

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ КИМЁ – ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

«ФИЗИКА ВА ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» КАФЕДРАСИ

**«ФИЗИК – КИМЁВИЙ ТАХЛИЛНИНГ ЗАМОНАВИЙ
УСУЛЛАРИ» ФАНИДАН**

РЕФЕРАТ

МАВЗУ: *Нурнинг комбинацион сочилиши.*

ТОПШИРДИ:

ЗИЯМОВ С.Д. М5 – 10

КАБУЛ КИЛДИ:

КОСИМЖОНОВ М.А.

ТОШКЕНТ 2010

МАВЗУ: НУРНИНГ КОМБИНАЦИОН СОЧИЛИШИ.

РЕЖА:

1. *Комбинацион сочилишнинг классик назарияси.*
2. *Комбинацион сочилишнинг квант табиати.*
3. *Комбинацион сочилиш спектрини регистрация қилиш техникаси.*
4. *Тебранишлар симметрияси ва спектрлар. Молекулаларнинг нормал тебранишлари.*

НУРНИНГ КОМБИНАЦИОН СОЧИЛИШИ.

Нурнинг сочилишини ҳам назарий, ҳам амалий текширилганда тушаётган ва сочилган нурларнинг частотасини бирхил, деб ҳисоблаб келдик. Лекин шу соҳада ишлаган олимлар XX асрнинг биринчи ярмида (25 ÷ 30 йилларда) муҳитда сочилган нурнинг спектри маълум сабабларга кўра албатта ўзгариши керак, деган қарорга келишди.

Олимларнинг бу қарорини тушиниш учун олдин радиотехникада одатий ҳол бўлган бир масалани кўриб чиқамиз. Фараз қилайлик, бир радиостанция антеннаси атрофга λ_0 тўлқин узунлигида (ёки ω_0 частотада) бир гармоник электромагнит тўлқинини тарқатаётган бўлсин. Бу тўлқиннинг тенгламаси куйидагича:

$$E = E_0 \cos(\omega_0 t - kx) \quad (1)$$

бу ерда $k = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ - тўлқин сони, E_0 - тўлқин амплитудаси. Тўлқинда E_0 ва ω_0

ўзгармас (const) экан, тўлқин (1) ўзи билан ҳеч қандай информация ташимайди. Бирор бир сигнални (ёки информацияни) бирор бир масофага жўнатиш учун бу тўлқинни маълум частота Ω билан модуляция қилиш керак, бошқача айтганда тўлқин амплитудасини Ω частота билан ўзгартириш керак (Ω частота бирор бир музика инструментининг, масалан ғижжакнинг, овозига тегишли бўлиши мумкин). Фараз қиламиз, E_0 нинг ўзгариши куйидаги қонун бўйича юз беради:

$$E_0(t) = A(1 + \cos \Omega t) \quad (2)$$

(2) ифодани (1) га қўйамиз:

$$E = E_0 \cos(\omega_0 t - kx) = A(1 + \cos \Omega t) \cos(\omega_0 t - kx) = A \cos(\omega_0 t - kx) + A \cos \Omega t \cdot \cos(\omega_0 t - kx)$$

Тригонометриядан маълумки:

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$$

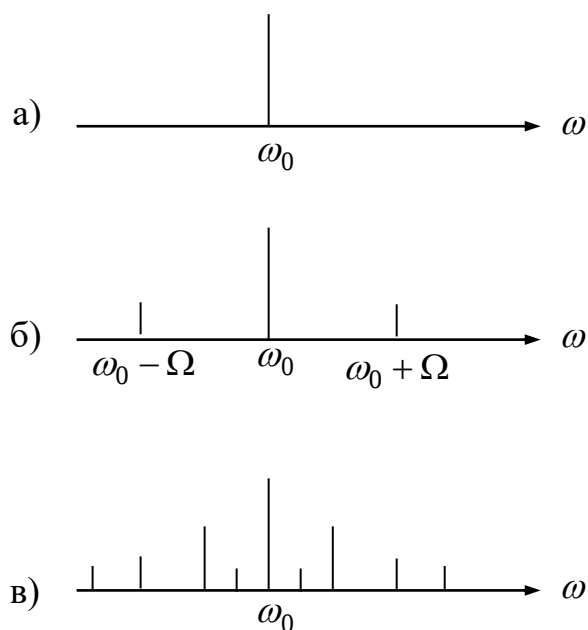
Ана шу формуладан фойдаланамиз:

$$A \cos \Omega t \cdot \cos(\omega_0 t - kx) = \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t - kx] + \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - kx]$$

Натижада ҳосил қиламиз:

$$E = A \cos(\omega_0 t - kx) + \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t - kx] + \frac{A}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - kx] \quad (3)$$

Демак, модуляция қилинган тўлқин учта ташкил этувчисига эга бўлиб қолади: биттаси ω_0 частотали ташувчи тўлқин, иккитаси $\omega_0 - \Omega$ ва $\omega_0 + \Omega$ частотали ён тўлқинлар. Буни физикада спектрнинг «бойиши» деб аталади. Айтилганларни частоталар ўқида тўлқиннинг спектрини чизиб яхшироқ тушиниш мумкин. Горизонтал ўқда частоталарни белгилаймиз, вертикал ўқда эса тўлқинларнинг интенсивлигини (расм 1)



Расм 1.

а - ω_0 частотали ташувчи тўлқин спектри,

б - Ω частота билан модуляция қилинган ω_0 частотали тўлқин спектри,

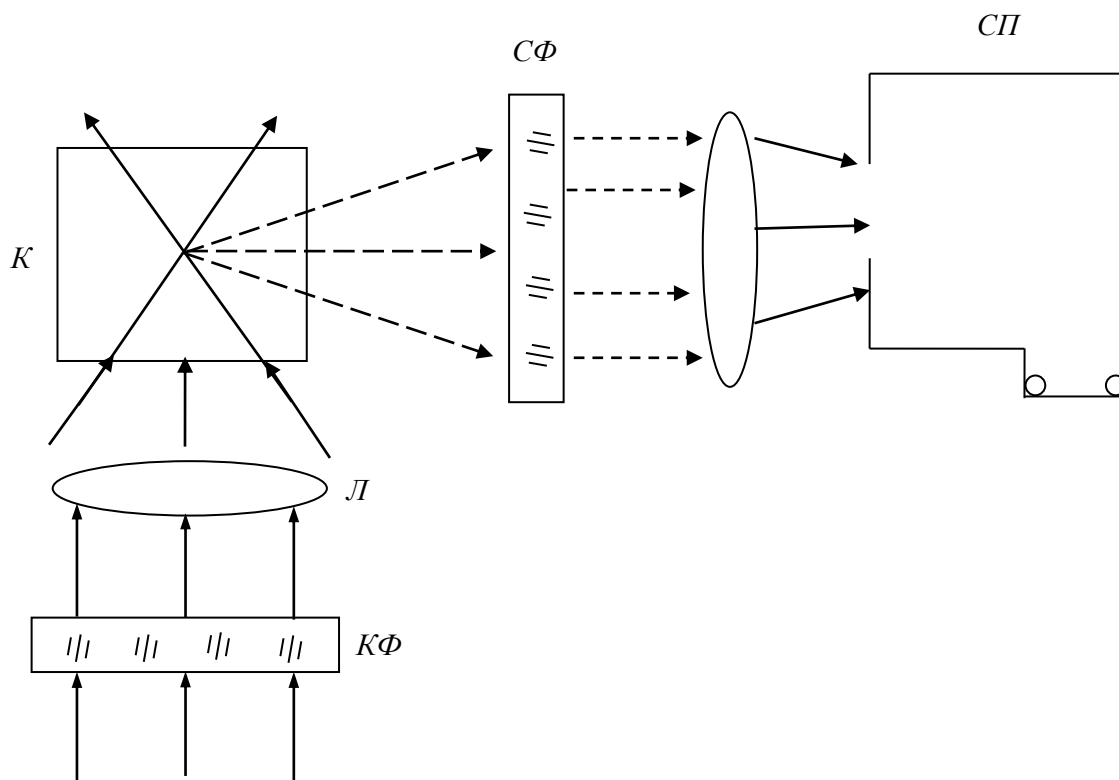
в – ҳархил частоталарга эга тўлқинлар билан модуляция қилинган ω_0 частотали тўлқин спектри.

Демак, агар ω_0 частотали тўлқинни Ω частота билан модуляция қилинса, ҳосил бўлган спектрда 3 та частота бўлар экан. Агар модуляция бирқанча частоталар билан бажарилса ($\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \dots$), у ҳолда ҳарбир Ω_i га ўзининг жуфт ён тўлқинлари (частоталари) $\omega_0 \pm \Omega_i$ тўғри келади.

Ана энди ω_0 частотали нур қандайдир шаффоф муҳит орқали ўтяпти дейлик. Бу нур ҳам ўз навбатида модуляция қилиниб қолади, чунки муҳит заррачалари тинимсиз тебраниб турадилар, масалан молекулаларни ташкил этувчи атомлар бир – бирига нисбатан тинимсиз тебраниб турадилар. Машҳур ҳинд олими Раман шундай муҳитга ω_0 частотали нур тушса, унинг частотаси, худди Комптон эффектига ўхшаб, сочилган нурда камайиб қолиши керак, деб ҳисоблади. У расм 85 да кўрсатилган схемани йиғди.

Қуёш нуридан кўк соҳали нур КФ фильтр ёрдамида ажратиб олиниб, Л линза ёрдамида бензол солинган кювета К га фокусланди, 90° бурчак остида сочилган нур кузатилди ва у Л линза ёрдамида йиғилиб спектрограф СП га берилди. Бу тажрибада Раман сочилган нурнинг частотаси $\omega_0 \pm \Omega$ бўлиб қолганлигини топди ва шу ҳақида у Англияда чиқадиган «Nature» журналида қасқача ахборот эълон қилди (1928 йил). Шунинг учун комбинацион сочилиш кўпинча Раман – эффект деб шу ҳодисани кашф

қилган олим номи билан аталади. Раманга ўз кашфиёти учун 1930 йилда Нобель мукофоти берилди.



Расм 2. Раман установаки.

K – нур сочадиган суюқлик солинган кювета.

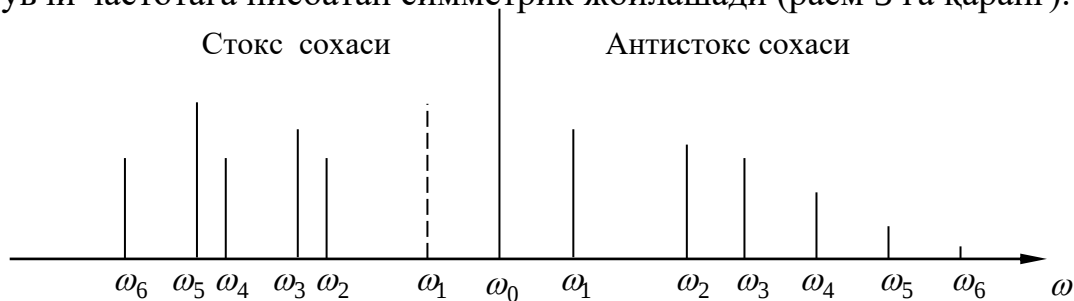
L – линза.

$K\Phi$ – кўк филтър.

$C\Phi$ – яшил филтър

$СП$ – спектрограф.

Комбинацион сочилишнинг классик назарияси. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, комбинацион сочилиш (КС) спектрида частотанинг сурилиши $\omega_0 \rightarrow \omega_0 \pm \Omega$ исталган тушувчи (қўзғотувчи) частота учун бирхил экан. Ҳарбир қўзғатувчи частота берилган моддага хос бўлган частоталар билан комбинация қилар экан ва бу комбинацион частоталар (сателлитлар) қўзғатувчи частотага нисбатан симметрик жойлашади (расм 3 га қаранг).



Расм 3.

«Қизил» тарафга ($\omega_i < \omega_0$) сурилган сателлитларнинг интенсивлиги «бинафша» тарафга ($\omega_i > \omega_0$) сурилган сателлитлар интенсивлигидан анча катта. «Бинафша» сателлитлар ω_0 дан узоқлашган сари уларнинг

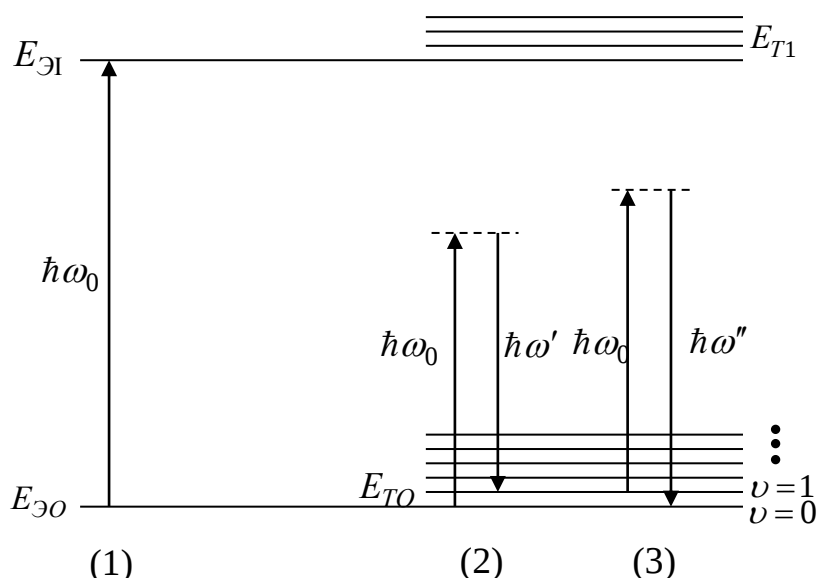
интенсивлиги ҳам камайиб боради, баъзилари эса сезилмай ҳам қолиши мумкин. «Қизил» сателлитлар стокс ташкил этувчилари, «бинафша» сателлитлар антистокс ташкил этувчилар деб аталади.

Комбинацион сочилишнинг квант табиати. Юқорида айтиб ўтганимиздек, молекулалар маълум дискрет энергетик ҳолатларда бўлиши мумкин. Унинг энергияси уч қисмдан иборат: электрон орбиталдаги (булутдаги) энергия $E_{\text{э}}$, тебраниш энергияси E_T ва айланиш энергияси E_A . Бошқача айтганда:

$$E = E_{\text{э}} + E_T + E_A$$

Одатда $E_{\text{э}} \gg E_T \gg E_A$. Агар молекулага ёруғлик таъсир эттирилса, у ҳолда молекула бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтади. Агар тушаётган ёруғлик квантининг энергияси $\hbar\omega$ етарли даражада катта бўлса (масалан, оптик ва ультрафиолет диапазонида бўлса), молекула бу квантни ютиб қўзғалган электрон ҳолатга ўтиши мумкин. Агар молекула инфрақизил диапазондаги квантни ютса, бу квантнинг энергияси молекулани энди фақат тебранишини кучайтириши мумкин, электрон ҳолатини қўзғатаолмайди. Демак, бунда молекула қўзғалган тебраниш ҳолатга ўтиши мумкин.

Айтилганларни энергетик ҳолатлар схемада таҳлил қиламиз (расм 4).



Расм 4. Ютилиш ва комбинацион сочилишлардаги электрон ўтишлар.

Расм 4 да белгилар қуйидаги маънони билдиради:

$E_{\text{э0}}$ - электроннинг қўзғалмаган ҳолатдаги энергияси.

$E_{\text{э1}}$ - электроннинг қўзғалган ҳолатдаги электрон энергияси.

E_{T0} - электроннинг қўзғалмаган ҳолатдаги тебраниш энергияси.

ν - тебраниш квант сони.

E_{T1} - электроннинг қўзғалган ҳолатдаги тебраниш энергияси.

Схемада тушаётган квант энергияси $\hbar\omega_0$ га тенг. Агар $\hbar\omega_0 = E_{\text{э1}} - E_{\text{э0}}$ бўлса у ҳолда молекула квантни ютиб $E_{\text{э0}}$ ҳолатдан $E_{\text{э1}}$ ҳолатга ўтади, бу схемада (1) стрелка билан тасвирланган. Агар $\hbar\omega_0 < E_{\text{э1}} - E_{\text{э0}}$ бўлса квант ютилмайди, у молекула билан таъсирлашиб, уни юқори ҳолатга қўтаради (бу

ҳолат штрих – пунктир билан белгиланаган, у виртуал ҳолат деб аталади). Бу ҳолатда молекуланинг яшаш вақти жуда кам (10^{-14} сек атрофида), шунинг учун у катта тезлик билан пастки электрон ҳолатга қайтиб тушади, лекин у бунда қўзғалган тебраниш ҳолатга келиб тушиши мумкин ($\nu=1$). Бу ўтишлар (2) белги билан белгиланган. Пастки ҳолатга тушаётган молекула энди $\hbar\omega' < \hbar\omega_0$ квантини нурлатади. Агар биз тебраниш частотасини Ω билан белгиласак, у ҳолда қуйидаги тенглама бажарилади:

$$\hbar\omega_0 - \hbar\omega' = \hbar\Omega \quad (4)$$

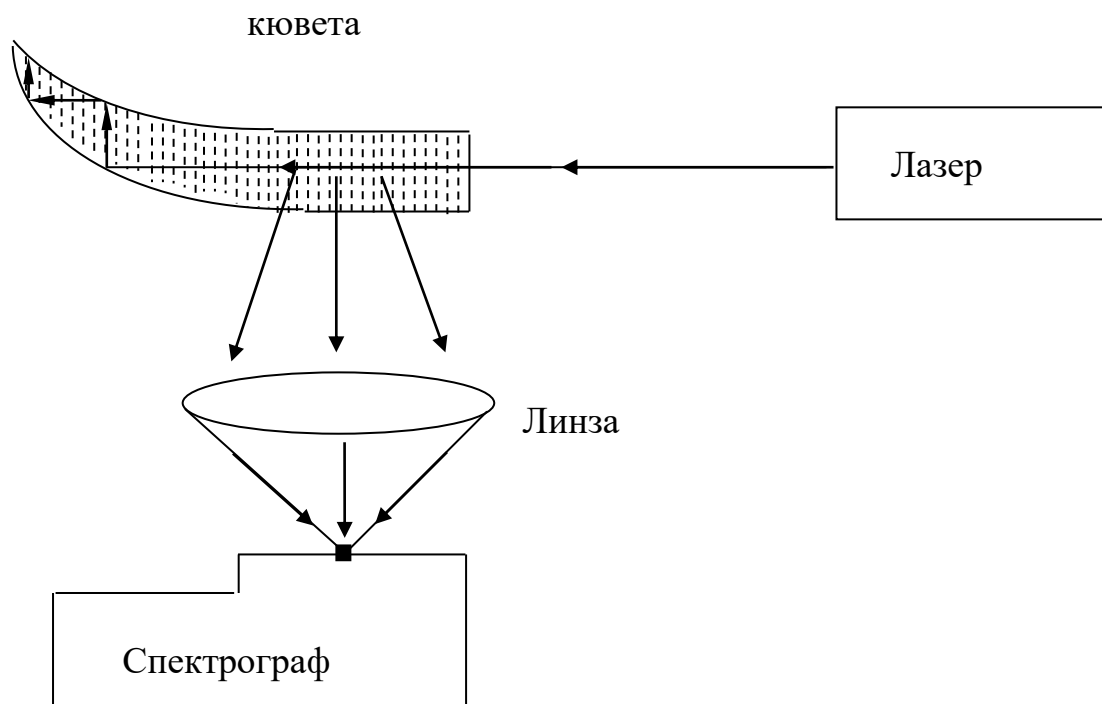
Демак, агар $\hbar\omega_0$ кванти тушишдан аввал молекула қўзғалмаган тебранма ҳолатда турган бўлса, $\hbar\omega_0$ таъсир кўрсатгандан сўнг у қўзғалган тебраниш ҳолатида бўлиб қолади, (4) формулада $\hbar\Omega$ тебраниш энергиясининг квантини билдиради, $\hbar\omega'$ эса комбинацион сочилишнинг стокс компонентаси деб аталади.

Кўраётган жараёнимизда (3) вариант ҳам бўлиши мумкин. $\hbar\omega_0$ квант таъсир қилмасдан олдин молекула қўзғалган тебраниш ҳолатида турган бўлса, таъсир натижасида у виртуал ҳолатига ўтади ва шу заҳотиёқ пастки E_{30} электрон сатҳининг қўзғалмаган тебраниш ҳолатига ($\nu=0$) ўтиши мумкин. Бунда қуйидаги тенглик бажарилиши керак:

$$\hbar\omega' = \hbar\omega_0 + \hbar\Omega \quad (5)$$

(5) тенгликда квант $\hbar\omega' > \hbar\omega_0$ бўлади ва у комбинацион сочилишнинг антистокс компонентаси деб аталади, бошқача айтганда сочилган нур энергияси таъсир этган квант энергиясидан катта бўлади.

Комбинацион сочилиш спектрини регистрация қилиш техникаси.
КС спектрини олиш техникаси анча оддий (расм 5)



Расм 5.

Лекин амалда бундай спектрни олиш анча қийинчилик туғдиради. Бунинг асосий сабаби КС чизиқлари интенсивлигининг жуда кичиклигидир. Эритмага тушаётган ёруғлик интенсивлигининг $10^{-5} \div 10^{-6}$ қисмигина сочилишга айланади, бундай аҳволда баъзибир кучсиз спектрал чизиқлар умуман кўринмай қолиши мумкин. Шунинг учун биринчи навбатда ёруғлик манбасининг қуввати катта бўлиш керак. Иккинчидан фотоприёмник жуда сезгир бўлиши керак (замонавий приборларда одатда фотоумножителлар ишлатилади). Экспериментнинг яна бир мураккаб жойи – бу КС спектрини ўрганишга ҳалақит берадиган ҳархил фонлардир. Бу фонларни ёруғлик манбасининг ўзи туғдиради, ундан ташқари атрофдан бошқа манбалардан (қуёш нури, лампочкалар....) ҳам ёйилган ёруғликлар келади. Ана шу фонлардан қутилиш ҳам анча муаммони яратади.

Тебранишлар симметрияси ва спектрлар. Молекулаларнинг нормал тебранишлари. КС спектри молекула ҳақида жуда катта информацияга эга бўлади. Лекин молекуланинг тузилиши билан унинг спектри ўртасидаги боғланиш мураккаб спектрал «тилда» ёзилган бўлади. Спектрни ўқиш учун аввало шу «тилни» ўрганиш керак. Бунга эса тебранишлар назарияси ёрдам беради. Шунинг учун аввало биз молекулаларнинг тебраниш назариясининг асосий маъносига тўхталиб ўтамиз.

Биз биламизки, 1 та атомнинг 3 та эркинлик даражаси бўлади. Эркинлик даражаси – бу системанинг фазодаги ўрнини (ҳолатини) тўлиқ белгилаб (аниқлаб) берадиган мустақил координаталар сонидир. Шу нуктаи назардан N та атомдан иборат молекулада $3N$ та эркинлик даражаси бўлади. Улардан учтаси молекуланинг илгарилама ҳаракатига ва яна учтаси унинг айланма ҳаракатига тегишли. Қолган $p=3N-6$ та эркинлик даражаси эса молекуланинг тебранма ҳаракати билан боғлиқ бўлади. Фақат чизиқли молекулаларда (ҳамма атомлари битта чизиқда ётган молекулаларда) $p=3N-5$ бўлади, чунки шу чизиқ атрофида молекула айлантирилса, унинг ҳолати ўзгармайди. Шундай қилиб H_2O молекуласи 3 та, CO_2 - 4 та тебраниш эркинлик даражасига эга.

Молекуланинг тебраниши мураккаб бўлади, чунки унда ҳамма атомлар қатнашади (оддий тебраниш деганда бу ерда синусоидал тебранишни тушинамиз).

Молекуланинг бу тебранишини, худди Фурье қаторига ёйгандек, n та оддий синусоидал тебранишларнинг йиғиндиси деб қараш мумкин. Ҳарбир бундай тебранишни нормал тебраниш деб аталади, n эса – тебраниш эркинлик даражасидир. Ҳарбир нормал тебранишнинг ўз частотаси ва амплитудаси бор. Нормал тебраниш ҳаракатдаги система битта тебраниш эркинлик даражасига эга ва у битта нормал координата Q_i га эга дейиш мумкин ($i=1,2,3,\dots$). Нормал тебранишлар частотасини системанинг хусусий частоталари дейилади.

КС ва ИҚ спектрларида ана шу нормал тебранишлар частотаси намоён бўлади. Ҳарбир нормал тебраниш қуйидаги қонун бўйича юз беради:

$$Q_i = Q_{i0} \cos \Omega_i t \quad (6)$$

Айтиш керакки тебраниш частотаси Ω_i тебранаётган атомлар массаларига, молекула структурасига ва атомлар ўртасидаги мавжуд кучларга боғлиқ. Масалан, массалари m_1 ва m_2 бўлган икки атомдан ташкил топган молекуланинг тебраниш частотаси баробар:

$$\Omega^2 = AK$$

бу ерда А ва К – кинематик ва динамик коэффициентлар. Икки атом учун:

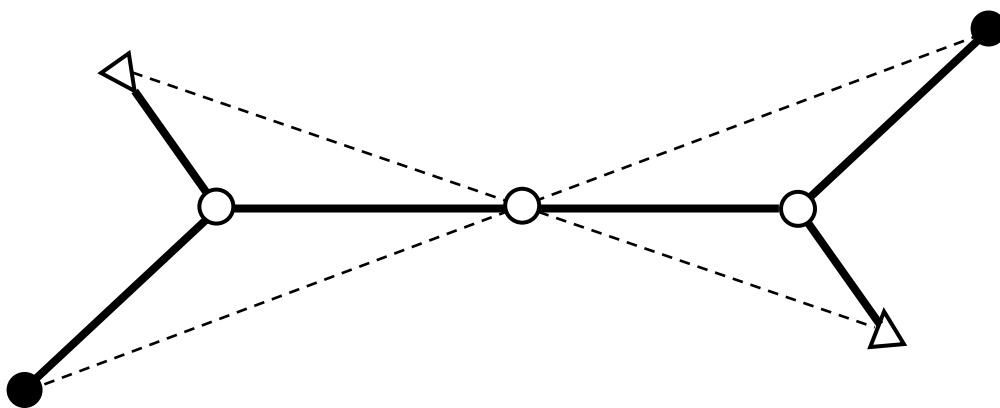
$$A = \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}$$

динамик коэффициент тебраниш эластик коэффициентидир.

Тебранишлар симметрияси. Молекулаларнинг хусусий тебранишлари, баъзибир частоталарнинг бир – бирига тенг бўлиб қолиши (айнаш ёки вырождение) уларнинг симметриясига боғлиқдир. Молекулаларнинг симметрия элементлари қуйидагилар:

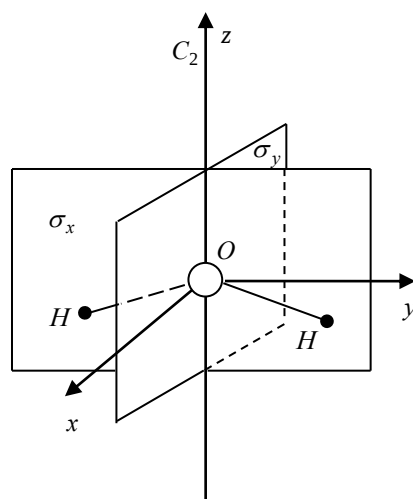
- симметрия маркази
- симметрия текислиги
- симметрия ўқи
- кўзгу – бурилиш ўқи

Агар молекула симметрия марказига эга бўлса, у ҳолда молекуладаги ҳарбир атомнинг худди ўзига ўхшаган шериги бўлади ва бу шериги симметрия марказидан (нуқтасидан) ўтган тўғри чизикда ётади, худди шу чизикда, лекин марказнинг бошқа тарафида ўша атом ётади. Расм 6 да ана шундай молекулага намуна келтирилган.



Расм 6. Симметрия марказига эга молекула.

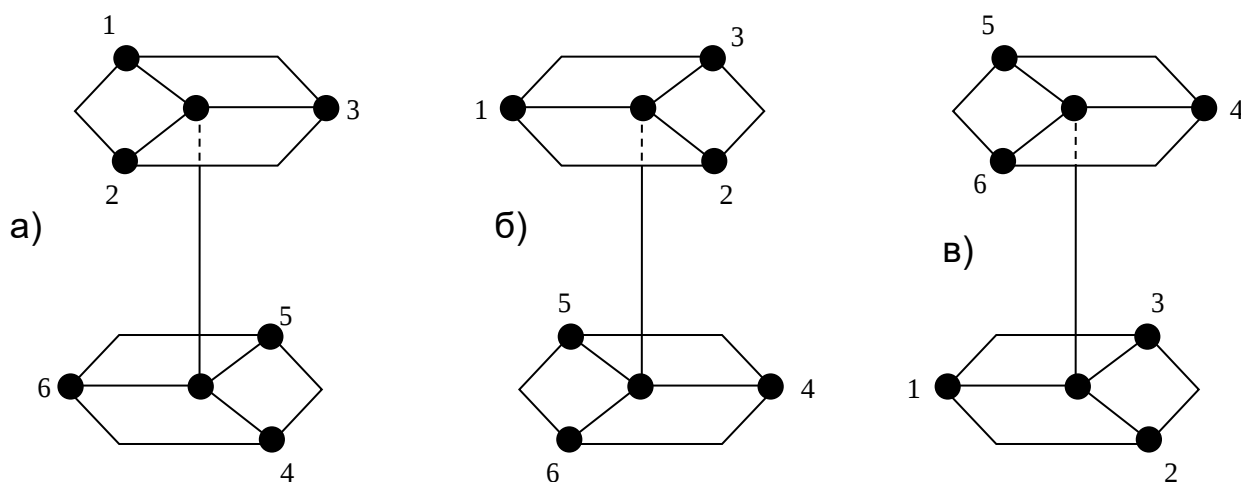
Молекула симметрия текислигига эга бўлади, агар у шу текисликда акс эттирилса (худди кўзгуда акс эттирилгандек) ва у ўз аксида қайтарилса (ёки яна ўша молекуланинг ўзи ҳосил бўлса). Бунга мисол қилиб сув молекуласини келтириш мумкин (расм 89). Бу молекулада иккита симметрия текислиги бор: бирида молекуланинг ўзи ётган текислик (σ_x), иккинчиси кислороддан ўтувчи ва σ_x га перпендикуляр бўлган текислик (σ_y).



Расм 7. Сув молекуласининг симметрия текисликлари σ_x ва σ_y , симметрия ўқи C_2

Молекула n - даражали симметрия ўқиға эға дейилады, агар у шу ўқ атрофида $\frac{2\pi}{n}$ бурчакка бурилса ва натижада у яна ўзининг устиға тушса (аввалги шакли қайтарилса). Масалан, сув молекуласи иккинчи даражали симметрия ўқиға эға, бу ўқ унинг σ_x ва σ_y симметрия текисликларининг ўзаро кесишган чизиғининг ўзидир. Симметрия ўқи C_n деб белгиланади.

Молекула n - даражали кўзгу – бурилиш симметрияси ўқиға эға дейилады, агар уни ўқ атрофида $\frac{2\pi}{n}$ бурчакка бурилса ва сўнгра шу ўққа перпендикуляр бўлган текисликда акс эттирилса ва натижада у яна ўзининг устиға тушса. Бу симметрияда n фақат жуфт сон бўлиши мумкин. Мисол тариқасида расм 8 да X_2Y_6 молекула келтирилган, унда олтинчи даражали кўзгу – бурилиш симметрия элементи бор (S_6 деб белгиланади).



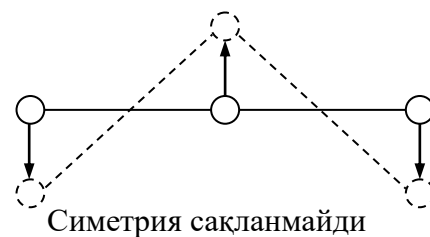
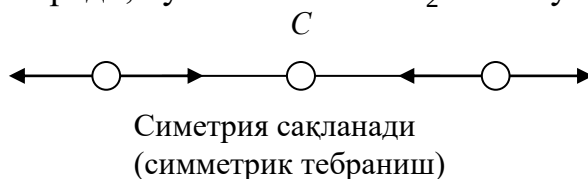
Расм 8. 6 – даражали кўзгу – бурилиш симметрия ўқиға эға бўлган молекула;
а - бошланғич конфигурацияси.
б - 60° га бурилиш.

В - вертикал боғга перпендикуляр текисликда акс эттириш.

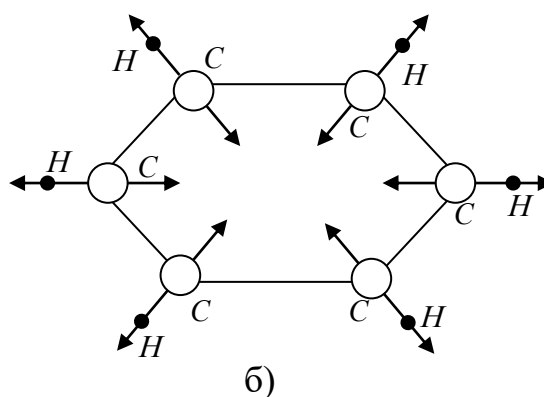
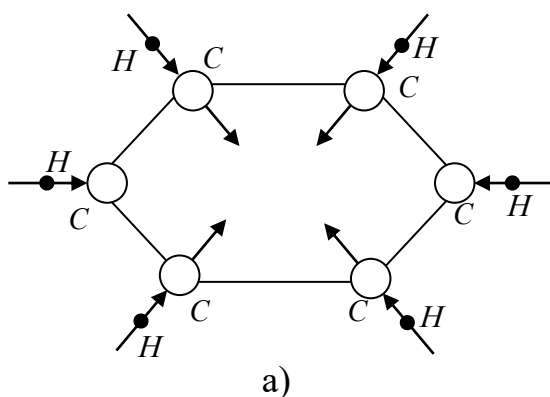
Бундай молекула учун S_6 симметрия операцияси $\varphi = \frac{2\pi}{6} = 60^\circ$

бурчакка бурилиш ва шу билан бир пайтда бурилиш ўқиға перпендикуляр текисликда акс эттиришдан иборат. 60^0 га бурилиш бу мисолда симметрия операцияси бўлаолмайди.

Агар молекула бирор бир симметрия элементига эга бўлса, шу элементга нисбатан молекуланинг тебраниши симметрик ёки антисимметрик бўлиши мумкин. Симметрик тебранишда молекуланинг симметрияси шу симметрия элементига нисбатан ўзгармайди, антисимметрик тебранишда эса ўзгаради, бунга мисол - CO_2 молекуласи.



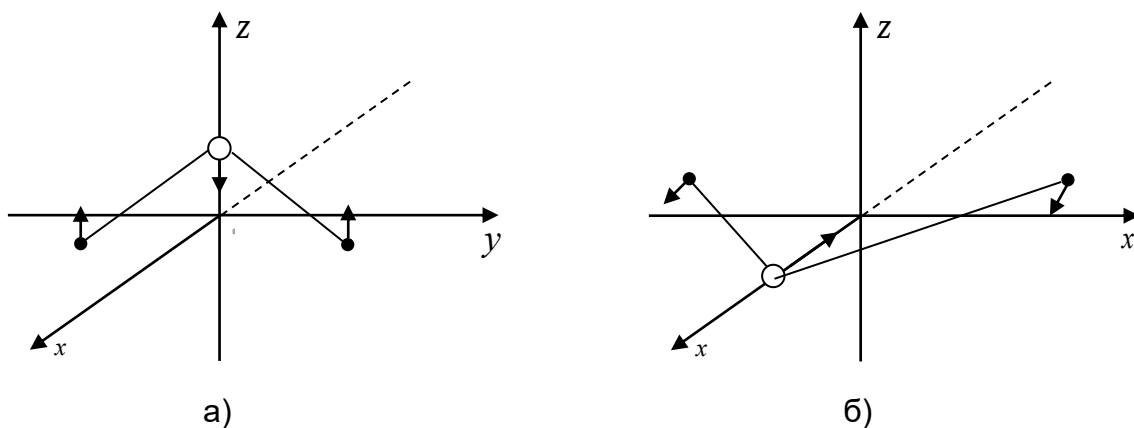
Агар молекуланинг бирор тебраниши шу молекуланинг ҳамма симметрия элементларига нисбатан симметрик бўлса, бу тебраниш тўласимметрик бўлади. Тебраниш тўласимметрик бўлганда молекуланинг симметрияси исталган вақтда ўзгармай қолаверади. Ана шундай молекулага мисол сифатида бензол молекуласи C_6H_6 ни келтириш мумкин (расм 9).



Расм 9. Бензол молекуласининг тўласимметрик тебраниши.

Бензол молекуласининг асоси 6 та углерод атомидан иборат бўлиб, улар тўғри олтибурчакнинг учларида (чўққиларида) жойлашган. Ҳарбир углерод атоми билан биттадан водород атоми боғланган. Бензол молекуласида икки хил тўласимметрик тебраниш бўлиши мумкин. Биринчи хилида углерод ва водород атомлари биргаликда молекула марказига қараб ёки тескари томонга ҳаракат қилади (расм 91 а)). Иккинчи хилида углерод ва водород атомлари қарама – қарши томонга ҳаракат қилади). Тўласимметрик тебранишлар комбинацион сочилишда интенсив равишда катнашадилар, антисимметрик тебранишлар эса кўпроқ инфрақизил ютилишида катнашадилар.

Яна биз ҳали таҳлил қилмаган тебраниш тури бор, унинг номи «айнаган» (русча вырожденный) тебраниш деб аталади. Бунга мисол қилиб чизиқли CO_2 молекуласининг деформацион тебранишини келтириш мумкин (расм 10).



Расм 10. CO_2 молекуласининг «айнаган» тебранишлари.

Расм 10. (а) да C ва O атомлари xz текислигида, (б) да эса xy текислигида бир – бирига қарама – қарши тебранадилар. Бу тебранишлар бир – бирига боғлиқ бўлмаса ҳам, лекин уларнинг частоталари бирхил бўлади, шунинг учун улар «айнаган» деб аталади.

Симметрияга боғлиқ равишда ҳамма нормал тебранишлар бир қатор симметрия классларига бўлинади. A ва B ҳарфлар билан «айнамаган» тебранишлар белгиланади. E ҳарфи билан - икки марта «айнаган» тебранишлар, F ҳарфи билан – уч марта «айнаган» тебранишлар белгиланади. A ҳарфи тебранишнинг асосий симметрия элементи нисбатан симметриясини билдиради, B ҳарф эса тебранишнинг антисимметрик эканини билдиради. Бошқа симметрия элементларига нисбатан тебранишнинг симметрик ёки антисимметрик бўлишини индекслар ёрдамида белгиланади. Масалан, симметрия марказига нисбатан симметрик тебраниш g билан, антисимметрик тебраниш u билан белгиланади.

«Штрих» ва «икки штрих» симметрия текислигига нисбатан симметрия ёки антисимметрик эканини билдирса, «айнаган» тебранишлар учун «плюс» ва «минус» ишоралари айланиш ўқига нисбатан симметрияни билдиради. Агар қўшимча симметрия элементи бўлса, 1 индекси шу элементга нисбатан симметрияни, 2 индекси эса антисимметрияни билдиради.

Айтилган символлардан фойдаланиб берилган модданинг ҳамма нормал тебранишларини ёзиш мумкин. Шундай ёзув берилган молекуланинг тебранма тақдими деб аталади ва бу тақдим Γ ҳарфи билан ёзилади. Тебранма тақдим молекулада бўлиши мумкин бўлган ҳамма симметрия класслари символларининг йиғиндиси сифатида ёзилади, бунда конкрет класснинг символининг олдида коэффиенти ёзиб кўрсатилади.

Молекуланинг симметрияси маълум бўлса, тебранишлар назарияси бундай молекуланинг нормал тебранишлар сонини (ҳамма симметрия класслари учун) топишга имкон беради, шундан сўнг эса молекуланинг

тебранма тақдимини ёзиш қийин эмас. Мисол учун метан молекуласи CH_4 ни кўриб чиқамз. Унинг 5 та атоми бор, демак $N=5$, шунинг учун унинг $p=3N-6=9$ та нормал тебраниши бор. Улардан битта тебраниш тўласимметрик, биттаси икки марта «айнаган», икkitаси уч марта «айнаган» (бу тип F_2 деб белгиланади).

Ана энди метаннинг тебранма тақдимини ёзамиз:

$$\Gamma = A + E + 2F_2$$

A – битта тўласимметрик тебраниши

E – битта икки марта «айнаган» тебраниш

$2F_2$ - икки уч марта марта «айнаган» тебраниш (2 индекси кўшимча симметрия элементиға антисимметрикни англатади).

Кўпинча КС спектрида кўринмайдиган (демак нурни сочмайдиган) тебранишлар инфрақизил (ИҚ) ютилиш спектрида кўринади ва тескараси, ИҚ ютиш спектрида кўринмайдиган (демак нур ютмайдиган) тебранишлар КС спектрида намоён бўлади. Демак, бу икки метод бир – бирини тўлдиради.

АДАБИЁТЛАР

1. Т. Гилсон, П. Хендра. «Лазерная спектроскопия КР в химии». Издательство «Мир», Москва. 1973 г.
2. В.Е. Эскин «Рассеяние света растворами полимеров». Издательство «Наука», Москва. 1973 г.
3. М.А. Ельяшевич «Атомная и молекулярная спектроскопия». Москва. Физматиз, 1962 г.
4. Г. Чанг «Физическая химия с приложениями в биология». Издательство «Мир», Москва. 1980 г.
5. Я. Рабек «Экспериментальные методы в химии полимеров». Издательство «Мир», Москва. 1983 г.
6. М.Л. Суцинский «Комбинационное рассеяние света и строение вещества». Издательство «Наука», Москва. 1981 г.
7. Л.П. Казаченко «Молекулярная спектроскопия жидкостей». Издательство БГУ (Минск). 1978 г.