyalarini tayyorlashda foydalanishlari mumkin. Mavzu yuzasidan konferensiyalar ma'ruza qilingan. Shu 2015-2017 yillarda bajarilishi rejalashtirilgan amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

Ushbu BMI 2015-2017 yillarga bajarilishi rejalashtirilgan A-13-39 "Uglevodorodlar (metan, etan, propan, butan v.b.) tarkibidagi gaz va suyuqliklar ( $H_2O, CO_2, H_2O$  v.b.) miqdorini aniqlash metodini yaratish" mavzusidagi amaliy loyiha asosida bajarilgan. Tabiiy gazni kombinatsion sochilish spektri O'zbekistonda birinchi marta qayd etilib tahlil qilindi.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi:** Tajriba qurilmasining optik tuzilmasi va mahsus konstruksiyalangan kyuveta-termostatlarning ishlash usuli o'rganildi.

Birinchi marta  $500 \div 3500 \text{ sm}^{-1}$  oraliqda tabiiy gaz kombinatsion sochilish spektri olindi va tahlil qilindi.

Tabiiy gazni analiz qilish uchun eng samarali oblast  $500 \div 2000 \text{ sm}^{-1}$  degan xulosaga kelindi. Mavzuga oid ilmiy maqolalar chop etilgan.

**Bitiruv malakaviy ishining tuzilishi:** Kirish, ikki bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlarni, 14 ta rasm, 3 ta jadvalni o'z ichiga olgan holda 51 sahifada bayon etilgan.

## I-BOB. MUHITLARDAN YORUG'LIKNING MOLEKULAR SOCHILISHINING FIZIK ASOSLARI

### 1.1.Molekulyar sochilish va uning nazariyasi

Muhitga tushgan yorug'lik qaytish, sinish va yutilishdan tashqari sochiladi ham. Bu hodisani kundalik hayotimizda har kuni kuzatamiz. Yorug'likning atmosferada sochilishi natijasida osmon ko'm-ko'k bo'lib ko'rinadi. Agar yorug'lik atmosferada sochilimaganda edi, kunduz kuni ham biz quyosh va yulduzlarni qorong'i osmonlarda kuzatgan bo'lar edik. Yorug'lik maydoni ta'sirida tebranayotgan elektronlarning majburiy tebranishlari tufayli paydo bo'ladigan ikkilamchi to'lqinlar yorug'lik to'lqini olib kelayotgan energiyaning bir qismini chetga sochib yuboradi. Boshqacha qilib aytganda moddadan yorug'lik tarqalayotganda yorug'lik sochilishi kerak. Bunday hodisa yuz berishi uchun yorug'lik to'lqinining o'zgaruvchi maydoni ta'siri ostida tebrana oladigan elektronlarning bo'lishi yetarlidir. Bunday elektronlar esa har qanday moddiy muhitda yetarli miqdorda bor. Agar muhit optik jihatdan bir jinsli bo'lsa ya'ni uning sindirish ko'rsatkichi nuqtadan nuqtaga o'tilganda o'zgarmasa u holda to'lqin frontida bir-biridan  $\ell$  masofada joylashgan tengdosh hajmlarning ixtiyoriy ikkitasi chiqarayotgan ikkilamchi to'lqinlar bir birini so'ndiradi. Muhitning bir jinsli va ikkilamchi to'lqinlarning kogerent bo'lishi yorug'lik sochilmasligining zaruriy va yetarli shartidir. Haqiqatda esa ideal bir jinsli muhitlar bo'lmaydi. Real muhitlarda turli sababdan paydo bo'lgan optik bir jinslimasliklar hamisha bo'ladi bu esa yorug'likning ba'zi hollarda juda intensiv, ba'zi hollarda juda zaif sochilishini bildiradi. Bir jinslimasliklar tufayli bo'ladigan difraksiya yorug'likning diffuziyasi yoki **sochilishi** deyiladi. Demak, muhitning bir jinsliligini buzish uchun sindirish ko'rsatkichining doimiyligini buzish kerak. Sindirish ko'rsatkichi  $n$  esa muhitning  $\varepsilon$  dielektrik singdiruvchanligiga

$$n = \sqrt{\varepsilon} \quad (1.1)$$

munosabat orqali bog'langan. Muhitning qutblanishi, ya'ni muhitning birlik hajmining tashqi  $E$  maydon ta'siri ostida oladigan elektr momenti  $P=Np$  ga teng,

bu yerda  $N$  - birlik hajmdagi molekulalar soni,  $p$  - bu har bir molekulaning elektr momenti. Bu moment kattaligi  $p = aE$  tashqi elektr maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional. Bunda  $a$  qutblanuvchanlik koeffitsiyenti deb atalib, molekulaning tuzilishini xarakterlaydi. Birlik hajm uchun yozsak:

$$P = NaE \quad (1.2)$$

Elektrostatikadan ma'lumki

$$D = \varepsilon E = E + 4\pi NaE \quad (1.3)$$

yoki

$$\varepsilon = 1 + 4\pi Na \quad (1.4)$$

Sindirish ko'rsatkichining o'zgarmas bo'lishi chiziqli oichamlari to'liq uzunligiga nisbatan uncha kichik bo'lmagan teng hajmlar uchun  $Na$  Ko'paytma muhitning turli joylarida bir xil bo'lishini bildiradi. Agar optik jihatdan bir jinsli bo'lgan muhit mutlaqo bir xil molekulalardan tashkil topgan ( $a$  o'zgarmas) bo'lsa, u holda  $N$  ham o'zgarmas bo'lishi, ya'ni muhitning zichligi hamtna yerda bir xil bo'lishi kerak, agar muhit har xil molekula yoki guruhlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda sindirish ko'rsatkichini o'zgarmaydigan qilish uchun  $N$  bilan  $a$  ni tegishlicha tanlab olish kerak. Masalan, benzol bilan uglerod sulfidning keraklicha qilib olingan aralashmasiga shisha parchalari botirilganda bu aralashma bir jinsli muhit bo'ladi, shisha bilan suyuqlik orasidagi bo'linish chegarasi sezilarli bo'lmay qoladi.

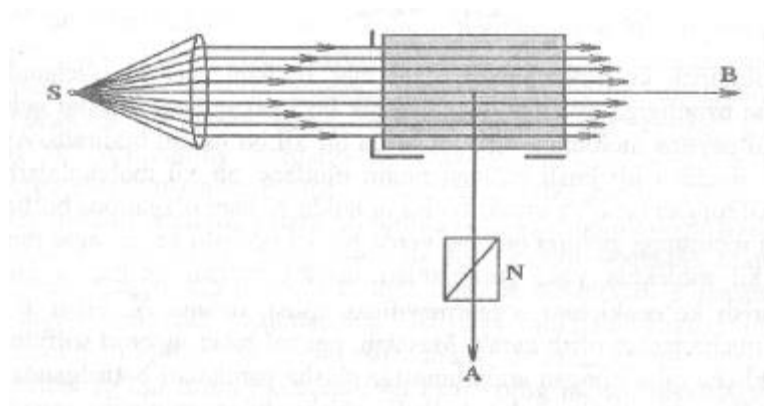
Ko'zga ko'rinadigan yorug'lik to'liqining uzunligiga nisbatan kichik bo'lgan zarralarda yorug'likning sochilishini laboratoriya sharoitida birinchi bo'lib Tindal kuzatgan (1869-yil). Turli burchaklar hosil qilib sochilgan yorug'lik dastlabki oq yorug'likdan  $ko'k$  boiishi bilan farq qilishini tushayotgan yorug'lik yo'nalishiga nisbatan  $\pi/2$  burchak hosil qilib sochilgan yorug'lik to'liq yoki deyarli to'liq chiziqli qutblanishini ham Tindal payqagan. Tindal osmonning zangori bo'libko'rinishiga Quyosh yorug'ligining yer atmosferasida chang zarralarida sochilishi sabab bo'lsa kerak, deb taxmin qilgan.

Ko'p hollarda tabiiy ravishda paydo bo'lgan optik bir jinslimasliklar tufayli yorug'lik intensiv ravishda sochiladi. Optik bir jinslimasligi oshkor boigan

muhitlar *xira muhitlar* deyiladi. Xira muhitlar jumlasiga tutun (gazdagi qattiq zarralar) yoki tuman (havodagi suyuqlik tomchilari, masalan, suv tomchilari) kiradi.

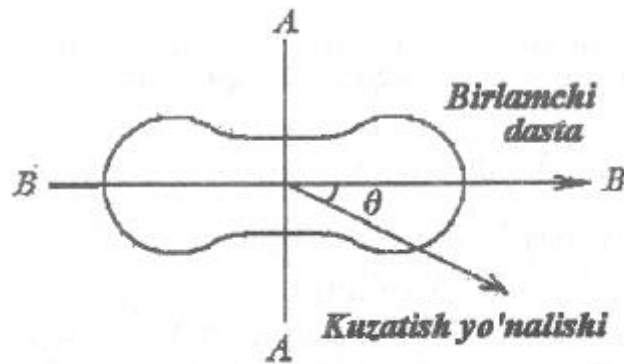
Bu hollarning hammasida xira muhit yorug'likni birmuncha ko'p sochib yuboradi, bu hodisa odatda Tindal hodisasi deyiladi.

Zarralarining o'lchami to'liq uzunligiga nisbatan kichik bo'lgan xira muhitlarda yorug'likning sochilishini o'rganish natijasida Tindal va undan keyingi tadqiqotchilar tajribada kashf etgan va nazariy jihatdan Reley asoslab bergan ba'zi umumiy qonuniyatlar topildi. Bu qonuniyatlar to'g'risida quyidagi tajribada tasavvur hosil qilish mumkin. To'g'ri burchakli kyuveta to'la suvga bir necha tomchi sut tomizib suv xiralashtiriladida, unga intensiv yorug'lik dastasi yuboriladi. Suvda yorug'lik dastasining izi aniq ko'rinib turadi. Yon tomonidan turib A yo'nalishda kuzatganda



1.1-rasm. Xira muhitlarda yorug'lik sochilishini kuzatish chizmasi

sochilgan yorug'lik S manbadan kelayotgan yorug'likka qaraganda *zangoriroq* bo'ladi, qalinligi yetarlicha bo'lgan kyuveta orqali B yo'nalishda o'tib uzun to'liqli nurlarga boyigan yorug'lik **qizg'ish** bo'ladi. Sochilgan yorug'likning dastlabki dastaga nisbatan  $90^\circ$  burchak ostida N qutblovchi orqali kuzatganda S dan kelayotgan dastlabki yorug'lik tabiiy yorug'lik boisa ham sochilgan yorug'lik *chiziqli qutblangan* ekanligi ko'rinadi. Turli yo'nalishlar bo'ylab sochilgan yorug'likning intensivligi taqsimotini ko'rsatuvchi grafik sochilish *indikatrasi* deyiladi. Tushayotgan yorug'lik tabiiy yorug'lik boiganda sochilish indikatrasi ko'rsatilgandek bo'lib,



1.2-rasm  $\lambda$  ga nisbatan kichik bo'lgan zarralar uchun sochilish indikatrasi

bilan ifodalanadi.

Fazoviy indikatrasi egri chiziqni  $BB$  o'qqa nisbatan aylantirib hosil qilinadi. Reley o'lchamlari tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligiga nisbatan kichik bo'lgan sferik zarralarda sochilgan yorug'likning intensivligini hisoblab (1899-yil) dastlabki yorug'lik tabiiy yorug'lik bo'lgan holda sochilgan yorug'likning intensivligi quyidagiga teng bo'lishini topdi:

$$I = I_0 \frac{9\pi^2 \varepsilon_0^2 N(V')}{2\lambda^4 L^2} \left( \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{\varepsilon + \varepsilon_0} \right)^2 (1 + 2\cos^2 \theta) \quad (1.5)$$

$N$ -sochib yuboruvchi hajmdagi zarralar soni,

$V'$  - va  $\varepsilon_0$ - zarraning hajmi va dielektrik singdiruvchanligi,

$\varepsilon$  - zarra muallaq holda yurgan muhitning dielektrik singdiruvchanligi,

$\theta$  - sochilish burchagi,

$I_0$ - tushayotgan yorug'likning intensivligi,

$L$ - sochib yuboruvchi hajmdan kuzatish nuqtasigacha bo'lgan masofa.

Releyning formulasi yuqorida aytib o'tilgan qonuniyatlarni tavsiflaydi. Sochilgan yorug'likning intensivligi to'lqin uzunligining to'rtinchi darajasiga teskari

proporsional ekan,  $I \propto \frac{1}{\lambda^4}$  bu qonuniyat o'lchab topilgan natijalarga muvofiq keladi

va osmonning zangori bo'lish sababini izohlab beradi va bu Reley qonuni deyiladi.

Biroq osmonning zangori bo'lishiga atmosferada chang borligining aloqasi yo'q ekan, biz buni keyinroq ko'rsatamiz. Reley formulasida muhitning optik jihatdan

bir jinslimasligining oichovi bo'la oladigan  $(\varepsilon - \varepsilon_0)^2 / (\varepsilon + \varepsilon_0)^2$  ko'paytuvchi bor.

Agar  $\varepsilon = \varepsilon_0$  bo'lsa, muhit bir jinsli bo'lib qolib, yorug'lik ham sochilmay qo'yadi ( $1=0$ ). Optik jihatdan bir jinslimaslikning bunday o'lchovi faqat mayda zarralargagina tegishli bo'lib qolmay, balki boshqa hollarda ham optik bir jinslimaslikning xarakteristikasi bo'la oladi.

Agar yorug'likni sochib yuboruvchi zarralarning o'lchamlari to'liq uzunligi bilan taqqoslasa bo'ladigan bo'lsa, u holda yorug'lik sochilishining biz muhokama qilgan qonuniyatlari yaramay qoladi; kolloid eritmalarida ko'pincha shunday bo'ladi.

Bunday yirikroq zarralarda sochilgan yorug'likning to'liq uzunligiga bog'lanishi kamroq sezilarli bo'ladi, ya'ni sochilgan yorug'lik zarralari mayda bo'lgan holdagidan kamroq zangori bo'ladi. Sochilgan yorug'lik faqat qisman qutblangan bo'ladi, bunda qutblanish darajasi zarralarning o'lchami va shakliga bog'liq bo'ladi. Sochilgan yorug'lik intensivligining burchaklar bo'yicha taqsimoti ham murakkablashadi, sochilish diagrammasi AA chiziqqa nisbatan simmetrik bo'lmay zarralarning o'lchami, shakli va tabiatiga hamda atrofdagi muhitga qarab juda murakkab ko'rinishda bo'ladi, faqat dastlabki dasta yo'nalishiga nisbatan simmetrik bo'ladi.

Bu murakkabroq qonuniyatlari yirik zarrali xira muhitlarda yorug'likning sochilishini nazariy tomondan talqin etishni juda qiyinlashtiradi. Shunga qaramasdan, bunday hollar ancha katta qiziqish uyg'otadi, chunki ular odatda ko'p kimyoviy reaksiyalarning mahsuli bo'lgan kolloid eritmalar va xira muhitlarni tadqiq etishda yuz beradi. Shuning uchun bunday oichash ishlari kolloid kimyo, analitik kimyo va biologiyada keng qo'llanilib, tadqiq etishning *nefelometrik* usullarining mavzui hisoblanadi[6,7,9].

Osmonning zangori bo'lib ko'rinishiga yorug'likning chang zarralarida sochilishi sabab bo'ladigandek ko'rinar edi, biroq tajribalar bunday emasligini ko'rsatdi, chunki chang bo'lmagan toza atmosferada (baland tog'lardagi observatoriyalarda) osmon yanada to'q, zangori bo'lib ko'rinadi va uning yorug'ligi qutblanadi. Keyingi nazariy va eksperimental tadqiqotlar bu

hodisalarning hammasiga yorug'likning havoda molekulyarsochilishi sabab bo'lishini ko'rsatdi.

### Yorug'likning molekulyar sochilishi

Biz yuqorida aytgan ma'noda xira deb atash mumkin bo'lmaydigan muhitlar bilan ish ko'riladigan hollar, ya'ni muhit aralashma yoki boshqa jinslardan yaxshilab tozalangan suyuqlik (yoki gaz) dan iborat bo'lgan hollar ancha katta qiziqish uyg'otadi.

Bunday muhitlarda yorug'lik sochiladi, optik jihatdan bir jinslimaslik paydo bo'lishiga olib keladigan fizik sabab bor (L.I.Mandelshtam, 1907 yil). Ideal toza muhitlarda optik bir jinslimaslik yuzaga kelishining fizik sababi birdaniga topilgani yo'q. Juda muhim bo'lgan bir xususiy holda bir jinslilikni buzilishiga olib keladigan sababni M.Smoluxovskiy (1908 yil) ko'rsatib berdi. Gaz yoki suyuqlikning kritik temperaturasida yorug'lik intensiv ravishda sochilishi (kritik opalessensiya) ko'pdan beri ma'lum edi. Smoluxovskiy kritik temperaturada muhitning siqiluvchanligi juda katta ekanligiga diqqat qildi (kritik nuqtada nazariy tomondan  $\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$  ifoda cheksizlikka intiladi). Bunday sharoitlarda kichikroq

hajmlarda o'rtacha zichlikdan sezilarli chetlanishlar paydo bo'lishi mumkin, chunki siqiluvchanlikning katta bo'lishi issiqlik harakati kichik hajmlardan zichlikning sezilarli variatsiyalarini (zichlik fluktatsiyalari) yuzaga keltirishga qodir ekanligini bildiradi. Optik bir jinslilikning buning oqibatida bo'ladigan buzilishi yorug'likning ko'p sochilishiga sabab bo'ladi. Smoluxovskiy kritik opalessensiya hodisasini izohlab berib, shu bilan yorug'likning umuman sochilishiga olib keladigan bir jinslilikning buzilish sababini qayerdan izlash kerakligiga ko'rsatma berdi, u quyidagicha: muhit molekulalarining issiqlik harakati statistik harakterda bo'lgani tufayli muhitda zichlik fluktuatsiyalari paydo bo'ladi, bu fluktuatsiyalar ayniqsa kritik nuqta sohasida katta bo'ladi. Zichlikning  $\Delta\rho$  fluktuatsiyasi sindirish ko'rsatkichining  $\Delta n$  fluktuatsiyasiga yoki dielektrik singdiruvchanlikning  $\Delta\varepsilon$  fluktuatsiyasiga ( $\varepsilon \equiv n^2$ ) sabab bo'ladi, bu esa aslida optik bir jinslimaslikdan iborat. Kritik nuqtadan uzoqda fluktuatsiyalar kritik nuqta

sohasidagidek uncha katta bo'lmada har qalay bo'ladi va toza moddada yorug'lik o'sha fluktuatsiyalar tufayli sochiladi.

1910 yilda Eynshteyn yorug'likning kritik nuqtadan uzoqda molekulyar sochilishining miqdoriy nazariyasini yaratdi: bu nazariya dielektrik cingdiruvchanlikning  $\Delta\varepsilon$  fluktuatsiyalari tufayli muhitda optik bir jinslimaslik paydo bo'lish g'oyasiga asoslanadi.

Bu holda sochilgan yorug'likning intensivligi fluktuatsiyalar tufayli paydo bo'lgan optik birjinslimaslik bilan aniqlanadi. Sochilgan yorug'likning intensivligi  $\overline{\Delta\varepsilon}$  ning ishorasiga bog'liq bo'lmagani uchun intensivlik  $(\overline{\Delta\varepsilon})^2$  ga proporsional bo'ladi. Oddiy elektrodinamik hisob intensivlikning quyidagicha bo'lishini ko'rsatadi:

$$I = I_0 \frac{\pi^2}{2\lambda^4 L^2} V^* V (\overline{\Delta\varepsilon})^2 (1 + \cos^2 \theta) \quad (1.6)$$

Bunda  $V^*$  - fluktuatsiya yuz bergan hajm bo'lib, yorug'lik to'lqinining uzunligiga nisbatan kichik, lekin ichida molekulalar ko'p. Boshqa belgilar (1.5) formuladagidek olingan.

Endi yorug'likning molekulyar sochilishida optik bir jinslimaslikning o'lchovi  $(\overline{\Delta\varepsilon})^2$  miqdor bo'ladi. Agar  $\Delta\varepsilon$  fluktuatsiyalar zichlik va temperatura yoki  $p$  bosim va  $S$  entropiyadan iborat faqat ikki erkli termodinamik o'zgaruvchi bilan aniqlanadi deb hisoblasak, u holda

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

bu yerda  $\Delta p, \Delta S$  - bosim va entropiyaning fluktuatsion o'zgarishlari, hosilalardagi indekslar differensial olayotganda qanday miqdor o'zgartirilmay turishini ko'rsatadi. Bu yerda  $\Delta p$  va  $\Delta S$  fluktuatsiyalar statistik jihatdan mustaqil ekanligi va demak,  $\overline{\Delta p \Delta S} = 0$  ekanligi e'tiborga olingan. Fluktuatsiyalar nazariyasi  $(\overline{\Delta p})^2$  va  $(\overline{\Delta S})^2$  miqdorlarni moddaning termodinamik xarakteristikalarini orqali ifodalashga va (1.6) munosabatni

$$I = I_0 \frac{\pi}{2\lambda^4} \frac{V}{L^2} \left\{ \left( \rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial p} \right)_S^2 \beta_S kT + \left( \frac{1}{\sigma} \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_p \frac{\sigma^2 kT}{c_p \rho} \right\} (1 + \cos^2 \theta) \quad (1.7)$$

ko‘rinishda tasvirlashga imkon beradi, bu yerda  $\rho$  - muhitning zichligi ( $g/sm^3$ ),  $T$  - absolyut temperatura,  $\beta_S$  - adiabatik siqiluvchanlik,  $\sigma$  - issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti,  $c_p$  - 1 g moddaning o‘zgarmas bosim sharoitidagi issiqlik sig‘imi,  $V$  - yorug‘likni sohib yuborayotgan hajm.

(1.7) formulada katta qavs ichidagi birinchi had zichlikning adiabatik fluktuatsiyalari (bosim fluktuatsiyalari) tufayli sochilgan yorug‘lik intensivligini bildiradi, ikkinchi had esa zichlikning izobarik fluktuatsiyalari (entropiya fluktuatsiyalari) tufayli sochilgan yorug‘lik intensivligini bildiradi. Quyidagi taqribiy tenglikni yozish mumkin:

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

Agar mashhur  $\beta_T = \beta_S + \left| \frac{T\sigma^2}{\rho c_p} \right|$  termodinamik munosabatdan foydalansak (bu

yerda  $\beta_T$  - izotermik siqiluvchanlik), (1.7) formula

$$I = I_0 \frac{\pi}{2\lambda^4} \frac{V}{L^2} \left( \rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T^2 \beta_T kT (1 + \cos^2 \theta) \quad (1.8)$$

ko‘rinishga keladi; bu formulani birinchi bo‘lib Eynshteyn topgan va shuning uchun u Eynshteyn formulasi deyiladi[6,12,18].

## 1.2.Kombinatsion sochilish va uning 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 (2.1-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 (2.1-rasm).

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  $\nu_0$  chastotasi bilan yo'ldoshlardan har bir chiziqlarning  $\nu'$ ,  $\nu''$ ,  $\nu'''$ ... chastotalari orasidagi  $\Delta\nu$  farq sochuvchi modda uchun xarakterli bo'lib, uning molekulalarining xususiy tebranishlari chastotalariga  $(\nu^i)$  teng:
- Yo'ldoshlar uyg'otuvchi chiziqdan ikki tomonda simmetrik yotuvchi chiziqlarning ikki sistemasidan iborat, (2.1-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 (2.1-rasm)

- 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[14,19].

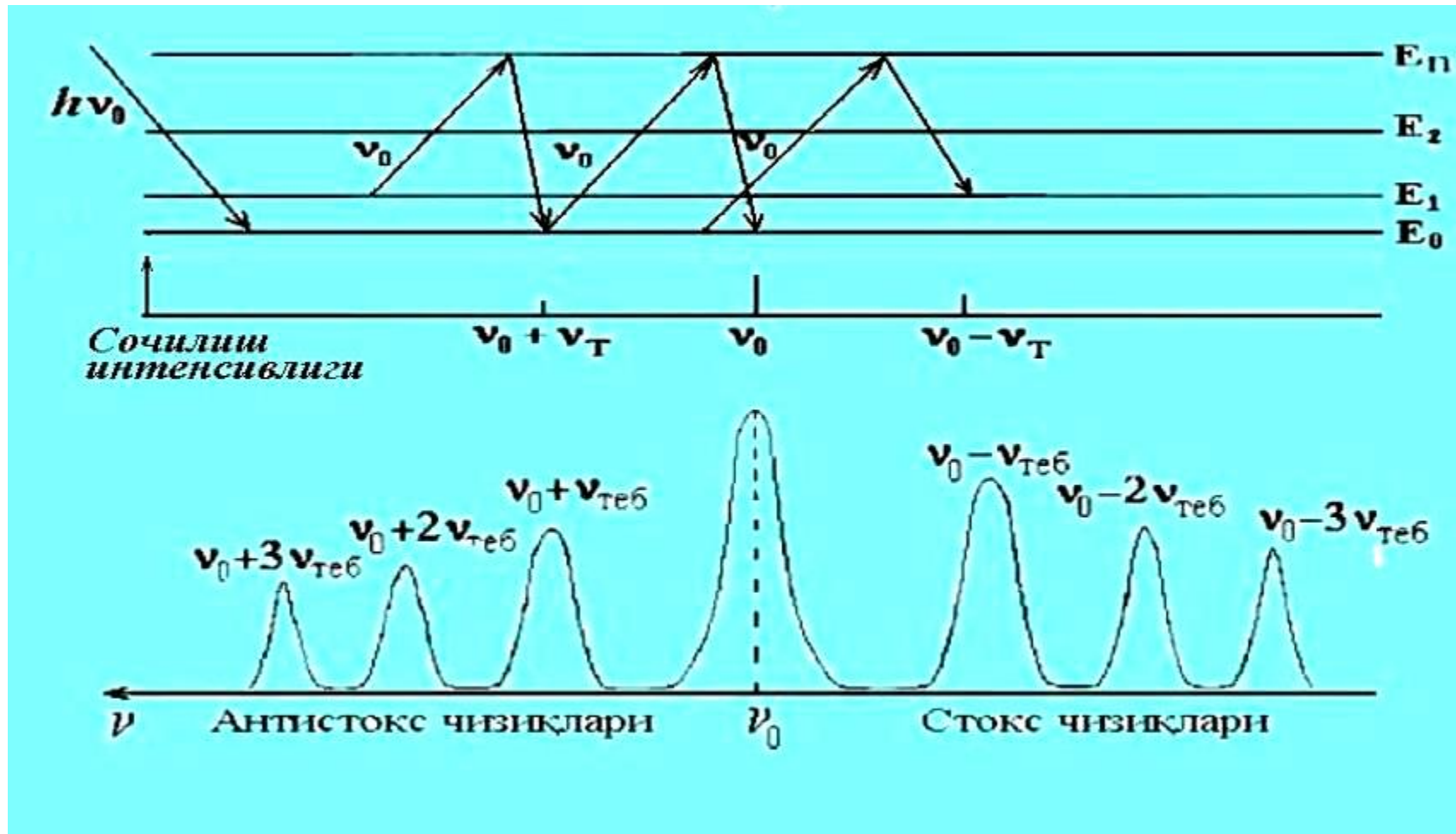
### Yorugʻlikni kombinatsion sochilishini kvant nazariyasi

Yorugʻlik kvantlari toʻgʻrisidagi soddalashtirilgan tasavvurdan foydalanib, kombinatsion sochilish hodisasining mohiyatini anglab etish mumkin. Kvant tasavvurlariga asosan,  $\nu_0$  chastotali yorugʻlik maʼlum bir ulushlar (kvantlar) tarzida tarqalib, boʻlarning miqdori  $h\nu_0$  ga teng bu erda  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J(c - Plank taklif etgan universal doimiydir. Shuning uchun oʻzida  $\nu_0$  chastotali tebranishlar boʻlayotgan atom  $h\nu_0$  energiya zahirasi ega boʻladi. Bu energiyani atom oʻshanday chastotali yorugʻlik tarzida chiqarishi mumkin. Bu nuqtai nazardan yorugʻlikning molekulalarda sochilishini yorugʻlik kvantlarining (yaʼni fotonlarning) molekulalar bilan toʻqnashishi deb qarash mumkin. Bu toʻqnashish natijasida fotonlar uchish yoʻnalishini oʻzgartiradi. Fotonlar bilan molekulalar oʻrtasidagi toʻqnashishlar elastik va noelastik boʻladi. Toʻqnashish elastik toʻqnashish boʻlgan holda molekulaning energiyasi va fotonning  $\nu_0$  chastotasi oʻzgarmaydi, bu hol Reley sochilishiga mos keladi (2.1-rasm). Releycha sochilish paytida sochilgan yorugʻlik kvantlarining chastotasi muhitga tushayotgan yorugʻlik kvantlarining chastotalariga mos keladi. Shuning uchun ham Releycha sochilishga **elastik** sochilish ham deyiladi.

Toʻqnashish noelastik boʻlgan holda fotonning energiyasi  $h\nu_i$  tebranma kvant miqdorida oʻzgaradi. Agar yorugʻlik tebranish holatida boʻlmagan molekula bilan oʻzaro taʼsir qilishsa, yorugʻlik 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  $\nu_0$  o'yg'otuvchi yorug'lik chastotasi,  $\nu_i$  molekula tebranishlarining chastotasi[9,12].

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 2.1-rasmdan osongina tushunish mumkin. Yuqorida aytilganlardan kelib chiqib kombinatsion sochilishga quyidagicha ta'rif berish mumkin: Sochilgan yorug'likning chastotasi tushayotgan yorug'likning chastotasi  $\nu_0$  bilan molekulalar ichida bo'ladigan tebranishlar chastotasining  $\nu_i$  kombinatsiyasidan tarkib topadi. Shuning uchun bu sochilish kombinatsion sochilish deb ataladi.



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

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:

$$\frac{I_{T_1}}{I_{T_2}} = \frac{\left(1 - e^{-\frac{h\nu}{KT_2}}\right)}{\left(1 - e^{-\frac{h\nu}{KT_1}}\right)} \quad (2.1)$$

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

$$\frac{I_{T_1}}{I_{T_2}} = \frac{e^{-\frac{h\nu}{KT_1}}}{e^{-\frac{h\nu}{KT_2}}} \quad (2.2)$$

Stoks va antistoks chiziqlarining intensivliklari nisbati

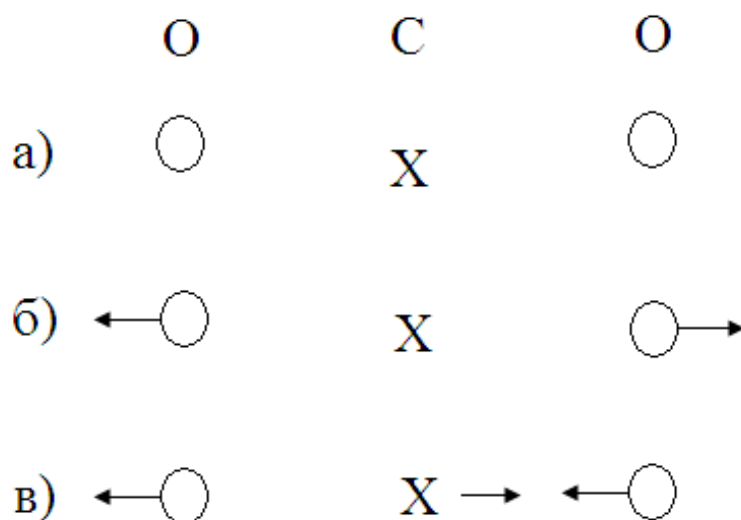
$$\frac{I_{ac}}{I_c} \approx \left(\frac{\nu_0 + \nu_{me\delta}}{\nu_0 - \nu_{me\delta}}\right)^4 \quad (2.3)$$

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

Haqiqatda,  $\nu$  chastotali kombinatsion chiziqning intensivligi molekulaning bu chastotaga mos keladigan tebranishlar qilishida molekulaning  **$\alpha$  qutblanuvchanligi naqadar ko'p o'zgarishi** bilan aniqlanadi. Qutblanuvchanlikning o'zgarishi bilan elektr momentining o'zgarishi turli xil tebranishlarda turlicha ifodalanishi mumkin.

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

Masalan:  $CO_2$  molekulasida atomlar tebranganda (2.4-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.



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

Boshqacha tebranishda (2.2-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 (2.2-rasm, b) kombinatsion sochilish chizig'i paydo bo'ladi, bu chiziqning chastotasini kombinatsion sochilish spektridan aniqlash mumkin; ikkinchi tur tebranishda (2.2-rasm, c) 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 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[21,11,6].

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 malekulalararo kuchlarini o'rganishda, murakkab aralashmalarni tahlil qilish va u yoki bu birikmalarni identifikatsiyalash (ajratish) da kombinatsion sochilish usuli muhim anjomdir[6,9].

### 1.3. Kombinatsion sochilish spektroskopiyasini muhitlarni tadqiq etishdagi o'rni

Kombinatsion sochilish hodisasi klassik nazariya nuqtai nazaridan quyidagicha tushuntiriladi. Ushbu hodisada yo'ldoshlarning paydo bo'lish sabablari yorug'lik to'lqinini 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  $\alpha_0$  - 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 ( $\approx 10^{15}$  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 ampitudasi 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,  $\alpha$  - 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'lqinining chastotasi  $\omega$  ga teng, modulyatsiya esa  $\omega_i$  - chastotalarda (sochuvchi modda molekulasidagi atomlarning tebranish chastotasi) yuz beradi. Amplitudasi modulyatsiyalangan bunday tebranishlarning spektri  $\omega$  - 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

$$I_\nu = \frac{16\pi^4\nu^4}{3c^2} \alpha^2 E_0^2 \quad (3.1)$$

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.

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

$$I_{S,A} = \frac{4\pi^4}{3c^2} (\nu_R^{S,A})^4 \alpha^4 E_0^2 = \frac{4\pi^4}{3c^2} (\nu_0 \mp \nu_i)^4 \alpha^4 E_0^2 \quad (3.2)$$

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[15,16,].

Reley nazariyasi: Tindal nazariyasiga asoslanib Reley yorug'lik sochilish nazariyasini yaratdi. Yorug'lik biror muhitga tushsa muhit molekulalari yorug'lik maydoni ta'sirida o'zgaruvchan dipol momentiga ega bo'ladi. O'zgaruvchan dipol o'z atrofiga elektromagnit to'lqinlarni tarqata boshlaydi. Bu elektromagnit to'lqinlar tushuvchi elektromagnit to'lqinlar bilan qo'shilib qaytgan va singan nurlarni hosil qiladi. Mana shu ikkilamchi to'lqinlar sochilgan yorug'likni hosil qiladi. Faraz qilamiz siyraklashgan gazga qutblangan yorug'lik tushayotgan bo'lsin. Bu yorug'likni garmonik yorug'likdan iborat desak uning tenglamasi.

$$E = E_0 \sin \omega t \quad (3.3)$$

Izotrop gaz zarralari bu maydon ta'sirida tebrana boshlaydi va ma'lum bir dipol momentiga ega bo'ladi.

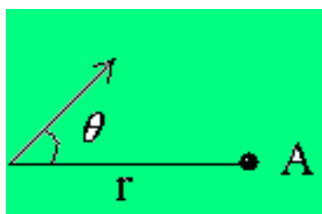
$$P = \alpha E = \alpha E_0 \sin \omega t \quad (3.4)$$

Tebranayotgan bu dipol o'zidan ikkilamchi to'lqin nur tarqatadi.

$$P_0 = \alpha E_0$$

shu dipolning amplitudasi bu dipol o'zidan tarqatayotgan to'lqin kuchlanganligi

$$E^S = \frac{\omega^2}{c^2 r} P \sin \theta \quad (3.5)$$



$\theta$  – dipolning yo'nalishi bilan kuzatish yo'nalishi orasidagi burchak

$$E^S = \frac{\omega^2}{c^2 r} \alpha E_0 \sin \omega t \cdot \sin \theta \quad (3.6)$$

dipol tarqatayotgan maydonning kuchlanganligi

$$I=E^2$$

(3.5) ni kvadratga ko'tarsak

$$I = i = (E^S)^2 = \frac{\omega^4}{c^4 r^2} \alpha^2 E_0^2 \sin^2 \omega t \cdot \sin^2 \theta \quad (3.7)$$

$$\omega = 2\pi \frac{c}{\lambda};$$

$$I_0 = E_0^2 \sin^2 \omega t \quad \text{bulardan}$$

$$I = i = I_0 \frac{16\pi^4}{\lambda^4 r^2} \cdot \alpha^2 \sin^2 \theta \quad (3.8)$$

(3.8) chi bitta zaryaddan sochilgan yorug'lik intensivligi.

Agar muhit bir jinsli bo'lsa har bir zarradan sochilgan yorug'lik o'zaro kogerent bo'ladi. Kogerent nurlar interferensiyalashadi va hisoblash mumkinki, har qanday zarra tarqatayotgan kogerent yorug'lik nuriga teskari fazada, yorug'lik sochayotgan zarra ham bor. Teskari fazada uchrashgan bu ikki nur bir-birini maksimal susaytiradi. Shuning uchun sochilgan yorug'lik bo'lmasligi kerak. Lekin sochilgan yorug'lik kuzatiladi. Bu nazariy kelishmovchilikni Reley osongina bartaraf qilgan.

Zarralarning issiqlik harakati uning fikricha nurlarning kogerentligini buzadi. Natijada kogerent bo'lmagan nurlar bir-biriga halaqit bermaydi. Shu faraz asosida har bir zarradan sochilayotgan yorug'lik intensivliklarini qo'shib, ma'lum bir hajmdan sochilgan yorug'lik intensivligini qo'yidagicha chiqariladi.

$$I = iN_1V = I_0 \frac{16\pi^4}{\lambda^4 r^2} \alpha^2 N_1V \sin^2 \theta \quad (3.9)$$

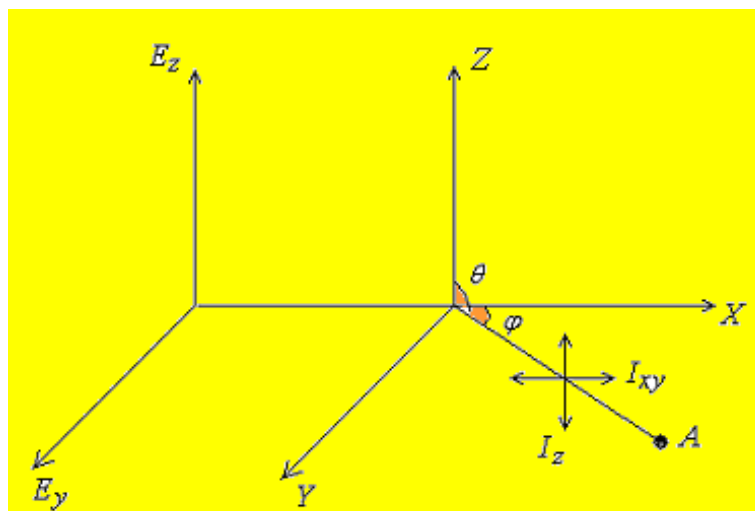
Bu Reley formulasi siyraklashgan gazga qutblangan yorug'lik tushganda, umumiy sochilgan yorug'lik intensivligi V-sochuvchi hajm.

Bu erda shu formuladan Releyning birinchi qonunini o'qish mumkin.

Releyning birinchi qonuni: Sochilgan yorug'likning intensivligi tushuvchi yorug'lik to'liq uzunligining 4-chi darajasiga teskari proporsional.

$$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$$

Releyning bu qonuni osmon ko‘m-ko‘kligini to‘la tushuntira oladi. Releyning formulasidan foydalanib gazga tabiiy yorug‘lik tushayotgan bo‘lsa, sochilgan yorug‘lik intensivligini topish mumkin.



X-o‘qi bo‘yicha tushayotgan tabiiy yorug‘likni ikkita qutblangan yorug‘likdan iborat deb hisoblaymiz. 1-elekt vektori z-o‘qi bo‘yicha tebranayapti, uning qutblanish tekisligi x u tekisliklar. 2-elekt vektori u-o‘qi bo‘yicha tebranayapti x z tekislikda qutblangan birinchi holda gaz izotrop molekulali bo‘lganligi uchun dipol z o‘qiga parallel, shu sababli  $\theta = 90^\circ$  teng. Shuning uchun ham sochilgan yorug‘likning intensivligi  $\sin 90^\circ = 1$

$$I_z = I_0 \frac{8\pi^4}{\lambda^4 r^2} \alpha^2 N_1 V \quad (3.10)$$

2- holatda  $\theta = 90^\circ - \varphi$  bo‘ladi.

Tushayotgan yorug‘lik u o‘qi bo‘ylab tebranyapti, dipol ham u-o‘qi bo‘yicha hosil bo‘layapti. Buning tebranishi x u - tekislikda yotgan bo‘lib bundan sochilgan yorug‘lik ham shu tekislikda tebranadi.

$$\sin \theta = \cos \varphi$$

$$I_{xy} = I_0 \frac{8\pi^4}{\lambda^4 r^2} \alpha^2 N_1 V \cos^2 \varphi \quad (3.11)$$

$\varphi$  - burchak kuzatish yoʻnalishi bilan tarqalish yoʻnalishi orasidagi burchak  $\frac{I_0}{z}$  deb hisobladi, shuning uchun ham formulada 16 oʻrniga 8 yozildi. 1-holda sochilgan yorugʻlikning elektr vektori kuzatish tekisligiga perpendikulyar, ikkinchi holda esa kuzatish tekisligida yotadi. Endi umumiy sochilishni topish uchun (3.10) bilan (3.11) ni qoʻshib olamiz.

$$I = I_z + I_{xy} = I_0 \frac{8\pi^4}{\lambda^4 r^2} \alpha^2 N_1 V (1 + \cos^2 \varphi) \quad (3.12)$$

$\alpha$  - ni Lorents – Lorens formulasidan topsak.  $\alpha = \frac{n^2 - 1}{4\pi N_1}$

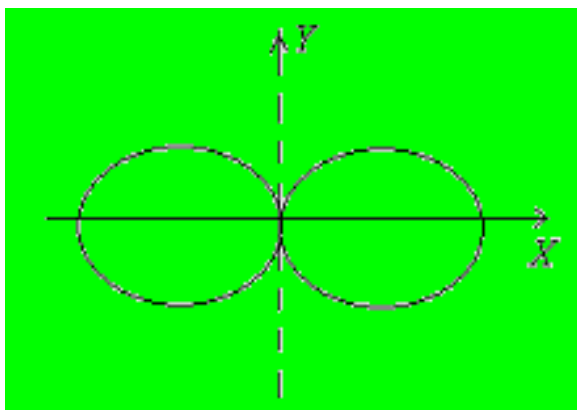
$$I = I_0 \frac{\pi^2}{2\lambda^4 r^2} \frac{(n^2 - 1)^2}{N_1} V (1 + \cos^2 \varphi) \quad (3.13)$$

Agar gaz juda siyrak deyilsa,  $\alpha = \frac{n - 1}{2\pi N_1}$

$$I = I_0 \frac{2\pi^2}{\lambda^4 r^2} \frac{(n - 1)^2}{N_1} V (1 + \cos^2 \varphi) \quad (3.14)$$

Bu siyraklashgan gazlarda sochilgan yorugʻlik intensivligi.

Releyning ikkinchi qonuni: 2-holda. Oldinga  $\varphi$  va orqaga  $180^\circ - \varphi$  burchak ostida sochilgan yorugʻlik indikotrisasi teng boʻladi.



Bunga yorugʻlik indikotrisasi deyiladi.

3-holda. Izotrop muhitga qutblangan yorugʻlik tushsa,  $90^\circ$  burchak ostida sochilgan yorugʻlik toʻliq qutblangan boʻladi. Bu Releyning 3-chi qonuni deb yuritiladi[6].

Tabiiy yorug'lik tushganda sochilgan yorug'lik qisman qutblangan, uning qutblanish darajasi  $\Delta = \frac{I_{\parallel}}{I_{\perp}}$   $I_{\parallel}=I_{xy}$  ,  $I_{\perp}=I_z$  deb olamiz. X o'qqa perpendikulyar, Z ga parallel. Shunday qilib qutblangan yorug'lik tushganda  $\Delta = \frac{I_{\parallel}}{I_{\perp}} = 0$  bo'ladi, agar sochilish burchagi  $90^0$  ga teng bo'lsa. Ammo tajriba ko'rsatadiki bu hamma vaqt ham nolga teng emas. Buning sababi gaz molekulari hamma vaqt ham izotrop emas anizotropdir.

Qutblangan  $0 < \Delta < \frac{3}{4}$

Tabiiy  $0 < \Delta < \frac{6}{7}$

Optik jihatdan bir jinsli bo'lgan muhitda yorug'likning sochilishini ko'p vaqtlar tushuntirish imkoniyati bo'lmadi, faqat 1908 yilga kelib, Polyak olimi Smoluxovski kritik opolosensiyani kiritik temperaturada zichlik fluktuasiyasining keskin ortib ketishi bilan tushuntirdi. Ammo kritik nuqtadan uzoqda ham zichlik fluktuasiyasi nolga teng bo'lmas ekan.

Bizga o'lchamlari yorug'lik uzunligidan juda kichik ammo o'zida ko'plab molekularni sig'diraoladigan elementar hajim berilgan bo'lsa bu hajmdagi  $\Delta\rho$  fluktuasiyasi izotermik siqiluvchanligiga to'g'ri proporsional

$$\Delta\rho^2 = \frac{3^2}{V} KT \left( -\frac{1}{V} \frac{\partial}{\partial \rho} \right) T \quad (3.15)$$

Hozirgi kunda yorug'likning ko'pgina yangi xususiyatlari ochilmoqda. Bunga quydagilarni misol qilishimiz mumkin.

Jismlar o'zlariga tushayotgan nurning bir qismini yutib qolgan qismini qaytargani uchun ko'rinish xususiyatiga egalar. Shuningdek havo kabi shaffof jismlar nurni o'zicha o'tkazib yuborgani uchun ba'zan ko'zimiz ularni ilg'amaydi. Qiziq, tabiatdagi rangli jismlarni ham ko'rinmas holga keltirish mumkinmi? Misol uchun odam. Nazariy jixatdan albatta, mumkin. Buning uchun

tushuayotgan nur yutilmasdan, burib yuborilishi kerak, xalos. Qarabsizki, qarshingizdagi inson ko'zdan g'oyib bo'ladi.

Fanda bunday hodisani yaqin paytgacha amaliyotga joriy qilish imkonsiz deb hisoblab kelingan. Biroq oxirgi tadqiqotlar amalda ham jismni ko'rinmas qilish mumkinligi, to'g'rirog'i, ko'rinmas materiallar yasash imkoniyati borligini ko'rsatmoqda. Shunday materiallar bilan istalgan jismni o'rab qo'ysangiz, u ko'zdan yo'qoladi, o'rnida shaffof bo'shliq hosil bo'ladi. Ko'rinmaslik sirini kashf etish borasidagi izlanishlarga qiziqish kun sayin ortib bormoqda. Bundan to'rt yil muqaddam Pentagon Massachusets texnologiya universitetiga «Ko'rinmas askar kiyim»ini ishlab chiqish uchun 50 mln dollar ajratgan edi. Yaqinda 22-26 oktabr kunlari Italiya (Rim) da ana shu va boshqa muammolarni echish ustida ishlayotgan olimlarning birinchi Xalqaro yig'ini o'tkazildi. Yig'inda butun dunyodagi mamlakatlardan 500 ga yaqin olim 500 ta ma'ro'za bilan qatnashgan. Shu jumladan bizning mamlakatimizdan ham bitta olim qatnashgan. Samarqand Davlat universitetining professori Obloqul Quvondiqov. Konferensiya mavzusi «Metamateriallar - sun'iy elektromagnit materiallarning optik va mikroto'lqin texnikasida qo'llanishi» deb nomlangan. Bu mavzu ustida juda ko'p fikr-mulohazalar mavjud.

Zichlik fluktuasiyasi. Kritik opolensensiyada kritik temperaturaga yaqin temperaturada va kritik temperaturaning o'zida  $\Delta\rho$  oshib ketadi. Kritik temperaturadan uzoqroqda ham  $\Delta\rho^2 \neq 0$  shu tengsizlik har qanday temperaturada ham zichlik fluktuasiyasini borligini ko'rsatadi va bu yorug'lik sochilishiga sabab bo'ladi. Zichlik flkutasiasining berilgan hajmdagi molekulalar soni bilan ham ifodalash mumkin. Shu elementar 1 hajmdagi molekulalarning o'rtacha sonini

$$N=N_1 V \quad (3.16)$$

V- elementar hajm,  $N_1 - 1 \text{ sm}^3$  dagi molekulalar soni,  $N$  - shu hajmdagi molekulalar o'rtacha sonini chetlanishini  $\Delta N$  deb olamiz.

$$\Delta N = \overline{N} - \overline{N} \quad (3.17)$$

Hisoblashlar ko'rsatadiki o'rtachadan og'ishning o'rtacha qiymati nol ekanini ko'rsatadi.

$$\Delta \bar{N} = N - \bar{N} = 0 \quad (3.18)$$

Lekin bu og'ishning o'rtacha kvadrati qiymati nolga teng emas.

$$(\Delta \bar{N}^2) = (N - \bar{N})^2 = \bar{N}^2 - 2\bar{N} \quad \bar{N} + \bar{N}^2 = \bar{N}^2 - 2\bar{N}^2 + \bar{N}^2 = \bar{N}^2 - \bar{N}^2 = \bar{N}$$

$$(\Delta \bar{N})^2 = \bar{N}^2 - \bar{N}^2 = \bar{N} \quad (3.19)$$

(3.19) ga zichlik fluktuasiyasining molekular soni bo'yicha ifodasi deyiladi. Zichlik fluktuasiyasi o'z navbatida dielektrik singdiruvchanlik fluktuasiyasiga sabab bo'ladi. Bu fluktuasiyasi optik jixatdan bir jinsli bo'lgan muhitda yorug'likning sochilishiga sabab bo'ladi. Cmolvuxovskiyning shu g'oyasi Eynshteyn tomonidan yorug'lik sochilishini nazariy tushuntirishga olib keldi[6,9,14].

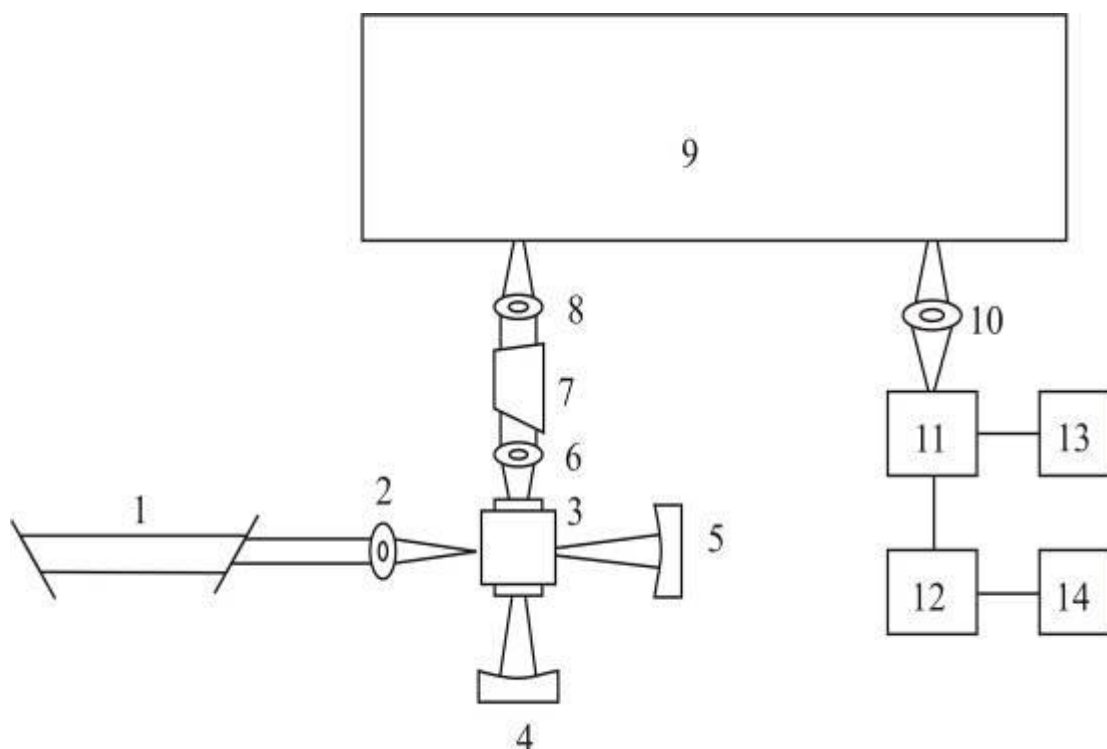
## II-BOB. TAJRIBA TEXNIKASI VA METODIKASI

### 2.1.Tajriba texnikasi va uning ishlash usuli.

Kombinatsion sochilish spektrini qayd qilish SamDU optika va spektroskopiya kafedrasida tuzilgan qurilma ko'rib chiqilgan. U yuqori bosimlitemostatli kyuveta DFS-24 seriyali monoxramotorlar asosida tashkil topgan spektrometrdan iborat. Qurilmaning blok sxemasi 1.1-rasmda ko'rsatilgan.

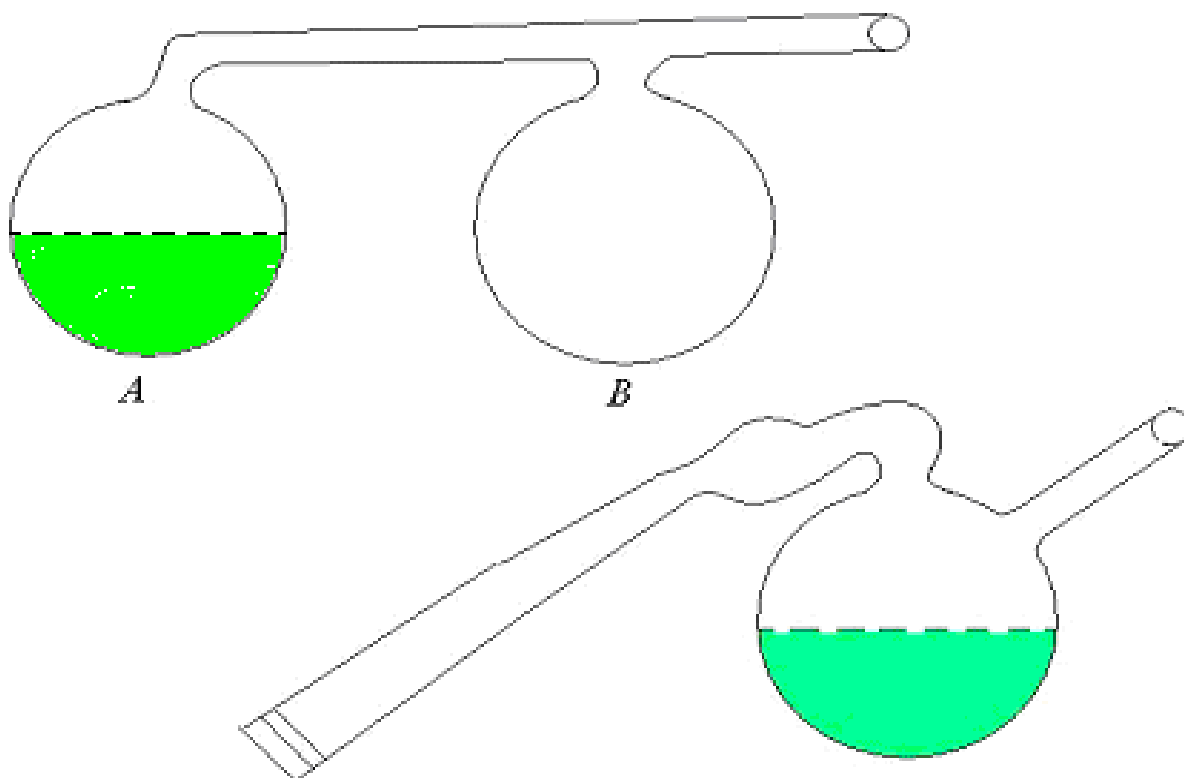
Tajriba qurilmasining asosiy elementlari, xarakteristikalarini ko'rib o'tamiz. 488 nm to'liq uzunlikdagi quvvati  $0.1 \div 0.3 \text{ V.t}$  bo'lgan LGP-502 va LGP-100 m 1-tipdagi argon lazeri kombinatsion sochilish spektrini uyg'otuvchi yorug'lik manbai sifatida qo'llaniladi. 1.1-rasmdan ko'rinib turibdiki (10 lazerdan chiqadigan yorug'lik (2) linza orqali namunaga fokuslanadi. Sferik ko'zgu (4) monoxramotor tirqishiga yig'ilgan sochilgan nurlanishning yorug'lik oqimini ko'paytiradi. Namunadan o'tgan lazer nuri sferik ko'zgu (5) orqali teskari tomonga yo'llanadi va yo'qotilgan nurlanishning quvvatini oshirib namunaning markazida fokuslanadi.  $90^0$ ga burchak ostida sochilgan yorug'lik (6) va (8) linzalar yordamida monarxomatorning kirish tirqishida yig'iladi. Bu linzalar orasida burama prizma (7) joylashgan). U lazer nurining tasvirini  $90^0$ ga buradi. Monarxomator (9) dan keyin yorug'lik linza (10) ga tushib, elektronli impuls rejimida ishlaydigan fotoelektron kuchaytirgich (FEY-106) (11) ga fokuslanadi. Qayd qilish sistemasi ahalog chiqishga ega bo'lgan IPF-2L impulsli xisoblagich (12) ko'rinishda bo'ladi. Spektr KSP-4(14) uzi yurar asbobdan qayd qilinadi.

1-argon lazeri, 2-6-8-10-linzalar, 3-namunaviy kyuveta, 4-5-sferik ko'zgular, 7-burma prizma, 9-monoxromatirlar, 11-fotoelektron ko'chaytirgich FEUVS-22, 14-uzi yozar KSP-4(26).



1.1–rasm. Tajriba qurilmasining blok sxemasi.

Ob'ektlarni tajribaga tayyorlash uchun o'sha tekshirilayotgan namuna toza bo'lishi, chang va boshqa aralashmalardan xoli bo'lishi shart. Ozigina aralashma ham molekulyar sochilishdan chetlanishga olib keladi. Tekshirilayotgan modda kimyoviy tarkibi jihatdan ham tozalangan bo'lishi kerak. Tozalash vakuum ostida haydashdan iborat bo'lib, ikkita bir–biriga ulangan shisha shardan iborat.



1.2-rasm. Vud trubkasi

Eng avvalo moddani tozalashdan oldin, sharlar va Vud trubkasi distirlangan suv bilan chayilgandan so'ng, quritish shkafiga quritiladi. Tekshirilayotgan modda ikkita bir-biriga ulangan sharlardan biriga solinadi. Keyin sharlardan biriga modda solinadi va ma'lum bir qaynash temperaturagacha pechkada qizdiriladi. Natijada qizdirilayotgan shardagi modda tarkibidagi chang zarralari suv va boshqa aralashmalar asta-sekin o'sha modda tarkibidan chetlasha boshlaydi, ya'ni o'rganilayotgan ob'ekt bug'lanib sharlardan biriga o'tib ketadi. Tajribaga tayyorlanayotgan moddani shu yo'l bilan bir nechamarta tozalanadi va nihoyat toza modda sharlardan birida o'zi alohida toza holida qoladi. A sharga suyuqlik qo'yilib unga kislota yordamida yoki quruq muz yordamida havosi so'rib olinadi. Vakuum hosil qilingandan keyin C nuqtasi kavsharlanadi vapechkaga qo'yib qayta haydaladi. V shar qayta haydalgan suyuqlik bilan kesib olinib Vud trubkasiga ulangandan keyin yana qayta haydash yo'li bilan yana tozalanadi. Vud trubkasiga o'tkazilgandan keyin D nuqtadan kesib olinib Vud trubkasi tag qismi bian yonbosh

qismlaridan tashqari hamma tomoni bo'yaladi. Maqsad boshqa tomonlarga sochilgan yorug'lik to'lqin yutilishi uchun, yuqorida aytilganlar bajarilgandan so'ng Vud trubkkasi tajribaga tayyor hisoblanadi. Yuqorida keltirilgan ob'ektlarni tajribaga tayyorlash usuli suyuqlik va eritmalarini tajribaga tayyorlashga juda qulaydir. Lekin biz gazni o'rganganimiz uchun yuqori bosimli kyuveta termostatdan foydalandik. Yuqori bosimli kyuveta termostat temperatura ( $80 \div 360$  K) va bosim ( $4 \div 160$  Atm) sohasida ishlashga mo'ljallangan. Bu kyuveta-termostat to'grisida yuqorida to'xtalganmiz [11,18,22].

Hamma tekshirilgan aralashmalar yuqori bosimli kyuvetada tayyorlanadi. Gazlar yaxshi aralashishi uchun aralashma temperaturasi xona temperaturasidan kondensatsiya temperaturasigacha o'zgartiriladi. Har bir tajribadan oldin o'rganiladigan gaz kerakli bosimda  $P_1$  kyuveta termostatga jo'natiladi. Undan keyin kerakli bosimdagi bufer gazlar (argon va kripton) kyuveta termostatga solinadi.  $P_2$  manometrdan aralashma bosimi  $P_2 = P_{atm} \cdot P_1$  orqali topiladi. Zichlik  $0,5 \div 1$  amaga aniqlikda hisoblanadi. O'rganiladigan gazlarning tozaligi spektroskopik yo'l bilan tekshirib ko'rildi.

## 2.2. Optik kyuveta-termostat va uning tavsifi

Gaz va suyuqliklarning yuqori bosimda temperaturaning keng intervalida kombinatsion sochilish spektrini tadqiq qilish uchun maxsus kyuveta termostat tayyorlangan. Temperaturaning 80÷360 K sohasida ishlaydigan optik yuqori bosimli termostatning sxemasi (2.1-rasm)da keltirilgan [25].

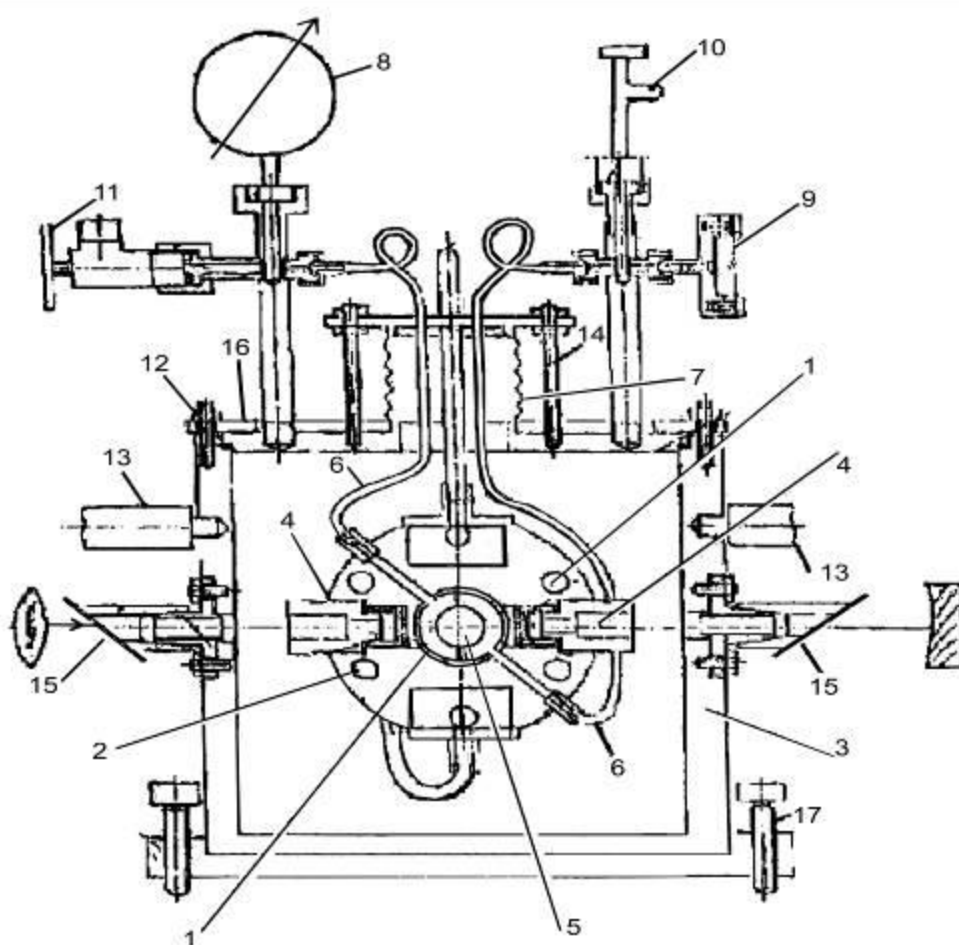
Optik termostatdayuqori bosimli kyuveta (1) qobiq (2) bilan o'ralgan, u orqali issiqlik tushuvchi o'tadi. Hammasi birgalikda termoizolyatsiyani ta'minlaydigan vakuumlitashqi qobiq (3) ichiga joylashgan. Yuqori bosimli kyuveta bir-biriga  $90^0$  burchak ostida silindr taglikka mahkamlangan metall silindrdan tashkil topgan. Silindr tekislikda lazer nurlarini (4) va sochilgan nurlanishni (5) o'tkazuvchi tirqishlar germetik joylashtirilgan. Shuningdek kyuvetada ishchi moddalarni kiritish uchun mo'ljallangan 2 ta nayi (6) mavjud bo'lib u metall trubadan tayyorlangan bo'lib, korpusning yuqori va pastki qismiga kavsharlangan. Bitta kiritish nayidan "Mis-Konstantin" termopara qo'yiladi vanamuna bilan bevosita aloqada bo'ladi.

Kyuvetani o'rab turgan qobiq (2) tirqish va kanallardan iborat tushuntiruvchi sistemaga ega bo'lib, ular issiqlik tashuvchini kiritishga moslashtirilgan holda, kyuvetaning pastki va yuqori qismlarida joylashgan. Shu kiritish joyidan issiqlik tashuvchi yuqoridan pastga boradi. Namunani sovutish uchun Dyuar idishidan suyuq azot kiritish nayidan yuboriladi. Suyuq azotning harakatlanish tezligini boshqarib, sovuq temperatura bir xilda saqlanadi. Namunani qizitishda esa ultratermostatdan issiq suv jo'natish orqali amalga oshiriladi. Spektrni qayd qilish davomida temperaturani bir xilda saqlash tajriba natijasini aniqligini oshiradi.

Lazer nurini namunadan 2 xil gorizontal va vertikal holda termostatdan o'tkazish mumkin.

Vakuumli idish ichidagi kyuveta silfon (7)ga osilib turibdi, silfon yordamida kyuvetani asbob o'qiga va lazer nuri yo'nalishga moslashtirish mumkin. Termostat qulay konstruksiyaga ega, uning qopqog'iga (16) manometr

(8) qotirilgan, termoparani (9) germetik kirituvchi moslama kyuvetani joylashish vaziyatini boshqaradigan silfon (7) moddani kiritishga va chiqarishga moslashgan vintillardan (10, 11) iborat. Qopqoq tashqi idishga (3) rezina qatlam (12) yordamida germetik zichlanadi. Shuningdek tashqi idishga termostatni ko'tarish uchun mo'ljallangan tutqichlar (13) ham mahkamlanadi. Tashqi qobiqdagi vakuumni tekshiruvchi monometrik lampa kyuvetani tashqi qobiq vatirqishlarga nisbatan joylashish vaziyatini to'g'irlovchi boltlar (14). Lazer nurlanishi o'tkazadigan tirqish (15) Bryuster burchagi ostida joylashtirilgan. Tashqi qobiqning asbob o'qiga nisbatan joylashishni boltlar (17) ta'minlaydi.



2.1–rasm. Yuqori bosimli kyuveta termostatning tuzilishi.

Toza holdagi gazlarning aniq temperatura va bosimdagi zichligini ma'lumotnomadan olish mumkin. Tadqiqot qilinadigan gaz bosimini kerakli holatga keltirish uchun unga bufer gazni aralashtiramiz. Manometrdan aralashma gazning bosimini qayd qilamiz. Bufer gaz bosimi

$$P_2 = P_{ap} - P_1 \quad (2.1)$$

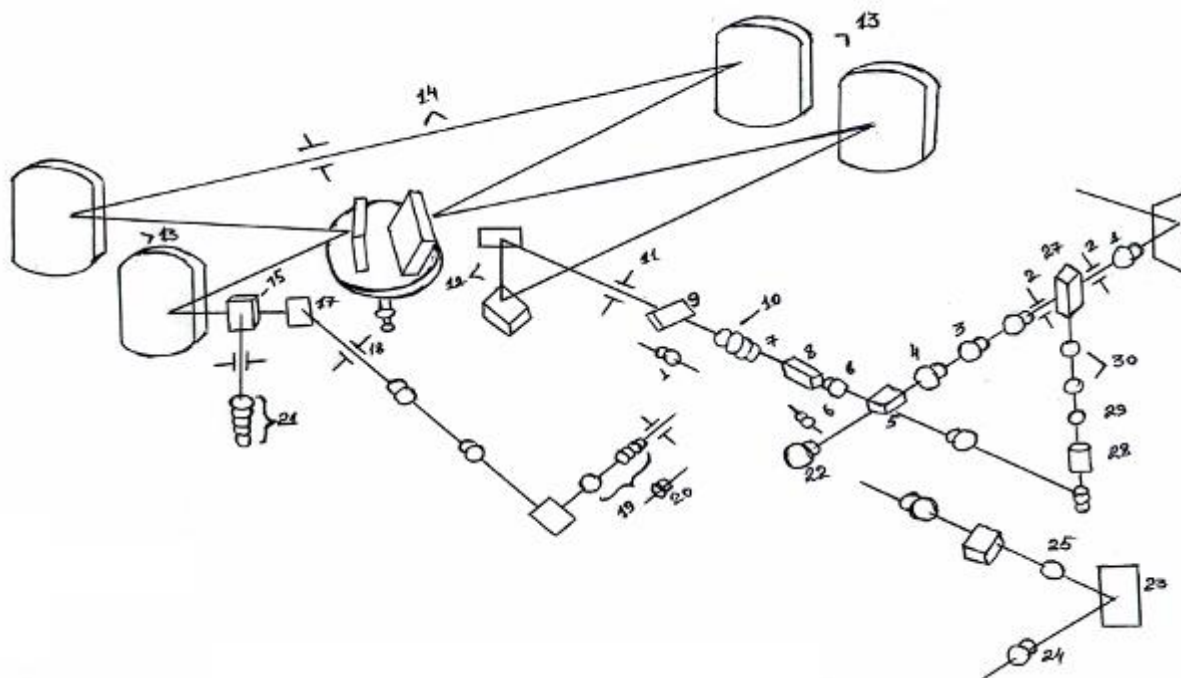
munosabatdan aniqlanadi.

Keyin ma'lumotnomadan  $P_2$  bosimga mos keluvchi bufer gazning zichligini aniqlaymiz. Zichlik  $(0.5 \div 1)$  Amaga aniqlikda o'lchanadi. Tadqiq qilinadigan gazning tozaligini spektroskopik tekshiramiz [26].

Metan ancha sodda gaz bo'lganligidan, tajriba ob'ekti sifatida hech qanday qiyinchilik tug'dirmadi. Spektral chiziqlarida ortiqcha chiziqlar kuzatilmadi.

Bu kyuveta-thermostat, qobiq bilan o'ralgan yuqori bosimli kyuvetadan iborat bo'lib, qobiq orqali issiqlik tashuvchi jo'natiladi. Kiritish va chiqarish tizimiga ega, bular orqali modda kiritiladi. Termopara modda bilan kontaktda bo'ladi. Kyuvetani o'rab turgan qobiq kirish, chiqish tizimiga ega. Past temperatura suyuq azot yordamida, yuqori temperatura issiq suv orqali olinadi. Eksperiment vaqtida temperatura  $1 \div 2^0$  aniqlikda ushlab turiladi.

Spektrlarni qayd qilish uchun DFS-52 avtomatlashtirilgan spektrometridan foydalandik. Qurilmaning optik chizmasi quyida keltirilgan.



2.2-rasm. DFS-52 spektrometrining optik sxemasi

### 2.3.Tabiiygaz va uning kombinatsion sochilish spektri

Hozirgi vaqtda muhitlardan yorug'likning kombinatsion sochilish spektri va energiya qazish (IQ) spektroskopiyasi fizika va kimyoning juda ko'p sohalarida analitik maqsadlarda murakkab fizikaviy-kimyoviy jarayonlarni tahlil qilishda samarali qo'llanilib kelinmoqda.

Bizning ham bu ishdan asosiy maqsadimiz tabiiy gaz tarkibini kombinatsion sochilish spektri orqali o'rganishdan iborat.

Hammamizga ma'lumki tabiiy gaz million yillar davomida yer qa'rida organik moddalarning shakllanishi tufayli paydo bo'lgan ko'p komponentli gazlar aralashmasidan iborat. Uning tarkibida metan qatoriga tegishli (metan, etan, propan, butan, pentan) tashqari oz miqdorda uglevodorodli bog'lanishga ega bo'lmagan aralashmalar ham bor, bular vodorod, azot, isgazi, serovodorod. Tabiiy gaz xo'jaliklarda, avtotransportlarda, issiqlik elektroenergetikada katta issiqlik beruvchi, ekologik jihatdan toza nisbatan arzon yoqilg'i hisoblanadi. Bundan tashqari tabiiy gaz kimyo sanoatida har xil organik moddalar, spirt, organik kislota, sintetik polimerlar olish uchun dastlabki hom-ashyo sifatida ishlatiladi.

Har xil konlardan qazib olingan tabiiy gaz tarkibi bir-biridan kuchli farq qiladi. Tabiiy gaz tarkibida metanning miqdori 99,2% dan 63,7% gacha tebranib turadi.

Gaz uzatuvchi magistral truba provodlarda, gazni saqlashda va yer osti saqlagichlarda har xil quduqlardan qazib olingan gazlar aralashtirib yuboriladi. Bu vaqt o'tishi bilan ist'molchiga yetib boruvchi gazni tarkibi o'zgarishiga olib kelishi mumkin. Natijada tabiiy gazni tarkibi, namligi, zichligi, kaloriyasi va yonish xususiyatlari o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin.

Shuning uchun tabiiy gaz tarkibida qanday molekulyar komponentlar borligini bilish muhim ahamiyatga ega bo'lib, gazning eng asosiy parametrlaridan hisoblanadi. Bunday analitik tahlillar natijasi gazni qazib olish, transportirovka qilish, qayta ishlash bilan shug'ullanuvchi kompaniyalarda iqtisodiy samaradorlikning oshishiga olib kelishi mumkin.

Tabiiy gazning asosiy tarkibini metan, etan, propan, butan, pentan va CO<sub>2</sub>, azotlar tashkil etadi. Tabiiy gaz tarkibidagi metanning miqdoriga qarab uch kategoriyaga ajratiladi[9].

Birinchi kategoriya-metanning ulushi 95% yuqori bo'lgan kategoriya

Ikkinchi kategoriya-metanning ulushi 95% past bo'lgan kategoriya. Bu kategoriyada etan va propanning ulushi yuqori bo'ladi.

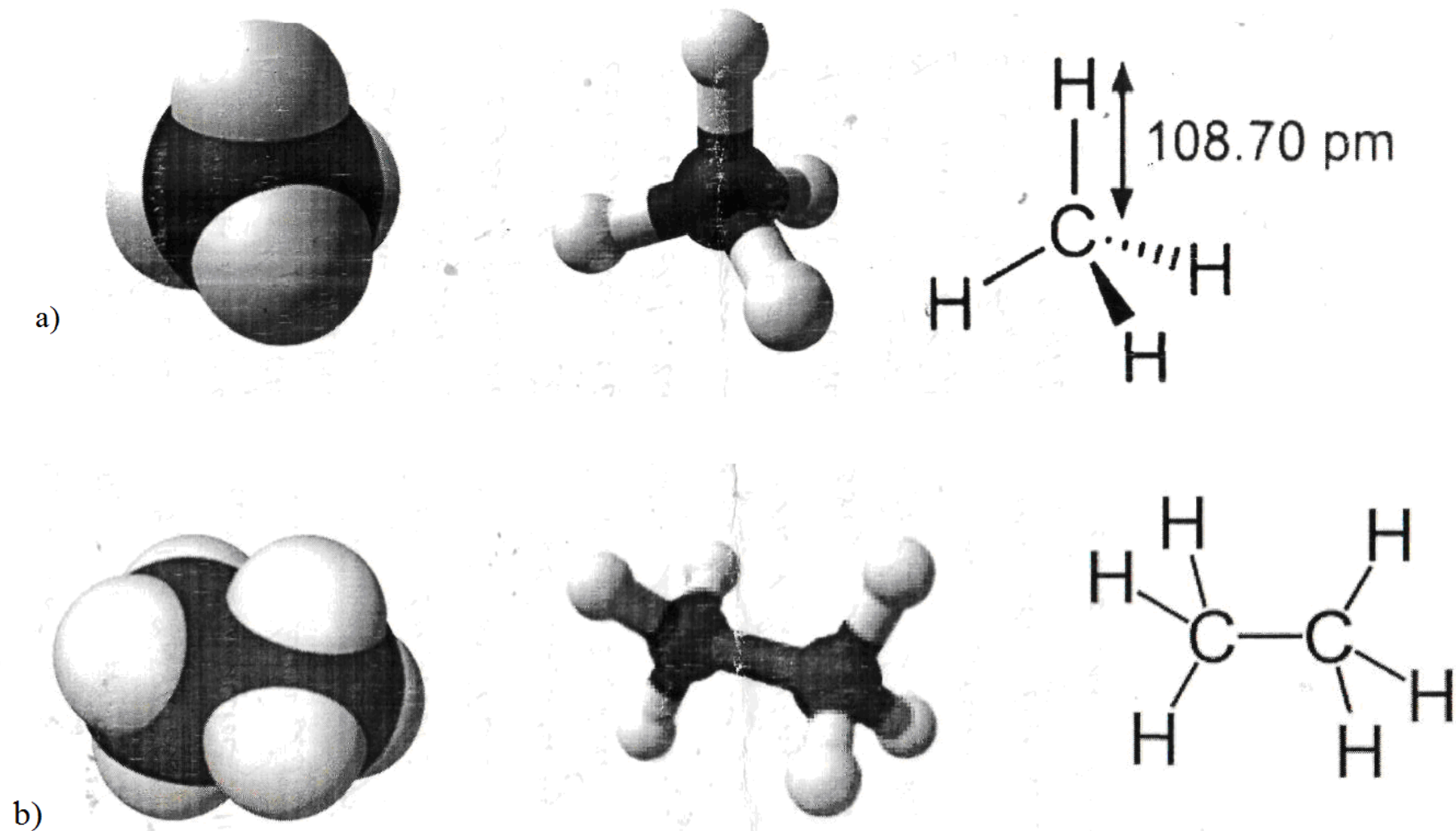
Uchinchi kategoriya-butan va pentanning ulushi yuqori bo'lgan kategoriya. Tabiiy gaz tarkibida seravodorod, CO<sub>2</sub> va azotlarning ulushi 1÷1,5 oshmaydi.

Yuqoridagi fikrlardan ko'rinadiki tabiiy gazni metan, etan, propan, butan, pentan va CO<sub>2</sub> gazi, N<sub>2</sub> azot kabi komponentlari ustida analiz o'tkazish lozim. Quyida metan, etan, propan, butanlarning fizika-kimyoviy xossalari strukturaviy tuzilishlari keltirilgan.

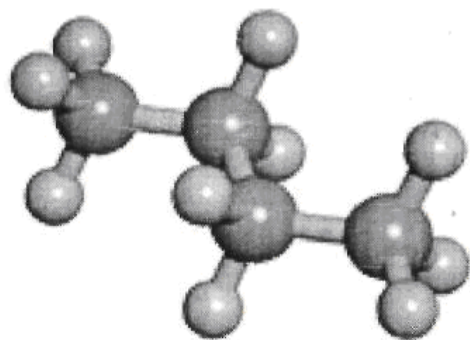
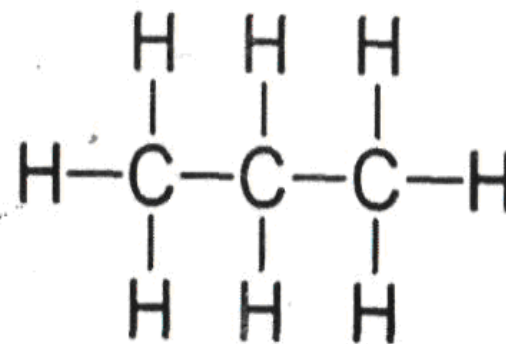
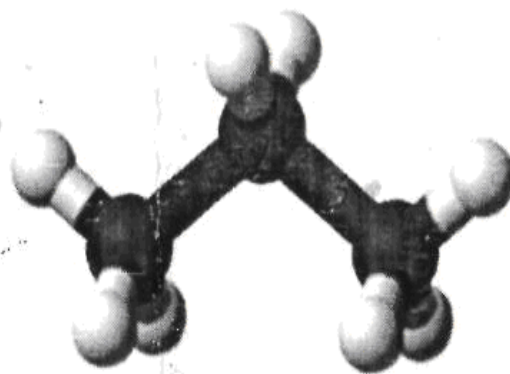
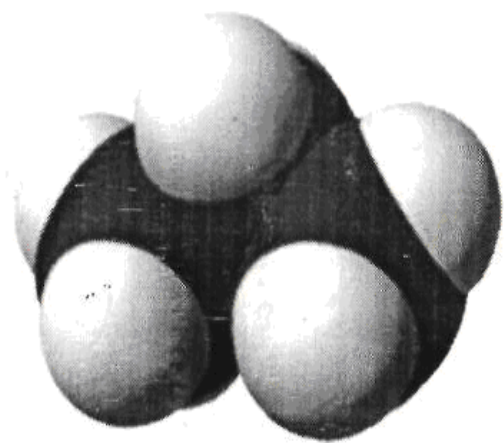
Metan, etan, propan va butanlarning fizika-kimyoviy xossalari

3.1-jadval

| Kimyoviy modda | Kimyoviy formulasi             | Molyar massasi M (g/mol) | Zichligi $\rho$ (g/m <sup>3</sup> ) | Holati | Qaynash harorati T (C <sup>0</sup> ) | Erish harorati T (C <sup>0</sup> ) | Suvda eruvchanligi | Sindirish ko'rsatkichi |
|----------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Metan          | CH <sub>4</sub>                | 16.04                    | 0,7168                              | Gaz    | - 161,1                              | -182,5                             | kam eriydi         | -                      |
| Etan           | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | 30.07                    | 1,342                               | Gaz    | -88,6                                | -182,8                             | kam eriydi         | -                      |
| Propan         | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 44.1                     | 0,5005                              | Gaz    | -42,1                                | -187,7                             | kam eriydi         | -                      |
| Butan          | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 58.12                    | 0,6010                              | Gaz    | -0,5                                 | -138,35                            | kam eriydi         | -                      |



3.1-rasm. Metan va etanning strukturaviy tuzilishi



3.2-rasm. Propan va butanning strukturaviy tuzilishi

Shu paytgacha ham tabiiy gazning tarkibiy komponentlari va ularning ulushlarini aniqlash bo'yicha ko'p ishlar qilingan.

Tabiiy gazlarni qazib olish, transportirovka qilish va qayta ishlash bilan shug'ullanadigan kompaniyalar tabiiy gazning kimyoviy tarkibini kontrol qiladiganqurilmaga juda katta ehtiyoj sezadi. Hozirgi kunda bunday kompaniyalarda tabiiy gaz tarkibini namligini, zichligini va kaloriyasini aniqlash uchun gazli **xromatograflar** ishlatiladi. **Xromatograflarning** asosiy kamchiligi-tabiiy gazning har xil komponentlarini ketma-ket o'lchaydi, tahlil o'tkazish vaqtini kattaligi va komponentlarni ajratish qiyinligidir. Bu kamchiliklar **mass-spektrometrida** bartaraf etilgan, chunki mass-spektrometri ham tabiiy gaz tarkibini tahlil qilish uchun ishlatiladi. Biroq bu tipdagi qurilmalarga yuqori malakali xizmat ko'rsatilishi lozimligi bilan bir qatorda qimmatliligi va tabiiy gaz molekulasini isomer tarkibini aniqlashda ham qiyinchiliklar bor. Bu kamchiliklar uning amaliy qo'llanilish chegarasini cheklaydi.

Bublechenko I.A. (1999 yil) va boshqalar tomonidan He-Ne lazeri asosida absorbsion gazaanalizator yaratilgan. Yaratilgan qurilma faqat sifat (качественные) jihatdan gaz trubaprovodlarida gazning chiqishini baholashga imkon beradi. Tabiiy gaz tarkibidagi komponentlarni aniqlashga imkon bermaydi.

Makhoukhi N (2005 yil) va boshqalar tomonidan infraqizil yutilish spektroskopiyasi asosida tabiiy gaz tarkibidagi komponentlarni aniqlash metodi ishlab chiqilgan.

Keying vaqtlarda kombinatsion sochilish (KS) spektroskopiyasi asosida tabiiy gazlarning kimyoviy tarkibini tahlil qilishga qiziqish juda kattabo'lmoqda.

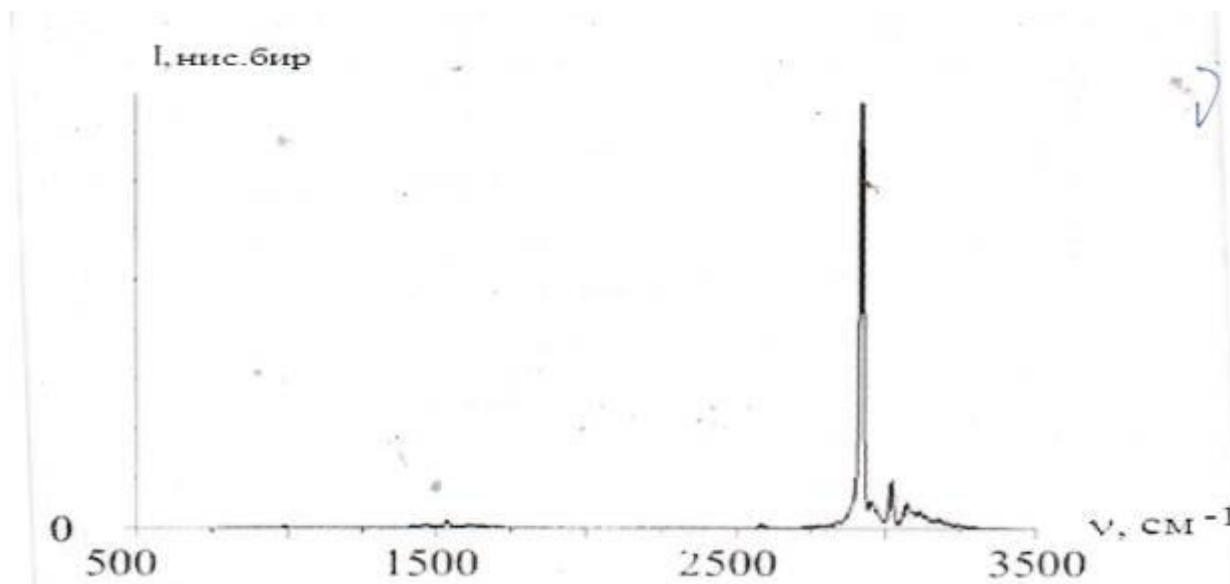
O'tgan asrning 50-60 yillarida G.S.Landsberg va Bajulinlar uglevodorodlar spektroskopiyasi to'g'risida monografiya e'lon qilgan edi. Undan keyin ancha vaqt o'tdi. Molekulyar spektroskopiyaning imkoniyatlari kengaydi. O'tkazilgan nazariy va eksperimental tadqiqot natijalariga asosan har bir moddaning kombinatsion sochilish spektri uning shaxsiy optic harakteristikasi hisoblanadi.

Kombinatsion sochilish spiktroskopiyasi asosida yagona yorug'lik manbai (lazer) yordamida tabiiy gazning hamma molikulyar komponentalari

konstratsiyasini yuqori aniqlikda bir vaqtning o'zida aniqlash mumkin. Bundan tashqari, gaz tarkibiga bog'liq bo'lmagan holda har bir komponentni KS spektri signali intensivligi komponent konstratsiyasiga proporsionaldir. Bunday KS spektroskopiyasiga asoslangan tabiiy gaz tarkibini aniqlovchi qurilmani yaratishga asosiy to'siq KS spektral chizig'ining past intensivlikda ekanligi edi. Hozirgi kunda bu to'siq bo'la olmaydi. Chunki ko'p kanalli yuqori sezgirlikka ega bo'lgan fotoelektron kuchaytirgichlar va kichik hajmli lazerlarning yaratilishi bunday qurilmani yaratishga to'la asos bo'la oladi [6,18].

Eng asosiysi bunday tadqiqotlar Qashqadaryo viloyatida yanada dolzarbdir, chunki viloyatda Muborak GQIZ, Shurtan kimyo kompleksi kabi ulkan komplekslar ishlab turibdi.

Tabiiy gazda eng intensiv kombinatsion sochilish spektri metanning murakkab aylanma strukturasi ega bo'lgan tebranma  $\nu_1 (A_1)$ ,  $\nu_3(F_1)$ ,  $2\nu_2(A_1)$ ,  $(\nu_2+\nu_4)(F_1+F_2)$ ,  $2\nu_4(A_1)$  chiziqlari sistemasi joylashgan  $2500-3300\text{cm}^{-1}$  oblastda kuzatiladi. Bundan tashqari tabiiy gaz tarkibidagi barcha og'ir uglevodorodlarning C-H valent tebranishlari ham shu oblastda joylashgan. Bu murakkab sistemada juda intensiv metanning to'la simmetrik  $\nu_1=2916,5\text{ cm}^{-1}$  tebranma Q-shoh kuzatiladi.



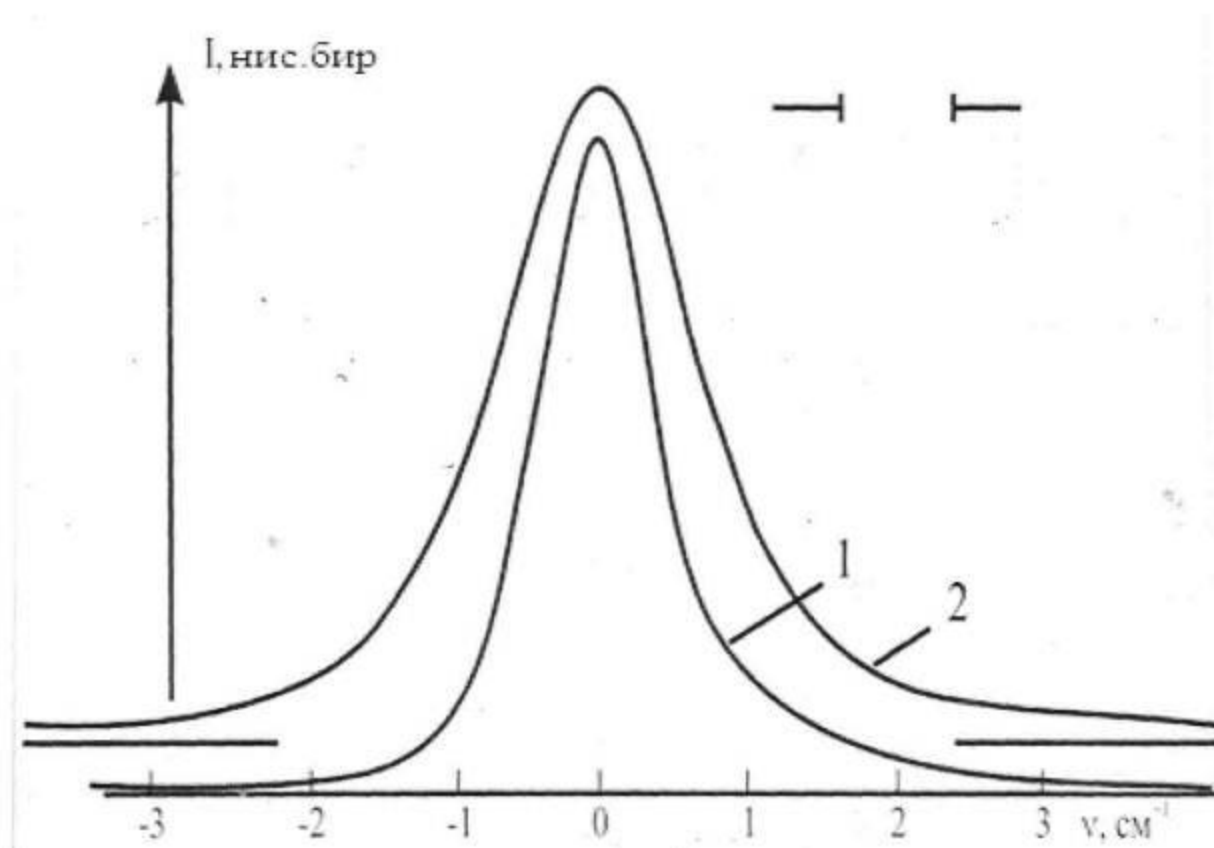
3.1-rasm. Tabiiy gaz tarkibidagi  $\text{CH}_4$ ning  $T=295\text{ K}$  haroratdagi  $\nu_1$  tebranish chizig'i

Metannig to'la simmetrik  $\nu_1=2916,5\text{ cm}^{-1}$  spektral chizig'ini toza holda va argon, krypton bilan aralashmalarida bosim va temperaturaning keng intervalida

o'rganganmiz.  $\nu_1$  spektral chiziq konturi juda murakkab strukturaga ega ekanligi aniqlangan.

Tadqiqotning eng kichik bosimlarida polosa Q-shohga xos diskret strukturali assimmetrik kontur ko'rinishiga ega. Zichlikning ortishi bilan simmetrik holatga kela boshlaydi va kengayadi[29,31].

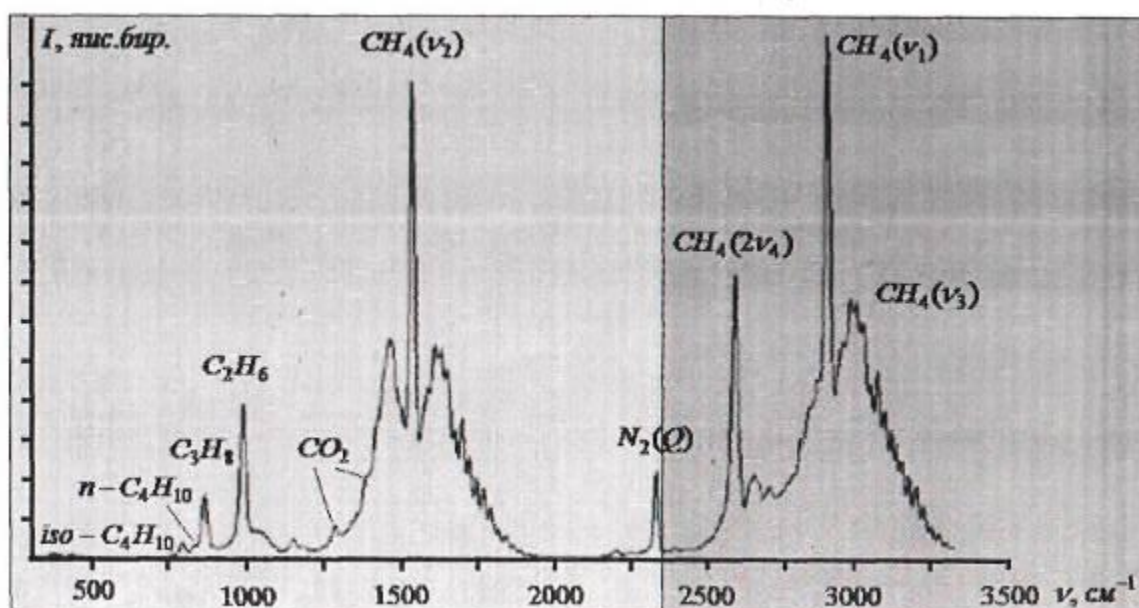
Konturning yarim kengligi zichlik ortishi bilan chiziqli oshib borishi aniqlandi.



3.2-rasm.  $\text{CH}_4$  ning  $T=295\text{ K}$  temperaturadagi  $\nu_1$  spektral chizig'i konturi.

1- $\rho=20$  Амга, 2-85 Амга.  $\nu_1=2916,5\text{ см}^{-1}$

Tabiiy gazni  $500\div 3500\text{ см}^{-1}$  oraliqdagi umumiy spektriga nazar tashlasak quyidagi manzaraga ega bo'lamiz



3.3-rasm. Tabiiy gazning  $500\div3500\text{ см}^{-1}$  oraliqda umumiy kombinatsion sochilish spektri

$1300\div2000\text{ см}^{-1}$  oblastda markaziy qismni yaxshi farqlanuvchi aylanma strukturaga ega bo'lgan metanning  $\nu_2$  spektral chizig'i konturiegallaydi. Metanning  $2\nu_4=2587,5\text{ см}^{-1}$  va  $\nu_2$  konturlari orasida azotning ( $2331\text{ см}^{-1}$ ) tebranma Q-shohi joylashgan.

Metanning  $\nu_2$  spektral chizig'ining past chastota tarafida  $\text{CO}_2$  gazning dubletlari ( $1285$  va  $1388\text{ см}^{-1}$ ). Bundan ham past chastota tarafda tabiiy gaz komponentlarining C-C valent tebranishlari joylashgan.  $\text{C}_2\text{H}_6$  -  $993\text{ см}^{-1}$  (etan),  $\text{C}_3\text{H}_8$ - $870\text{ см}^{-1}$  (propan),  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ - $827\text{ см}^{-1}$  (n-butan),  $\text{iso-C}_4\text{H}_{10}$ - $794\text{ см}^{-1}$  (izobutan). Nisbatan og'ir uglevodorodlarni spektrlari ko'rinmaydi, chunki ular tabiiy gaz tarkibida juda oz miqdorda[31].

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatmoqdaki, tabiiy gaz tarkibidagi uglevodorodlarning C-H valent tebranishlari kombinatsion sochilish spektrlarida intensiv bo'lishiga qaramasdan tahlil uchun qulay emas. Chunki bu oblastda spektral chiziqlar murakkab tuzilishga ega bo'lishi bilan bir qatorda metanning spektral chiziqlari konturlari boshqa uglevodorodlarning spektral chiziqlari konturlarini qoplab qolmoqda, natijada, ular ko'rinmay qolmoqda.

Tadqiqot uchun eng effektiv spektral oblast  $500\div 2000\text{cm}^{-1}$  gacha degan fikrga kelindi. Chunki bu oblastda tabiiy gaz komponentlarining C-C valent tebranishlari joylashgan. Buni quyidagi jadvalda ko'rishimiz mumkin:

Etan, propan, n-butan va izobutanlarning C-C tebranish chastotalar

3.2-jadval

| <b>№</b> | <b>Molekula</b>                                  | <b>Tebranish</b> | <b><math>\nu</math>, <math>\text{cm}^{-1}</math></b> |
|----------|--------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|
| 1        | $\text{C}_2\text{H}_6$ -Etan                     | C-C              | 993                                                  |
| 2        | $\text{C}_3\text{H}_8$ -Propan                   | -                | 870                                                  |
| 3        | <i>n</i> - $\text{C}_4\text{H}_{10}$ -H-Butan    | -                | 827                                                  |
| 4        | <i>iso</i> - $\text{C}_4\text{H}_{10}$ -Izobutan | -                | 794                                                  |

Taxminiy tahlillar shuni ko'rsatmoqdaki, KS spektroskopiyasi asosida tabiiy gazning molekulyar komponentlari miqdori aniqlanganda o'rtacha hatolik  $\pm 0,5\%$ ni tashkil etmoqda.

# **Tabiiy gaz komponentlarining miqdoriy ulushlari**

3.3-jadval

| Komponentlar                                | Xromotograf, %    |
|---------------------------------------------|-------------------|
| Metan ( $\text{CH}_4$ )                     | 92.26 $\pm$ 0.15  |
| Etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )             | 3.45 $\pm$ 0.14   |
| Propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )           | 1.26 $\pm$ 0.008  |
| H-Butan ( $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ )     | 0.224 $\pm$ 0.014 |
| Izobutan ( $iso\text{-C}_4\text{H}_{10}$ )  | 0.192 $\pm$ 0.012 |
| H-Pentan ( $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$ )    | 0.040 $\pm$ 0.003 |
| Izopentan ( $iso\text{-C}_5\text{H}_{12}$ ) | 0.047 $\pm$ 0.003 |
| Azot ( $\text{N}_2$ )                       | 1.95 $\pm$ 0.08   |
| Karbanat Angidrod ( $\text{CO}_2$ )         | 0.54 $\pm$ 0.03   |
| Kislorod ( $\text{O}_2$ )                   | 0.008 $\pm$ 0.002 |
| Vodorod ( $\text{H}_2$ )                    | 0.004 $\pm$ 0.001 |
| Geliy ( $\text{He}$ )                       | 0.018 $\pm$ 0.002 |
| Yuqori molekulali uglevodorodlar            | 0.023 $\pm$ 0.002 |

### Xulosa

1. Yorug'likning muhitlardan sochilishiga asosiy sabab zichlik fluktuatsiyasi ekanligi nazariy jihatdan tushuntirilganligi aniqlandi.
2. Yuqori ajrata olish qobiliyatiga ega bo'lgan avtomatlashtirilgan DFS-52 spektrometri va  $\lambda = 4880\text{\AA}$  to'lqin uzunlikga ega bo'lgan argon lazeri o'rganildi. Maxsus konstruksiyalangan kyuveta-termastat o'rganildi.
3. Birinchi marta tabiiy gazni kombinatsion sochilish spektri  $500 \div 3500\text{ sm}^{-1}$  oraliqda qayd etildi.
4. Tabiiy gazni molekulyar komponentalarini aniqlash uchun eng effekt oblast  $500 \div 2000\text{ sm}^{-1}$  oraliq degan xulosaga kelindi. Tabiiy gaz molekulyar komponentalarini miqdoriy ulushlarini kombinatsion sochilish spektrlari yordamida yuqori aniqlikda aniqlash mumkinligi o'rganildi.
5. Agar kelgusida kombinatsion sochilish spektroskopiyasi asosida tabiiy gaz tarkibini aniqlash metodi yaratilsa u holda shu metod asosida ishlovchi mukammallashgan tabiiy gaz tarkibini aniqlovchi qurilma yaratilishi mumkin. Unga albatta gazni qazib oluvchi, gazni qayta ishlovchi va transportirovka qiluvchi gazovoy kompaniyalarning qiziqishi katta bo'lishi mumkin. Bunday qurilma yordamida biogas tarkibini ham osongina aniqlash mumkin. Chunki biogaz tarkibi tabiiy gaz tarkibidan ancha soddadir. Qurilma gazli xromatograflar bilan bimalol raqobatlashishi mumkin.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov I.A. “O‘zbekiston mustaqillikka erishish ostonasida” Toshkent-2011 yil. B.400
2. Karimov I.A. «Barkamol avlod orzusi- O‘zbekiston kelajagi poydevori». Toshkent 1998 yil
3. O‘zbekiston Respublikasining Konstitusiyasi.- T: O‘zbekiston. 1992-49b.
4. O‘zbekiston Respublikasining "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi" Barkamol avlod – O‘zbekiston taraqqiyotining poydevori. -T:Sharq nashariyot matbaa-konserni.1997.-B.31-61
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‘ylijev B.T. “Optika” Toshkent-2009 y.
8. Герцберг Г. “Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул” М. 1979 г.
9. Qo‘ylijev B.T. “Optika” Toshkent-2014 y.
10. Герцберг Г. “Спектры и строение двухатомных молекул” М.1949 г.
11. Ельяшевич М.А. “Атомная и молекулярная спектроскопия” М. 1962 г.
12. Ataxadjayev A.K., Jo‘rayev B.S. “Molekulyar optika” Samarqand.1992 y.
13. Вебр А. “Спектроскопия в газах и жидкостях” Москва-1982г
14. Брандмюллер И., Мазер Г. “Введение в спектроскопию К.Р.С” Москва “Мир”-1984г 628с.
15. Волькенштейн М.В. “Строение и физические свойство молекул ” М.Л.1995г.
16. Сущинский М.М. “Спектры К.Р. молекул и кристаллов ” М. “Наука”-1969г
17. Атахаджаев А.К., Тухватуллин Ф.Х. “Спектральное распределение интенсивности крыли линии Релей рассеяния жидкостей и растворов” Т. Фан. 1981г.

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