

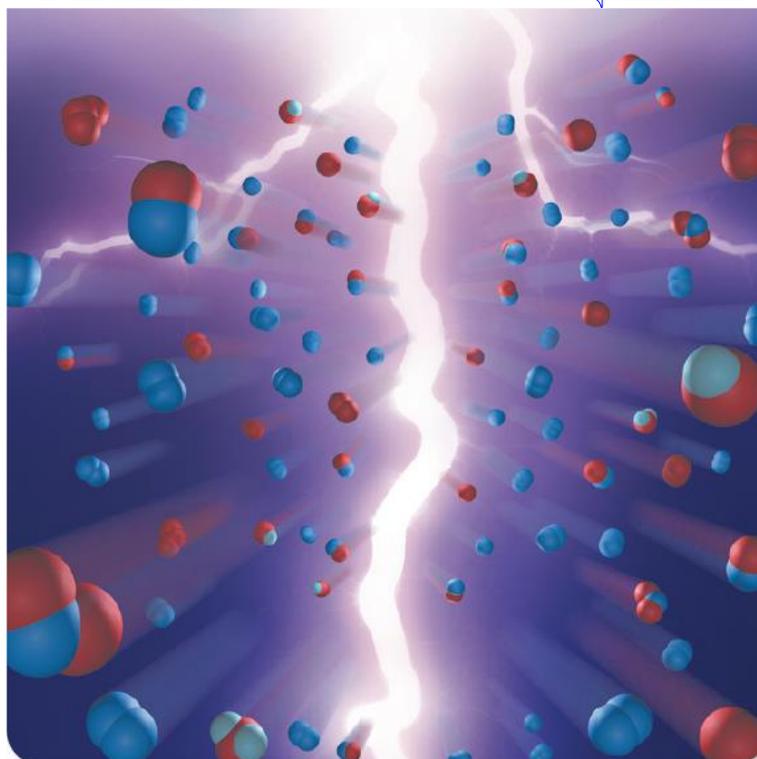
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

Рўйхатга олинди
№ _____
« ____ » _____ 2022 йил

“ТАСДИҚЛАЙМАН”
Ўқув ишлари бўйича проректор
_____ О.Зарипов
« ____ » _____ 2022 йил

«НЕФТЬ- ГАЗНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ОБЪЕКТЛАРИ» КАФЕДРАСИ

НЕФТ ВА ГАЗ МАҲСУЛОТЛАРИНИ ЗАМОНАВИЙ
ФИЗИК-КИМЁВИЙ ТАҲЛИЛИ



фанидан
ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА

Билим соҳаси: 100000 – Гуманитар соҳа
Таълим соҳаси: 140000 – Табiiй фанлар
Таълим мутахассислиги: 5321400 – Нефт-газкимё саноати технологияси

ТОШКЕНТ – 2022

Ўқув-услугий мажмуа Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида № _____ рақам билан ро`йхатга олинган ва 2022__ йил “___” _____ да _____-сонли буйруқ билан тасдиқланган намунавий фан дастури асосида тузилган.

Тузувчилар:

Ўринов У.К. – ТошДТУ, “Нефт-газни қайта ишлаш объектлари” кафедраси
кафедраси профессори.

Таджиева Г.Ш.-ТошДТУ, “Нефт-газни қайта ишлаш объектлари” кафедраси
ассистенти.

Такризчилар:

Исмоилов Р.И. – ТошДТУ профессори, техника фанлари доктори.

Бадриддинова Ф.М. ТКТИ, “Нефть ва газни қайта ишлаш
технологияси” кафедраси доценти. т.ф.н

Ўқув-услугий мажмуа “Нефт ва газ” факултетининг «Нефть- газни қайта ишлаш объектлари» кафедраси мажлисида (2022 йил 28 август 1 - сонли баённома) муҳокама этилди ва факультет кенгашига тавсия этилди.

Кафедра мудири _____ доц. Назарбеков М.К.

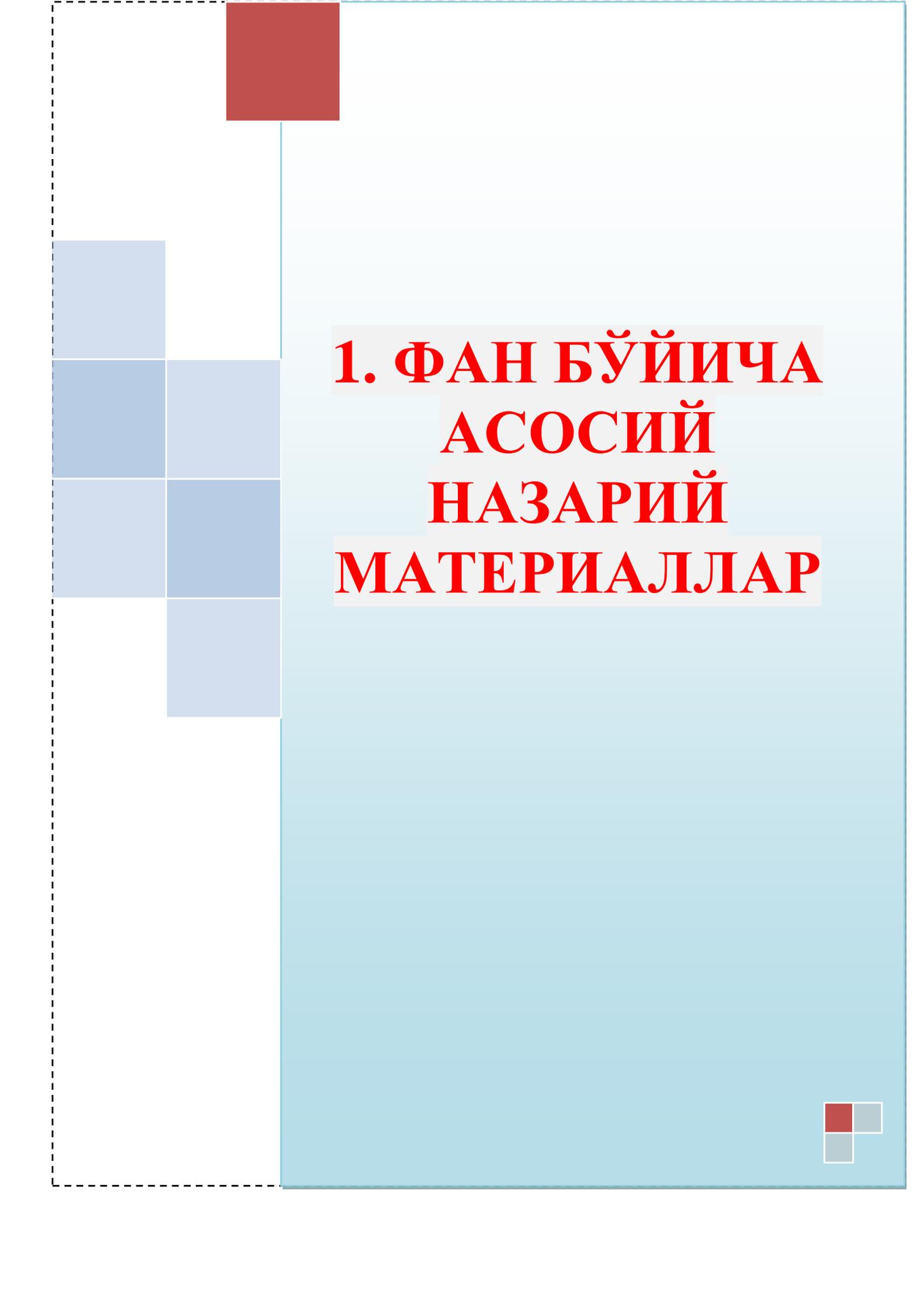
Котиб _____ М.А.Эшмухамедов

Ўқув-услугий мажмуа Университетининг услубий кенгашида кўриб чиқилди ва тасдиқланди (2022 йил “___” _____ даги “___”-сон мажлис баённомаси).

Илмий услубий кенгаш раиси _____ Б.Боймирзаев

МУНДАРИЖА

1.	Фан бўйича асосий назарий материаллар	Бет
	Амалий машғулот кўрсатмалари (топшириқлар вариантлари, масала ва мисоллар)	
	Мустақил таълим машғулотлари (Назорат саволлари, тушунтиришлар ва бошқа материаллари	
2.	Глассорий.....	
3.	Иловалар:	
	– фан дастури	
	– ишчи фан дастури.....	
	– тарқатма материаллар.....	
	– тестлар	
	– баҳолаш мезонлари	
	– қўшимча материаллар	
4.	Фойдалиниган адабиётлар	



1. ФАН БЎЙИЧА АСОСИЙ НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

1-МАЪРУЗА.

НЕФТ ВА ГАЗ МАҲСУЛОТЛАРИНИ ФИЗИК-КИМӒВИЙ ТАҲЛИЛИ

Нефт ва газ маҳсулотларини тузилишини тадқиқ қилишда физик-кимӒвий таҳлил усуллардан фойдаланишнинг асосий тушунчалари

Режа:

1. Нефт ва газ маҳсулотларини тузилишини тадқиқ қилишда физик-кимӒвий таҳлил усуллардан фойдаланишнинг асосий тушунчалари.
2. Тўлқиннинг тезлиги, узунлиги ва частотаси
3. Электронларнинг тақсимланиши, ЯМР резонанс
4. Электромагнит спектрларини ўраниш.

Таянч сўзлар: Нефт ва газ, тебраниш йўналиши, тўлқиннинг тарқалиши, электронларнинг тақсимланиши, электромагнит тўлқинлар, ЯМР резонанс, электромагнит спектрларини

Ҳозирги замон тасаввурларига кўра ёруғлик ҳам заррача, ҳам тўлқин хусусиятига эга. Бошқача айтганда, товуш ва сув юзидаги тўлқинлар учун хос қонуниятларга ёруғлик кам бўй сўнади. Сувга бирор жисм ташланса, сувнинг шу жойидан ҳар томонга ҳалқасимон тўлқинлар тарқалиши маълум. Бунда ташланган жисмнинг кинетик энергияси муҳит (мисолимизда сув) заррачаларини тебранма ҳаракатга келтиради.

Заррачаларнинг тебраниш йўналиши тўлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикулярдир. Товуш тўлқинларида эса тебраниш билан тарқалиш йўналиши бир хил. Сув юзасида тарқалаётган тўлқинлар учун қуйидаги катталиклар хос: иккита тепалик («ўрқач»)ёки чуқурлик ўртасидаги масофа; тўлқиннинг баландлиги ва унинг тарқалиш тезлиги. Иккита ўрқач ёки чуқурлик орасидаги масофа тўлқин узунлиги дейилади ва λ (лямбда) билан белгиланади. (Аслида тўлқиннинг исталган иккита бир хил ҳолати оралиғини тўлқин узунлиги дейиш мумкин.) Ариқ сувидаги тўлқинлар узунлиги унча катта бўлмагани ҳолда океан ва денгизлар юзасидаги тўлқинлар узунлиги бир неча ўн метрга етади. Тўлқиннинг баландлиги унинг амплитудаси дейилади. Тўлқин тарқалаётган жойдан сал юқорироқдаги бир нуқта белгиланиб, шу нуқтадан бир секундда ўтган баландлик ёки чуқурликлар (бошқача айтганда, тебранишлар) сони аниқланса, тўлқин частотаси топилган бўлади. Частота одатда ν (ню) ҳарфи билан ифодаланади. Частота бирлиги қилиб герц қабул қилинган. Бир герц деганда тўлқиннинг секундига бир марта тебранишига айтилади.

Тўлқиннинг тезлиги, узунлиги ва частотаси ўзаро бир-бирига боғлиқ. Айтайлик, бирор товуш тўлқини манбаининг частотаси 200 та бўлсин, яъни манба секундига 200 та тўлқин чиқарсин. Тўлқин бир секундда босиб ўтадиган масофа d га тенг, дейлик. Товуш учун $d=338,4$ метрга тенг. Шундан қилиб, шу масофада 200 тўлқин жойлашади. У ҳолда, битта тўлқиннинг узунлиги 1,692 метрга тенг. Кўриниб

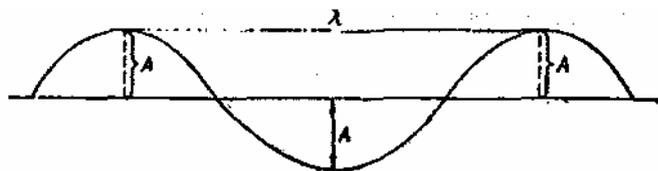
турибдики, тўлқиннинг узунлиги λ ни топиш учун унинг бир секундда босиб ўтадиган масофасини тебранишлар частотасига бўлиш зарур. Товуш (умуман исталган жисм) секундига босиб ўта оладиган масофа унинг тезлигини бергани сабабли $\lambda = v$ бўлади. Ушбу формула фақат товуш учун эмас, балки исталган, масалан ёруғлик тўлқинлари учун, ҳам тўғри келади. У ҳолда

$$\lambda = \frac{C}{V} \quad C = \lambda \cdot V$$

каби ёзиш мумкин.

Ёруғлик ва электромагнит тўлқинлари учун C ўзгармасдир (300000 км/сек). Демак юқоридаги тенгламанинг чап томони ўзгармас эканлиги эътиборга олинса, λ билан v ўзаро бир-бирига боғлиқдиги келиб чиқади. Тенгламанинг ўнг томони C га тенг бўлсин учун λ ошса, v камайиши зарур, ва аксинча. Шундай қилиб, тўлқин узунлиги ва частота бир-бирига тескари пропорционал катталиклардир.

Ёруғлик-кўзга кўринадиган нур. Бундан ташқари, инсон кўзи сезмайдиган рентген, ультрабинафша, инфрақизил нурлар ва радиотўлқинлар ҳам мавжуд. Нурларнинг барча турларига **электромагнит тўлқинлар** дейилади. Турли хил нурлар тўлқинлар узунликлари ортиб бориши тартибда жойлаштирилса, электромагнит спектр ҳосил бўлади. Бу спектр тўлқин узунлиги бир неча юз километр бўлган паст частотали тўлқин (ўзгарувчан ток) билан бошланиб, тўлқин узунлиги сантиметрнинг юз миллиондан бир улушига тенг бўлган гамма-нурлар билан тугайди.



Ушбу 1-расмдан кўриниб турибдики, радио тўлқинларнинг ўзи учта гуруҳга ажратилади. Тўлқин узунлиги энг катта (10^5 см) бўлган радио тўлқинларнинг частотаси юқоридаги тенгламага кўра ҳисобланади.

$$v = \frac{C}{\lambda} = \frac{300000000 \text{ сек}}{1000} = 300000 \text{ сек}$$

Тенгламадан бу тўлқин секундига 300 000 марта тебраниши маълум бўлди. Бу тенгламани ёруғлик нури учун ҳам бажарсак, бир секунддаги тебранишлар сони 400-800 триллион атрофида бўлишига ишонч ҳосил қиламиз. Бу частотага мувофиқ, келадиган тўлқин узунлиги жуда кичик бўлгани учун уни кундалик турмушга қўлланиладиган ўлчов бирликлари (км, м, см, мм) билан ифодалаб бўлмайди. Кичик тўлқин узунликларини ўлчаш учун микрон, миллимикрон, ангстрем каби бирликлар қабул қилинган. 1 микрон = 10^{-4} см яъни микрон сантиметрнинг ўн мингдан бир бўлагидир. Миллимикрон эса сантиметрнинг миллиондан бир, сантиметрнинг эса ўн миллиондан бир қисмини ташкил қилади $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ мм} = 10^{-7} \text{ см}$. Тўлқин узунликни ўлчашда кўпинча ангстрем қўлланилади.

1 ангстрем $1\text{Å}=10^{-7}$ мм, яъни ангстрем-миллиметрнинг ўн миллиондан бир қисми. 1 ммк =10 А. Миллимикрон баъзан нанометр (им) деб ҳам юритилади. Кўзга кўринадиган нурлар тўлқин узунлиги 400-800 ммк ёки 4000-8000 А оралиқда ётишиши расмдан кўриниб турибди. Шундай қилиб, кундалик турмушда тўлқин узунлиги бир неча км дан мм нинг миллиондан бир улушларига тенг бўлган электромагнит нурлардан фойдаланамиз. Ана шу нурларнинг жуда кам қисмигина кўзимиз билан кўрамиз.

Электромагнит спектрдаги ҳар қандай нур муайян энергияга эга бўлади. Бошқача айтганда, ҳар қандай нур маълум энергия ташийдди. Бу энергия нур частотаси билан боғлиқ бўлиб, унинг миқдори Планк формуласи асосида ҳисоблаб топилади.

$$E = h \nu$$

h -Планк доимийси $\approx 6,62 \cdot 10^{-27}$ эрг.сек. , ν -частота.

Ушбу формуладан кўриниб турибдики, нур энергияси унинг частотасига тўғри пропорционалдир. (чунки, Планк доимийси ўзгармас миқдор). Масалан, кўзга кўринадиган нурларнинг қуйи чегараси қизил нур (800 ммк) энергияси бинафша нур (400 ммк) энергиясидан кичик.

Бирор органик моддага нур тушурилса, нур модда орқали ўтади ёки ютилади, агар нур ютилса модда молекуласи ўзгаришларга учрайди. Бу ўзгаришларнинг тавсифи нурнинг табиатига ва модданинг тузилишига боғлиқ. Гамма-нурлар ядроларнинг энергетик ҳолатини ўзгартиради (гамма-резонанс спектроскопия). Гамма-резонанс спектроскопиядан фойдаланиб ядро кучлари ва уларнинг таъсирлашиши хусусида маълумотлар олиши мумкин. Рентген нурлари атомларнинг ички, ядрога яқин электрон қаватларидан электронлар энергиясини ўзгартиради (рентгеноспектроскопия).

Рентгеноспектроскопия ядрога жуда яқин жойлашган қаватларда электронларнинг тақсимланишини ҳамда уларнинг энергиясини аниқлашга имкон беради.

Ультрабинафша ва кўзга кўринадиган нурлар таъсирида молекуладаги атомларнинг валент электронлари энергетик ҳолатлари ўзгаради. (УБ-спектроскопия ёки электрон спектрлар).

Инфракизил нурлар модда молекуласидаги атомларнинг тебранишига сабаб бўлади (ИҚ-спектроскопия ёки тебраниш спектрлари). УБ ва ИҚ-спектроскопиялар ёрдамида нефт ва газ маҳсулотларидан олинган органик моддаларнинг молекулалари тузилиши тўғрисида муҳим маълумотлар олинади.

Радиотўлқинлар эса ядро ва электронлар спинлари энергетик ҳолатларини ўзгартиради (Ядро магнит резонанси ва электрон парамагнит резонанси спектроскопиялари).

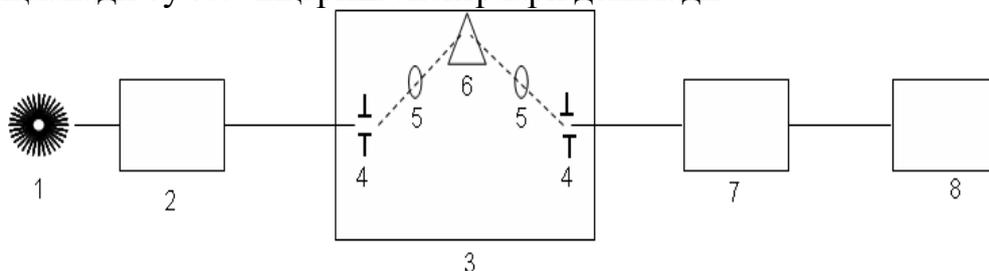
Ядро магнит резонанси (ЯМР)-спектроскопия ёрдамида нефт ва газ маҳсулотларидан олинган органик моддаларнинг тузилишини ўрганишда бошқа усуллар билан эришиб бўлмайдиган натижаларини олиш мумкин. Моддага нур таъсир эттирилганда модда нурни ютади ва унинг энергияси ортади. Кўпинча, бу хил молекула «ҳаяжонланган» ҳолатга ўтди дейилади. Модда ҳаяжонланган ҳолатда фақат 10^{-6} секунд бўла олади, холос. Кейин эса яна ютилган энергияни бирор нур, иссиқлик ҳолида чиқариб, молекула ўзининг аввалги ҳолатига

қайтади. Молекуланинг турли қисмлари ҳар хил энергия ютгани учун айна молекуланинг шу қисмлари нур чиқарганда ҳам айнан шундай энергия ажралади. Чиқаётган нурнинг тўлқин узунлигини билган ҳолда молекуланинг тузилиши тўғрисида хулоса чиқариш мумкин бу ютилиш спектрлари дейилади.



2-расм Электромагнит спектр.

Баъзан модда чўғланиш ҳароратигача қиздирилиб, чўғланаётган модда чиқараётган нур ўрганилади. Шулар асосида модда молекуласининг тузилиши аниқланади бу эса чиқариш спектрлари дейилади.



Расм-3 Спектрал асбобнинг тузилиш схемаси.

1-Нурланиш манбаи, 2-намуна жойлаштирилган кювета, 3-монохроматор, 4-монохроматорни кириш ва чиқиш тирқиши, 5- фоқсланадиган оптика, 6- дисперсланган сетка, 7- нур қабул қилувчи қурилма, 8- рўйхатга оладиган қурилма.

Нефт ва газ маҳсулотларидан олинадиган органик моддаларнинг тузилишини ўрганишда кўпроқ юритилиш спектрлари билан ўрганилади. Электромагнит

спектрдаги ҳар қандай нур билан содир бўладиган ютилиш спектрларини ўрганиш учун барча ҳолларда аввало ёруғлик манбаи, ўрганилаётган модда солинадиган идиш яъни кювета, монохроматик ёки бир хил тўлқин узунликдаги нурлар ҳосил қилувчи ва текширилаётган модда орқали ўтган нурнинг жадаллигини (интенсивлигини) ўлчайдиган асбоблар ва қайд қилувчи қурилмадан фойдаланилади.

Мавзун мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Физик-кимёвий таҳлилнинг асосий тушунчалар нималардан иборат?
2. Физик-кимёвий таҳлил усуллари нинг неча хили мавжуд?
3. Физик-кимёвий таҳлили қандай афзалликларга эга?
4. Электромагнит спектр нима?

2 - МАЪРУЗА

Ёруғликнинг ютилиш қонуниятлари ва ютилиш спектрларини ифодалаш усуллари

Режа:

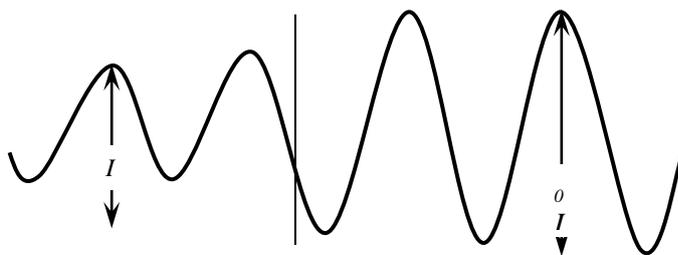
1. Ёруғликнинг ютилиш қонуниятлари.
2. Оптик спектрлари.
3. Муайян частотада тўлқинларнинг ютилиши

Таянч сўзлар: Ютилиш спектр, Ламберт-Бугер-Бер қонуни, оптик зичлик, нур жадалликлари, эритма концентрацияси, тебранишлар

Ютилиш спектрларини ўрганадиган асбоблар спектрометр ёки спектрофотометр, агар текширилаётган модда орқали ўтган нурнинг жадаллиги фотоэлементлар ёрдамида қайд қилинса дейилади. Спектрал асбобнинг тузилиши 3-расмда келтирилган. Ҳозирги вақтда СФ-4, СФ-4А; СФ-Д2; СФ-8; СФ-2М; СФ-4М, СФ-26, СФ-16, СФ-46 маркали спектрофотометрлар билан моддаларнинг спектрлари ўрганилади.

Оптик спектрлар деганда инфрақизил, ультрабинафша ва кўзга кўринадиган нурлардан фойдаланиб ҳосил қилинадиган спектрларга, айтилади. Оптик спектрлар учун ёруғлик ютилишининг умумий қонуниятлари мавжуд бўлиб, бу қонуниятлар ўрганилаётган ёки текширилаётган модда ва ютилаётган нурнинг миқдори билан боғлиқ. Бу боғлиқлик Ламберт-Бугер-Бер қонуни орқали ифодаланади. Текширилаётган нефт ва газ маҳсулотларидан олинган органик моддалар эритмаси орқали ўтган нур жадалликлари эритма қавати қалинлиги билан унинг концентрациясига тескари пропорционалдир.

$$J = J_0 \cdot l^{-R \cdot l \cdot c} \quad (1)$$



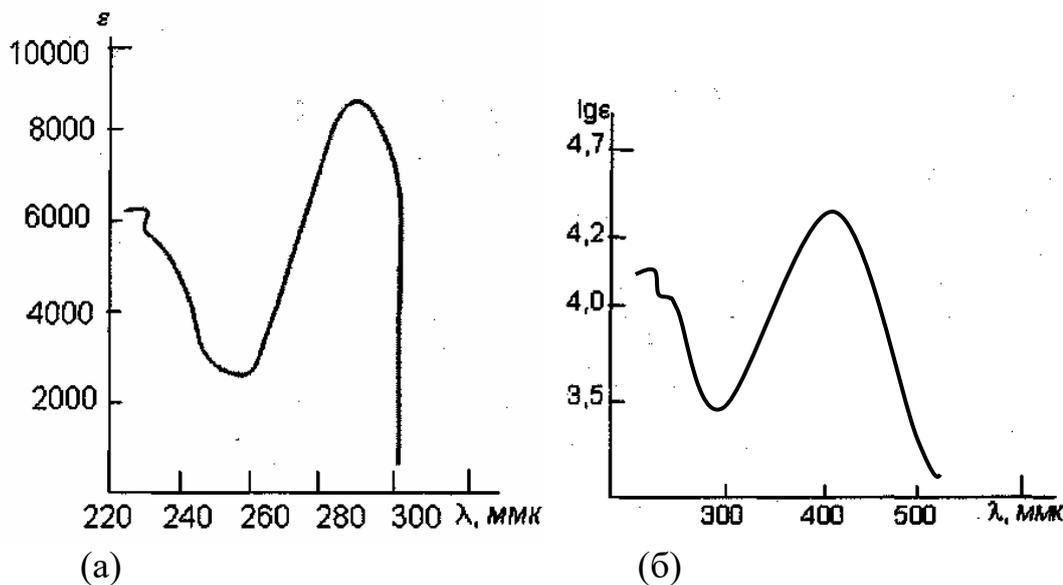
Бу ерда I_0 -эритмага тушаётган нур жадаллиги, I -чиқаётган нур жадаллиги, l -эритма қаватининг қалинлиги, R -ютилиш коэффициентини, S -эритманинг концентрацияси, L - натурал логарифм асоси.

$$\lg \frac{I_0}{I} = klc \quad (2)$$

Нурнинг жадаллиги яъни нурнинг жадаллиги ёки тезлиги деганда амплитудаси ёки тебраниш кенглиги тушунилади. Қуйидаги формуладан фойдаланилади.(4-расм).

$$\lg \frac{I_0}{I} = D$$

оптик зичлик дейилади.



5- расм. Кофеин (а) ва хинолин(б)нинг УБ - спектрлари.

Нурнинг ютилиш спектрларини график усулда ифодалаш учун ютилиш коэффициентининг тўлқин узунликка боғлиқлиги асос қилиб олинади ёки иккита ўзгарувчан катталиклар-жадаллик яъни жадаллиги ва тўлқин узунлиги омилини координатлар ўқиға қўйилиб, спектр ҳосил қилинади. Қўпинча, абсцисса ўқиға тўлқин узунлиги, ордината ўқиға эса жадалликлик жойлаштирилади. Хуллас, модданинг спектри деганда, муайян частотада ёки тўлқин узунликда электромагнит тўлқиннинг қанча қисми ютилиши (ёки чиқарилиши) кўрсатувчи график тушунилади. Агар (2) формулада концентрация моль/литр, эритма қаватининг қалинлиги см да олинса, ϵ -

ютилишнинг моляр коэффиценти ёки экстинкция дейилади.

$$D = \varepsilon \cdot c \cdot l \quad \text{ёки} \quad \varepsilon = \frac{D}{c \cdot l} \quad (3)$$

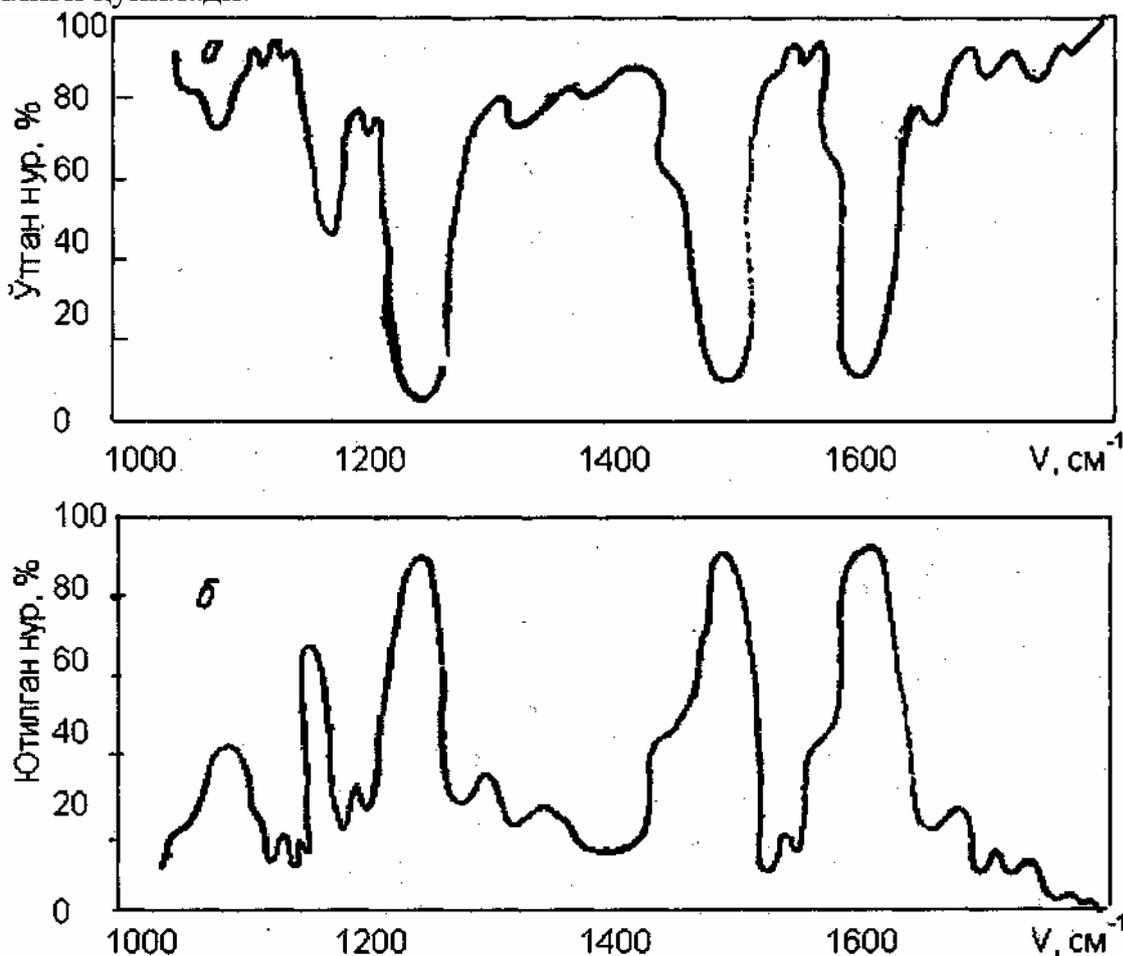
бу ерда ε -экстинция.

Ультрабинафша (УБ)-спектроскопияда одатда ордината ўқига ε ёки LgA абсцисса ўқига эса миллимикрон (ммк) ёки ангстрем (А) да ифодаланган тўлқин узунлиги қўйилади. (5-расм). ИҚ-спектроскопияда эса ордината ўқига қўйидаги катталиклардан бири жойлаштирилади.

l/l_0 - ўтган (ёки ютилмаган) нур миқдори, $(l/l_0) \cdot 100$ ютилмаган нур фоизи, $(l_0 - l)/l$ ютилган нур миқдори, $(l_0 - l)/l \cdot 100$ ютилиш фоизи, $D = \lg(l_0/l)$ - оптик зичлик,

$$\varepsilon = \frac{D}{c \cdot L}$$

экстинкция ёки моляр ютилиш коэффиценти (қавати қалинлиги 1 см бўлган 1 моляр эритманинг оптик зичлиги). Тўлқин сони эса абсцисса ўқига эса қўйилади. Тўлқин сони-бу бир см масофада жойлашиши мумкин бўлган тўлқинлар сони бўлиб, см^{-1} да олинган тўлқин узунлигининг тескари қийматидир. Тўлқин сони см^{-1} каби белгиланади (тескари сантиметр). Жуда камдан-кам ҳолларда абсцисса ўқига микронларда ифодаланган тўлқин узунлиги қўйилади.



6- расм. Нефтан олинган дифенил эфирининг ИҚ- спектри.

6-расмда ИҚ-спектрларнинг кўп қўлланиладиган график ифодаси келтирилган. Спектроскопчўкки усуллар нефт ва газ маҳсулотларидан олинган мураккаб органик моддаларни тузилишини ўрганишда энг кўп қўлланиладигани ИҚ-спектроскопиядир.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

5. Ёруғликнинг қандай ютилиш қонуниятлари ва ютилиш спектрларини биласиз?
6. Спектрал ва бошқа оптик усуллар ҳақида тушунча беринг?
7. Нефт ва газ маҳсулотларини таҳлил қилишда ҳозирги вақтда физик-кимёвий таҳлил усуллардан оптик усулларини тавсифланг?
8. Жадаллик деганда нимани тушунасиз?
9. Чиқариш спектрлари орқали моддаларни тузилиши қандай аниқланади?
10. Ютилиш спектрлари нима?

3- МАЪРУЗА

Оптик таҳлил усуллари. Фотоколориметрик таҳлил усуллари. Бегер-Ламберт-Бер қонуни

Режа:

1. Фотоколориметрик таҳлил усулининг моҳияти.
2. Нур ютилишнинг асосий қонуниятлари.
3. Бегер-Ламберт-Бер қонуни

Таянч сўзлар: Оптик таҳлил усуллари, фотоколориметрик таҳлил усуллари., Бегер-Ламберт-Бер қонуни, ютилиш коэффициенти, ўтказувчанлик коэффициенти, оптик зичлик, тенглаштириш усули, жадалланган график усули, қўйиш, дифференциал усуллари, фотоэлементлар

Фотоколориметрик усул билан модда миқдорини кўзга кўринадиган спектрлар соҳасида (400-780 нм) аниқлаш стандарт ва аниқланаётган рангли эритма томонидан нур ютилишини солиштиришга асосланган. Буни барқарор рангли ҳар хил органик ва ноорганик бирикмалар ҳосил қилиш мумкинлиги тушунтириш мумкин.

Фотоколориметрик таҳлил усулини аниқданиладиган концентрацияларнинг катта доирасида ишлатиш мумкин. Бу усулни ҳар хил мураккаб техник бирикмалар таркибидан аниқланиладиган модда миқдори 1% дан кўп ва 10^{-5} - 10^{-4} % бўлганда ҳам қўллаш мумкин. Фотоколориметрик таҳлил усулини баъзи бир моддани ажратиш усуллари-хроматография, экстракция билан биргаликда қўллаш, модда миқдорини аниқлашда сезгирликни яна бир фоизга оширишга ва ўлчаш аниқлигини 10^{-5} % га етказишга имкон беради.

Кўп металл ва металлмаслар ҳар хил рангли комплекс бирикмалар билан ўзаро таъсир этишга қодир. Шунинг учун фотоколориметрик таҳлил усулининг аниқлаш соҳасини чегараси йўқ: ҳозирги вақтда деярли ҳамма элементлар ва уларнинг бирикмаларини аниқлашнинг оддий усуллари мавжуд. Таҳлилнинг фотометрик усули асосан солиштиришга асосланган. Текшириш учун тайёрланган рангли эритманинг рангини концентрацияси маълум бўлган, яъни стандарт эритма ранги билан

солиштирилади. Эритма рангининг жадалликлигини ёки жадаллигини кўз билан кузатилади ва ҳар хил асбоблар: колориметрлар, фотоколориметрлар ва спектрофотометрлар ёрдамида аниқланади.

Агарда нур ютилишини фотоколориметрлар ёрдамида ўлчанса, бундай усулни **фотоколориметрик** усул дейилади.

Фотометрик таҳлилда қўлланиладиган кимёвий реакциялар, борадиган жараённинг кимёвий табиатига боғлиқ бўлмай, балки эритма томонидан нур ўтиши, ўзгариши ёки сусайишига боғлиқдир. Реакция тез, охиригача ва такрорли содир бўлиши керак. Бундан ташқари, ҳосил бўлаётган таҳлил қилинаётган модданинг ранги вақт давомида ёруғликка турғун (барқарор) бўлиши керак.

Фотометрик таҳлил усулида комплекс ва ички комплекс бирикмалар олишда оксидланиш-қайтарилиш ва органиқ моддаларни синтез қилиш реакцияларидан фойдаланилади.

Нур ютилишининг асосий қонуни. Модда томонидан нур ютилаётганда, бизни ютилаётган нурнинг сифатигина эмас, балки унинг миқдорий хусусиятлари ҳам қизиқтиради. Атом, ион ёки молекула нур квантини ютиши натижасида юқори энергетик ҳолатга ўтади.

Агар J_0 жадалликликка эга бўлган монохроматик нур оқими бирор эритманинг бир хил қаватига тушаётган бўлса, унда унинг бир қисми қайтади (жадалликлиги J_r), бир қисми (J_a) ютилади, бир қисми (J_t) эса қаватдан ўтиб кетади, шундай қилиб:

$$J_0 = J_r + J_a + J_t \quad (4)$$

Оддий кўз билан кузатиладиган колориметрия ва фотоколориметрияда бир хил идишдаги эритмалар солиштирилгани учун J_r миқдорини ҳисобга олмасамиз ҳам бўлади. Унда

$$J_0 = J_a + J_t \quad (5)$$

Шундай қилиб, нур оқими эритмадан ўтганда ўз жадаллигининг маълум қисмини йўқотади. J_0 ва J_t нур ўртасилари ўртасидаги боғланишни **Бугер-Ламберг қонуни** орқали ифодалаш мумкин:

$$J_t = J_0 L^A \quad (6)$$

Бу ерда: L - натурал логарифм асоси; A - ютилиш коэффициенти; l - ютилиш қаватининг қалинлиги.

Эритмада рангли молекулалар қанча кўп бўлса, J_0 нинг киймати шунча катта бўлади.

Эритмадан ўтаётган нур ўртасининг камайишини ўтказувчанлик коэффициенти (ёки ўзгарувчанлик) дейилади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$T = \frac{J_t}{J_0} \quad (7)$$

T нинг тескари ишора билан олинган логарифмини оптик зичлик дейилади ва D билан белгиланади:

$$\lg T = -\lg \frac{J_0}{J_t} = D \quad (8)$$

Нур ютилаётган эритма ва унинг оптик зичлиги ўртасидаги боғланишни Бер (1852 йили) ўзининг қонуни билан қуйидаги тенглама орқали ифодалаш мумкин:

$$\lg \frac{J_0}{J_t} = K_1 C \quad (9)$$

бу ерда K_1 -пропорционаллик коэффициенти; C - эриган модда концентрацияси.

Бер қонунига асосан, бир хил қалинлик қаватгидаги эритманинг оптик зичлиги эриган модда концентрациясига тўғри пропорционалдир.

Бугер-Ламберг-Бер нинг умумий қонуни, нур ютилишининг асосий қонуни бўлиб, қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$J_t = J_0 \cdot 10^{-KCl} \quad (10)$$

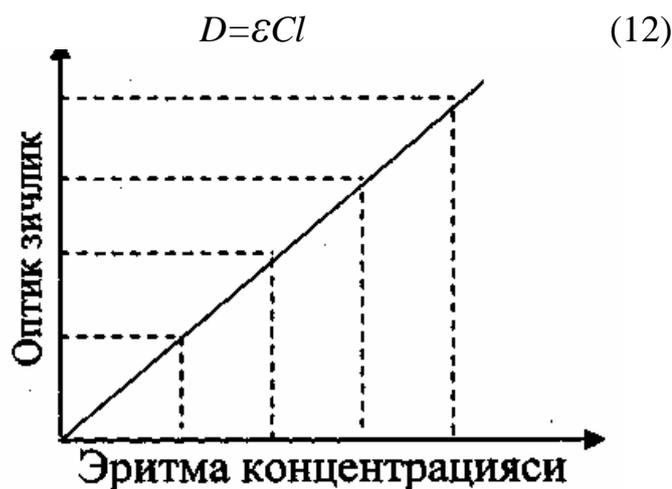
бу ерда K -нур ютилиш коэффициенти, l эриган модданинг табиатига ва унинг физик ҳолатига боғлиқ, бўлади.

Агарда концентрация $C = 1$ мол/л, $l = 1$ см, бўлса, унда K нур ютилиш моляр коэффициенти дейилади ва E билан белгиланади. (5) формуланинг кўринишини

$$J_t = J_0 \cdot 10^{-\varepsilon Cl} \quad (11)$$

деб ёзиш мумкин.

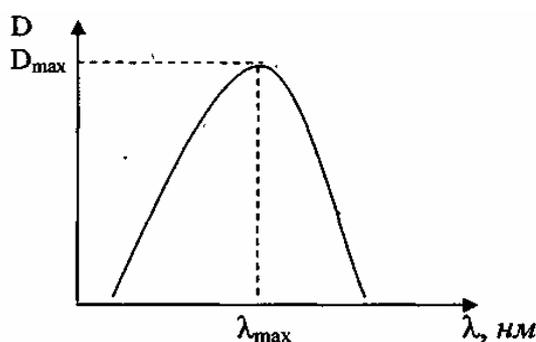
ε нинг қийматини ошиши билан реакция учун сезгирлик характеристикасидир. Нур ютилишинининг асосий қонунига риоя қилинганда эритманинг оптик, зичлиги нур ютилиш моляр коэффициенти, нур ютаётган модда концентрациясига ва нур ўтаётган эритма қаватининг қалинлигига тўғри пропорционал бўлади. Оптик зичликни концентрацияга боғлиқлигини график орқали ифодаланса, у тўғри чизик, кўринишига эга бўлади.



Расм-7. Оптик зичликни рангли эритма концентрациясига боғлиқлик графиги

Нур ютилиш спектрлари. Ҳамма рангли бирикмалар ёруғлик нурини ютиш хусусиятига эга. Ёруғлик ютилиш моляр коэффициенти ва эритманинг оптик зичлиги рангли эритмадан ўтаётган ёруғлик тўлқин узунлиги учун ҳар хил қийматга эга. Ҳар хил бирикмаларнинг рангли эритмаларини тўлиқ, тавсифлаш учун, уларнинг ютиш спектрларидан фойдаланилади (ёруғлик ютилиш эгри чизиқлари). Ютилиш спектри бу аниқланадиган модда ютаётган ёруғликни тўлқин узунлигига боғлиқлигидир. Спектрларнинг маълум бир соҳасида ютилишнинг энг катта қиймати модда табиатини тавсифлайди.

Ютилишнинг энг катта қийматидаги тўлқин узунлигини λ_{max} деб белгиласак, шу тўлқин узунлигидаги ютилиш моляр коэффициентини ϵ_{max} бўлади.



Расм – 8. Оптик зичликни тўлқин узунлигига боғлиқлиги.

Координаталар $D=f(\lambda)$ ёки $\epsilon =f(\lambda)$ да ютилиш спектрларини чизиш учун ҳар хил тўлқин узунлигида бир нечта эритманинг оптик зичлиги ёки ёруғлик ютилишининг моляр коэффициенти ўлчанади ва олинган маълумотлар асосида график чизилади.

Эритмаларни кўзга кўринадиган ($\lambda=400-760$ нм) ва ультрабинафша рангли ($\lambda =185-400$) спектрлар соҳасида нур ютиши спектрофотометрлар ёрдамида оптик зичлик ўлчанади.

Рангли эритмалар концентрацияларини аниқлаш усуллари. Фотоколориметрик таҳлилларда эритмадаги модда концентрациясини асосан тўрт хил усул билан аниқлаш мумкин:

1. Тенглаштириш усули. Бу усулда текширилаётган эритмадан алиқвод қисм олиб, ундан рангли эритма тайёрлаймиз ва унинг оптик зичлиги (D) ни ўлчаймиз. Сўнгра концентрацияси аниқ бўлган 4-5 хил стандарт рангли эритма тайёрлаб, бир хил қалинлик қатламида уларнинг оптик зичлиги (D)ни ўлчаймиз. Текширилаётган (D) ва стандарт эритмалар (D) оптик зичликларини солиштириш натижасида аниқланадиган модданинг номаълум концен-трациясини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаймиз:

$$C_x = C_{cm} \cdot \frac{D}{D_{cm}}$$

2. Жадвалланган график усули. Бу усулда Бер қонунига бўй сўнадиган

концентрацияда бир нечта стандарт рангли эритма тайёрланади ва уларнинг оптик зичлиги ўлчанади. Олинган маълумотлар асосида ордината ўқига оптик зичлик, абсцисса ўқига эса, эритма концентрациясининг қийматини қуйиб, график чизамиз. Чизилган графикни (7-расм) жадвалланган график дейилади. Сўнгра, текширилаётган нобмаълум концентрацияли эритманинг оптик зичлигини (D) ни ўлчаб, чизилган график ёрдамида унинг концентрацияси (C_x , мг/мл, мкг/мл) қиймати топилади.

3. Қўшиш усули. Текширилаётган эритмадан алиқвот қисм олиб, ундан рангли эритма тайёрланади ва унинг оптик зичлиги D_x ўлчанади. Текширилаётган эритмадан яна алиқвод қисм олинади ва унга концентрацияси маълум бўлган стандарт эритмадан солинади. Ҳосил бўлган рангли эритманинг оптик зичлиги (D_{x+cm}) ўлчанади. Аниқланиладиган модданинг нобмаълум концентрациясини қуйидаги формуладан ҳисобланилади:

$$C_x = C_{cm} \frac{D_x}{D_{(x+cm)} - D_x}$$

4. Дифференцияллаш усули. Усулнинг моҳияти шундан иборатки, унда аниқланадиган ва стандарт рангли эритмаларнинг оптик зичлигини тоза эритувчига нисбатан эмас, балки аниқланадиган элементли маълум концентрацияли рангли эритмага нисбатан ўлчанади. Бу усул катта концентрацияли моддаларни юқори аниқликда таҳлил қилишда қўлланилади.

Эритма рангининг жадалликлигини ёки ёруғлик ютилишини миқдорий баҳолаш учун ҳар хил асбоблар қўлланилади:

1. *Фотоэлектрик колориметрлар* - ФЭК-Н-52, 54, 57, ФЭК-56 М, ФЭК- 60. бу асбоблар оптик бўлиб, фотоэлемент ёрдамида полихроматик нурнинг ютилиш даражасини ўлчанади. Юқорида кўрсатилган асбоблар иккита фотоэлементли, икки нурли бир хил принципаал схемалидир. Асбоблар икки нур оқими жадалликлигини ўзгарувчан диафрагмалар ёрдамида таққослашга асосланган.

2. *Спектрофотометрлар* - СФ-4А, СФД-2, СФ-5, 8, 9, 10, 16, 26. бу фотометрлар монохроматик нур ютилишни ўлчаш учун ишлатилади. Нур манба сифатида 320-1100 нм тўлқин узунликда чўғланувчи лампа, 315-630 нм тўлқин узунликда симоб кварцли ва 220-320 нм тўлқин узунликда водородли лампа ишлатилади.

Фотоэлементлар. Фотоколориметрик ва спектрофотометрик таҳлил усулларида рангли эритмаларнинг нур ютиш даражасини фотоэлементлар ёрдамида аниқланилади. Фотометрланадиган рангли эритмадан ўтаётган нур энергиясини фотоэлемент электр энергиясига айлантиради. Оптик асбобларда икки хил фотоэлементлар-ярим ўтказгичли ва вакуумли фотоэлементлар қўлланилади. Тузилишига қараб фотоэлементлар: ички фотоэффектли, ташқи фотоэффектли ва занжир қатламли бўлади.

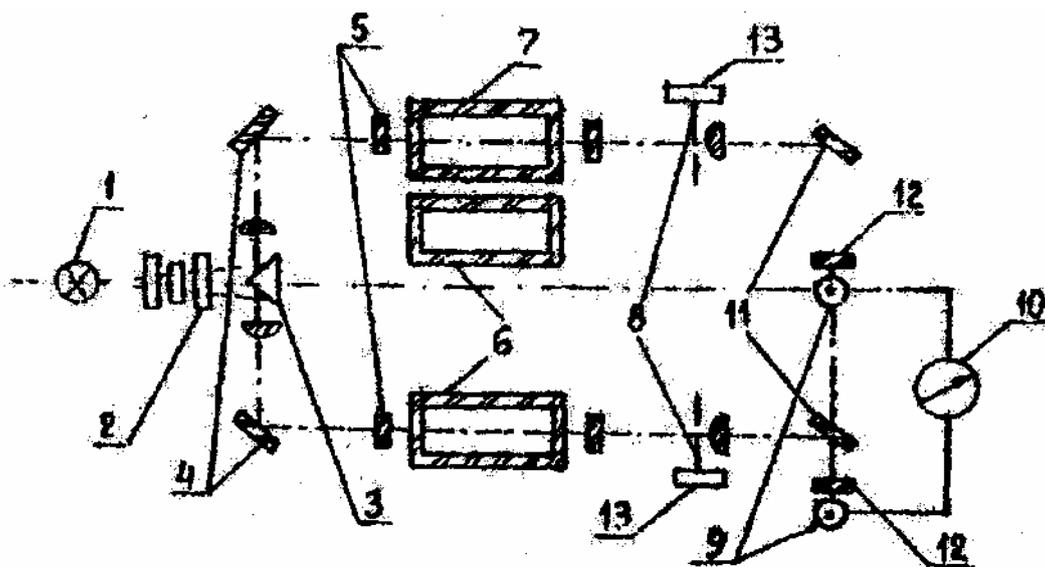
Фотоэффект қонунига асосан, ҳосил бўлаётган фототокнинг кучи фотоэлементга тушаётган ёруғлик жадалликлигига яъни жадаллигига тўғри пропорционалдир. Фотоэффект фақат маълум бир тўлқин узунликдаги нур билан ёритилганда ҳосил бўлади.

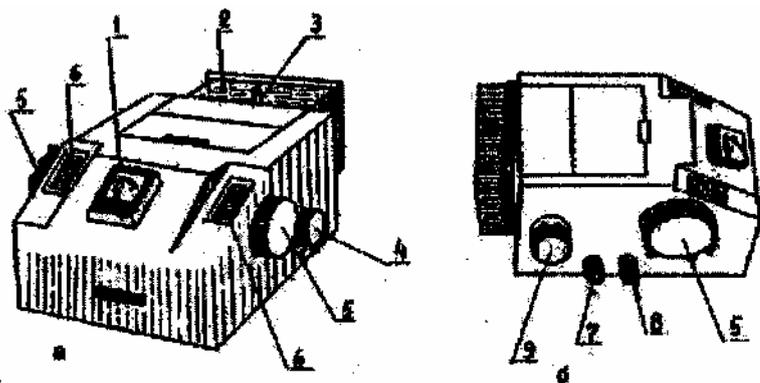
Ёруғлик филтрлари. Фотометрик таҳлил усулида сезгирликни ошириш ва аниқ натижа олиш учун фотометрланаётган рангли эритма томонидан

ютилаётган нурнинг энг катта қийматини ишлатиш мақсадга мувофиқдир. Кўзга кўринадиган спектрлар соҳасидан маълум бир тўлқин узунликдаги нурларни ажратиб олиш учун, нур ютувчи эритмалар олдига, ёруғлик ўртасини йўлига нур ютгичлар яъни нур филтрлари ўрнатилади. Нур филтрлари сифатида рангли шишалар ва плёнкалар рангли суюқликлар ва интерференцион нур филтрлари ишлатилади.

Фотоколориметрия. Фотоколориметрик аниқлаш ишларида фотоэлементнинг нур сезувчи сирти ёритилиши натижасида пайдо бўладиган ва занжирдаги гальванометр ёрдами билан ёзиб олинadиган фототок кучига қараб, рангли эритмадан ўтган нур жадаллиги ҳақида фикр юритилади. Аниқлаш ишлари махсус асбобларда фотоколориметрларда олиб борилади. Асосан энг кўп тарқалган фотоколориметрлар икки елкали ёки дифференциал фотоколориметрлардир.

Фотоэлектроколориметрнинг ишлаш схемаси 8-расмда келтирилган. Нур манба- чўғланувчи лампа 1 дан нур ўртаси уни икки ўртасига бўлувчи ва ясси кўзгулар 4га йўналтирувчи призма 3 га тушади. Кўзгулар нурни иккита паралел оқимлар кўринишида қайтаради. Нурнинг паралел оқимлари нур филтрлагич 5 дан ўтади ва эритма солинган кюветаларга тушади. Кювета 6га эритувчи, 7-чи кюветага эса текшириладиган эритма солинади. Нур кюветалардан ўтганда қисман ютилади. Кюветалардан ўтган нур оқимлари сўрилувчи диафрагмалар 8 дан ўтиб, кўзгулар 11 дан қайтади ва орқасида фотоэлемент 9 бўлган оқ рангли шиша 12га тушади. Сурилувчи диафрагмалар уларга бириккан ҳисоб олинadиган 13 барабанлар сарфланганда тирқиш кенглигини ўзгартиради ва фотоэлементга тушаётган нур ўртасининг жадаллигини ўзгартиради. Фотоэлементда кучи нур ўртасиига пропорционал бўлган ток вужудга келади. Иккала фотоэлемент микроамперметр 10 билан уланган.





8-расм. ФЭК-56М фотоэлектроколориметрининг оптик схемаси ва умумий кўриниши.

(а)-олдидан кўриниши; (б) - ёнидан кўриниши; 1 – микроампер-метр; 2 – эритгич корпуси; 3- пардани ёпувчи банд (туткич); 4 - кювета алмаштиргич; 5-ҳисоб олинувчи барабанлар; 6- ҳисоб олинувчи барабан шкаласи; 7 – нолга келтириш туткичи; 8 - сезгирликни созлаш туткичи; 9 - нур филтрлагичларни алмаштиргич.

Фотоэлектроколориметрда чўғланувчан лампа асбобнинг орқа қисмида жойлашган. Ёруғлик нури фотоэлементга фақат аниқлаш вақтида тушишини таъминлаш учун нур ўртасини беркитадиган парда мавжуд. Парда туткич 3 ёрдамида очилади. Ҳар хил рангдаги нур филтрлагичлар асбобнинг орқа томонига маҳкамланган диска ўрнатилган нур филтрлагичлар туткич 9 ёрдамида сурилади. Туткичда нур филтрлагичларнинг сони кўрсатилади. Тажрибани бошлашдан олдин асбобга кюветалар тўплами (3 та кювета) ўрнатилади. Ёруғлик нури эритма солинган кюветадан ўтиб фотоэлементга тушади. Ҳар бир фотоэлементнинг ёритилганлиги диафрагма ёрдамида соланади, диафрагма тирқишининг кенглиги олинувчи барабанлар (5) га иккита шкала (6) чизилган. Қора шкала-ёруғлик ўтказиш шкаласи-ёруғлик ўтказиш коэффициентини кўрсатади. Қизил шкала текшириладиган эритманинг оптик зичлигини кўрсатади.

ФЭК-56М асбобида чўғланувчи лампа РН-35 (8В,35Вт) ва симоб-кварцли лампа ДРК-120 ишлатилади. Улар 315-630 нм диапазонда ишлаш имконини яратади.

ФЭК-56М асбобида аниқлаш техникаси. 1. Асбоб иш бошлашдан 25-30 минут олдин стабилизатор орқали СЦ-98 ҳолатга келтирилади. Бу пайтда парда 3 ёпик бўлиши керак.

2. Иккала ҳисоб олинувчи барабанлар (6) қизил шкала бўйича нолга қўйилади, диафрагмалар тўлиқ очилади. Туткич 7 ни бураб, миллиамперметр стрелкасини нолга олиб келинади.

3. Бир хил узунликдаги 3 та кювета олинади: улардан иккитасини ишчи эритувчи билан, биттасини эса текшириладиган эритма билан тўлдирилади. Чапдаги кювета туткичга эритувчи солинган кювета, ўнгдагисига-битта ўринга текшириладиган эритма билан тўлдирилади. Чапдаги кювета туткичга эритувчи солинган кювета, ўнгдагисига-битта ўринга эритувчи солинган кювета, иккинчи ўринга эритувчи солинган кювета қўйилади.

4. Парда очилади, бунда микроамперметр стрелкаси нолдан четлашади, чапдаги ҳисоб олинувчи барабанни (6) ни ўзимиздан олдинга қараб бураб микроамперметр стрелкасини нолга келтирилади.

5. Парда беркитилади.

6. Тутқич 4 бураб, ёруғлик нури йўлига эритма солинган кюветани жойлаштирилади.

7. Парда очилади. Микроамперметр стрелкаси яна ноль ҳолатдан четлашади.

8. Ўнг ҳисоб олинувчи барабанни ўзингиздан у томонга бураб, микроамперметр стрелкасини нольга келтирилади.

9. Парда ёпилади. Ўнгдаги ҳисоб олинувчи барабаннинг қизил шкаласи бўйича оптик зичлик D кўрсатмаси ёзиб олинади.

10. Даражаловчи эгри чизикли кўрсаткич ёки жадвал бўйича аниқланаётган модда миқдори топилади.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Фотоколориметрик таҳлил усулининг моҳияти нималардан иборат у қайси соҳаларда ишлатилади?
2. Бугер- Ламберг- Бер қонуни ва уни қўллаш шарти нимадан иборат?
3. Фотоколориметрияда рангли эритмалар олиш учун реакцияларнинг қандай турларидан фойдаланилади?
4. Силининг моляр коэффициентини физик маъносини тушунтиринг?
5. Фотометрияда қандай эритмалар стандарт дейилади?
6. Фотоэлементнинг вазифаси нимадан иборат?
7. Ўтказиш коэффициенти ва оптик зичлик деб нимага айтилади?
8. Даражаланган графикнинг моҳияти нимадан иборат?
9. Абсорбцион таҳлил усуллари (колориметрик, фотоколориметрик, спектрофотометрик) нимага асосланган?
10. Ютилиш спектридаги максимумнинг баландлиги нима билан тавсифланади?

4- МАЪРУЗА.

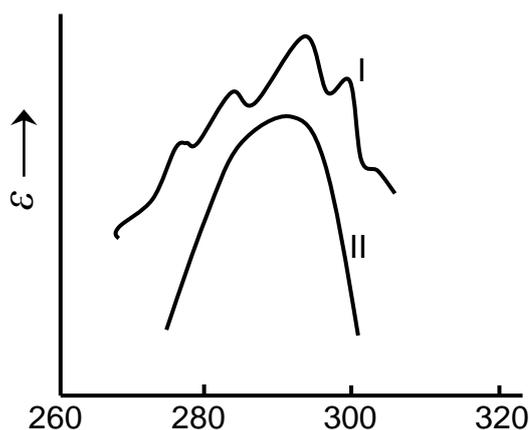
Ультрабинафша спектроскопия (УБ). Нефт маҳсулотларидан олинган кўп атомли молекулалар спектрлари

Режа

1. Ультрабинафша спектроскопия
2. Электрон спектроскопия ўтишлар
3. Нефть маҳсулотларидан олинган органик моддаларни тузилиши

Таянч сўзлар: ультрабинафша спектроскопия, электрон спектроскопия ўтишлар, нефть маҳсулотлари, радикал занжир

Моддаларни оптик спектрининг қисқа тўлқинли кўринадиган қисмига ёндош соҳасини текшириш билан шуғуланадиган спектроскопияга **ультрабинафша спектроскопия** дейилади. Ультрабинафша спектроскопия электронларнинг бир энергия поғонасидан бошқа энергия поғонасига ўтишига асосланган. Шунинг учун бу спектрни кўп ҳолларда **электрон спектр** деб ҳам аталади. Молекуланинг ҳар қандай электрон ҳолати шу молекуланинг айланма ва тебранма кўзғалган ҳолатга ўтказиш учун керакли энергия электронларни юқорироқ энергетик поғонага ўтказиш учун талаб қилинадиган энергиядан кичик бўлиши маълум. Шунинг учун ҳам молекулага энергияси анча катта бўлган ультрабинафша нурлар тушурилганда унинг ҳар уччала (айланма, тебранма, электрон) энергияси ўзгаради. У ҳолда электрон ультрабинафша (УБ) спектрлар жуда мураккаб бўлиши мумкин, чунки спектрда уч хил энергия ўзгаришларига мувофиқ келадиган чизиклар кузатилади. Айланма ва тебранма спектрлар, баъзан спектрнинг нозик структураси ҳам дейилади. Нозик структуралар УБ-спектрларни интерпретация (яъни, изоҳ бериш) қилишда жуда қийинлик туғдиради. Буни бартараф қилиш учун моддалар спектрлари эритмада олинади. Эритувчи молекулалари эриган модданинг айланма-тебранма ҳаракатига халақит бергани учун спектр эритмада олинганда нозик структуралар бўлмайди ёки жуда кам кузатилади (9-расм).



9-расм. Сирка альдегидининг УБ спектрлари (I) газ фазада, (II) спиртда

Кўп моддалар ультрабинафша нур қисмидан 100 дан 400 нм гача нурланишига, баъзи бирикмалар эса кўринадиган нур қисмида 400 дан 800 нм гача нурланишига эга бўлади.

Ультрабинафша спектроскопия нефт ва газдан синтез қилинган органик бирикмаларни, шунингдек ўсимлик ва ҳайвонлар организмидан ажратиб олинган янги табиий бирикмаларнинг тузилишини ўрганишда бошқа спектроскопчўққи усуллар каби катта аҳамиятга эга.

Модданинг ҳар қандай шу модданинг ультрабинафша спектрини олиш мумкин. Бунинг учун амалда моддаларни эритувчи сифатида 95% ли этил спирт, метил спирт, диэтилэфир, гексан ва гептанлар ишлатилади.

УБ-спектроскопия тўлқин узунлиги 100-800 мкм бўлган нурлар таъсирида валент электронларнинг бир орбиталдан иккинчисига ўтишида улар ютадиган нурнинг тўлқин узунлиги ва жадаллигини ўлчашга асосланган.

Электрон спектроскопияда жами ўтишлар учта катта гуруҳга ажратилади.

Биринчи: $N \rightarrow V$ ўтишлар: Бу ўтишлар ($\sigma \rightarrow \sigma^*$ ва $\pi \rightarrow \pi^*$) ларни ўз ичига олиб молекула ҳаяжонланган ҳолатда қутбланган бўлади.

Электрон ўтишлар натижасида молекуланинг диполь моменти ортади. Молекуланинг қутбланганлиги ортиши билан бўладиган ўтишлар натижасида УБ-спектрда кузатиладиган максимумларнинг жадаллиги юқори бўлади. $\sigma \rightarrow \sigma^*$ ўтишлар молекула оптик спектрнинг узоқ ультрабинафша соҳасида ёритувчи, тўлқин узунлиги 200 ммк ва ундан кичик бўлган нурларни ютганда содир бўлади. Ҳозирги вақтда кўп ишлатиладиган спектрфотометрлар 200 ммк дан юқори тўлқин узунликлардаги ютишларни кайд қила олади. Ундан кичик тўлқин узунликлар учун махсус мураккаб спектрофотометрлар талаб қилинади. Нефт ва газ маҳсулотларидан олинадиган қўшбоғ ва гетеро атом тутмайдиган бирикмаларда асосан σ -боғлар бўлгани учун ўтишлар ҳам фақат $\sigma \rightarrow \sigma^*$ типида бўлади. Бошқача айтганда, улар яқин ультрабинафша ва кўринадиган соҳада нур ютмайди. Шунинг учун бу бирикмалардан УБ-спектрларни олишда эритувчи сифатида (гексан, циклогексан ва ҳоказо) фойдаланилади. Боғловчи π -молекуляр орбиталдаги электронлар ядроларга σ -электронларга нисбатан кучсиз тортилиб туради, шунинг учун $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишлари амалга ошириш учун унча катта энергия талаб қилинмайди.

Спектрда бу ўтишларга мувофиқ келадиган максимумлар юқори жадалликликка эга бўлади. $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишлар аксарият ҳолларда қўшбоғ тутган бирикмаларда учрайди. Қўшбоғлар бир-биридан иккита ё ундан ортиқ оддий боғлар билан ажратилган ҳолларда ютилиш максимум ($\lambda_{\text{макс}}$) нинг спектрдаги ўрни ўзгармайди, максимум жадаллиги (ϵ ёки lgf) эса қўшбоғлар сонига пропорционал равишда ортади. Масалан, этилен ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) учун $\lambda_{\text{макс}}=185$ ммк. Гексадиен 1,5 учун ҳам ютилиш максимуми 185 ммк га тенг. Лекин этиленда $\epsilon = 1000$, гексадиен -1,5 учун эса - 20000).

Қўшбоғлар навбатлашиб келадиган (оралатма боғланишли) бирикмаларда эса аддитивлик кузатилмайди. Масалан, бутадиен-1,3 ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) да ютилиш $\lambda_{\text{макс}} \approx 217$ ммк да содир бўлса, гексатриен 1,3,5 ($\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH} = \text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) учун бу қиймат 258 ммк ташкил қилади. Кўриниб турибдики, оралатма боғланишли бирикмаларда қўшбоғлар сони ортиши билан $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишларга мувофиқ келадиган энергия камайиб боради. Бошқача айтганда, шу ўтишларни вужудга келтирувчи УБ-нурлар спектрда тўлқин узунлиги катта бўлган соҳа томон силжийди. Бу хил «батохром» силжиш дейилади. Агар ютилиши максимуми тўлқин узунлиги қисқа бўлган (юқори частотали) соҳа томон силжиса гипсохром силжиш бўлади. (Ютилиш максимуми жадаллигининг ортиши гинехром, камайиши эса гинохром эффект деб айтилади. Батохром силжишда гинерхром эффект кузатилади, яъни (ϵ) ортиб боради. Умумий қўшбоғга $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтиш бера оладиган исталган бир хромафорга электронодонор гуруҳлар (айниқса ўзида умумлашмаган жуфт тутувчи) оралатма боғланиш билан боғланган бўлса, батохром силжиш кузатилади. Бундай гуруҳларга ауксохром (NH_2 , NR_2 , OH , $\text{C} \square \text{X}$, OR , SH , SR) лар мисол бўла олади. Шунга ўхшаш қўшбоғдаги углерод билан боғланган

водород атомлари углеводород радикалларига алмаштирилса ёки системага ауксохромлар киритилса, батохром силжиш содир бўлади. Бу тўйинган углеводородлар учун ҳам ўринлидир. Спектр кутбли эритувчиларда олинганда ҳам $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишларда батохром силжиш кузатилади. Демак, молекулада оралатма боғлашнишли қўшбоғ (ёки бошқа хромофор)лар сонини ошириб бориш билан шу молекулани кўзга кўринадиган нурлар ютадиган қилиш, яъни уни рангли ҳолга ўтказиш мумкин, чунки кўзга кўринадиган соҳа (400-800 нм) да нур ютадиган барча моддалар ранглидир. Ҳақиқатан ҳам бутадиен-1,3 (қўшбоғлар иккита, $\lambda_{\text{макс}} \approx 127$ нм) рангсиз бўлгани ҳолда помидорда учрайдиган ликопин пигменти ($C_{40}H_{56}$ қўшбоғлар ўн бешта, $\lambda_{\text{макс}} \approx 504$ нм) кизил ранглидир.

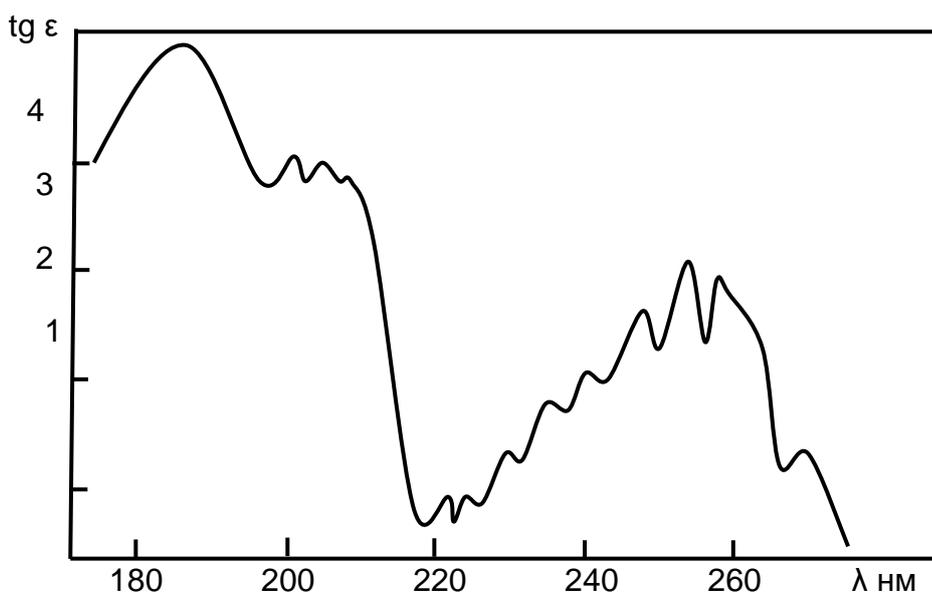
Иккинчидан: $N \rightarrow Q$ ўтишлар: $n \rightarrow \sigma^*$ ва $n \rightarrow \pi^*$ ўтишлар шулар жумласидандир. $n \rightarrow \sigma^*$ ўтишлар узоқ ёки яқин ультрабинафша соҳада, ўзида гетероатом тутувчи тўйинган бирикмаларда учрайди. $n \rightarrow \pi^*$ ўтишлар эса тўлқин узунлиги катта бўлган яқин УБ-ва кўзга кўринадиган соҳага мувофиқ келади. Улар умумлашмаган жуфт тутувчи гетероатом қўшбоғ билан боғланган ҳолларда кузатилади. $C=O$, $C=S$, $-N=N-$ каби хромофорлар $n \rightarrow \pi^*$ ўтишга мувофиқ келадиган ютилиш максимумларига эга. Бундан, ташқари, ана шу хромофорларда $n \rightarrow \sigma^*$ ва $\pi \rightarrow \pi^*$ каби ўтишлар кам учрайди. $N \rightarrow Q$ ўтишларнинг энг асосийси ва муҳими $n \rightarrow \pi^*$ дир. $n \rightarrow \pi^*$ ўтишлар жадаллиги кам ($\epsilon=100$ дан кичик). Таққослаш учун $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишларда ϵ 1000 дан катта бўлишини эслатиб ўтамиз. Молекулага электронодонор ўринбосар киритилса ва спектр кутбли эритувчиларда олинса $\lambda_{\text{макс}}$ қисқа тўлқин узунлиги (юқори частота) томон силжийди (гипсохром силжиш). $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишларда аксинча эффект кузатилишини кўриб ўтдик. Бундан $n \rightarrow \pi^*$ ўтишларни $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишлардан фарқ қилишда фойдаланилади. 1-жадвалда энг муҳим хромофорларнинг ютилиш максимумлари келтирилган.

Хромоформ	Боғланиш	$\lambda_{\text{макс}}$, нм	$\lg^a_{\text{макс}}$
-Cl	CH_3Cl	173	2,30
-Br	CH_3Br	204	2,30
	$H-C_3H_7Br^\sigma$	208	2,48
-I	CH_3I		
-N	CH_3NH_2	259	3,56
	$(CH_3)_3N$	217	2,78
		227	2,45
-O-	CH_3OH	184	2,18
-S	$(CH_3)_2S$	210	3,01
	$(C_2H_5)_2S^\sigma$	215	3,20
$\overset{\curvearrowright}{C}=C$	$RCH=CH_2$		4,1
	Цис - $RCH=CHR$		4,1

	<i>Транс</i> - $RCH=CHR$		4,1
	$R_2C=CH_2$		3,9
$C\equiv C$	<i>Циклогексан</i> δ	183	3,88
	$RC\equiv CH^\delta$	187	2,65
	$RC\equiv CR^\delta$	191	2,93
$C=C=C$	$C_2H_5CH=C=CH_2$	225	2,70
	CH_3CHO^σ		
$C=O$	$(CH_3)_2CO^\sigma$	294	1,08
$N=O$	<i>Трет</i> - C_4H_9NO	279	1,14
$N=O$	$CH_3N=NCH_3$	265	1,30
	$CF_3N=NCF_3$	340	0,65
$C=S$	$CH_2(CH_2)_4C=S$	360	0,20
		504	~ 0,7
<i>Ароматик бирикмалар</i>	C_6H_6	184, 204, 256	
	C_6H_5Cl	210, 265	
	$C_6H_5NO_2$	200, 300	

Учинчидан: $N\rightarrow R$ ўтишлар: Моддалар молекуласи юқори энергия берилса, электрон ундан чиқиб кетиши мумкин (фотоионланиш). Бу ўтиш узок, ультрабинафша соҳада содир бўлади ва унга спектрда жадаллик, энсиз максимумлар мувофиқ келади. $N\rightarrow R$ ўтишлар атомар ёки Ридберг ўтишлари ҳам дейилади.

Нефт маҳсулотларидан олинган органик моддаларни тузилишини ўрганишда $N\rightarrow V$ ва $N\rightarrow Q$ ўтишлар аҳамиятлидир. $N\rightarrow V$ ўтишлар натижасида юзага келадиган максимумлар К-чизик, бензол ҳалқаси тутувчи бирикмалардаги худди шундай ўтишлардан хосил бўладиган e ютилиш чизиклари A ёки E чизиклар дейилади. К-чизиклар кўпинча $\pi\rightarrow\pi^*$ ўтишлар туфайли кузатилади. $n\rightarrow\pi^*$ ўтишлар туфайли пайдо бўладиган ютилиш максимумлари эса R-чизиклар дейилади. Бензол учта ютилиш чизикига эга: $\lambda_{\text{макс}}=180$ ммк; $\epsilon=50000$; 200ммк, $\epsilon=70000$; 230—260 ммк; $\epsilon=200$ (10-расм).



10-расм Нефтдан олинган бензолнинг гептандаги УБ спектри.

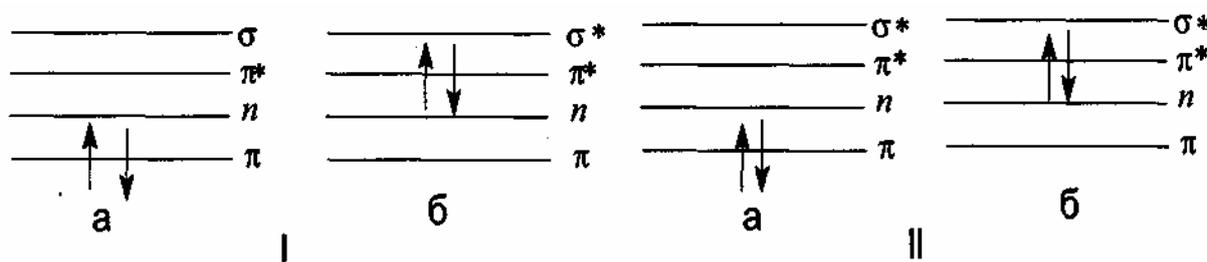
Одатдаги спектрофотометрлар билан охириги чизик (К ва R) ни кузатиш мумкин. Бензол ҳалқасига бирор ўринбосарнинг киритилиши батохром силжишга сабаб бўлади. Айниқса, қўшбоғ ёки умумлашмаган электрон жуфтлари мавжуд бўлган ўринбосарлар, шунингдек, NO_2 , $\text{C}=\text{O}$ каби электроноакцептор гуруҳлар бу силжишни кучайтиради. Биринчи ва иккинчи гуруҳ ўринбосарлари кўрсатадиган батохром таъсир куйидагича ўзгаради. $-\text{CN} < -\text{SO}_2 \text{ R} < -\text{COOH} < -\text{COCH}_3 < -\text{CHO} < -\text{NO}_2 < \text{Cl}$ ($\text{OH} < \text{SR} < \text{NR}_2$). Агар I ва II гуруҳга кирувчи иккита ўринбосар бензол ҳалқасида пара-ҳолатда бўлса, силжиш катта бўлади. Масалан, анилин ва нитробензол учун $\lambda_{\text{макс}}$ мувофиқ равишда 230 ва 269 нм га тенг. Бу қиймат парадинитробензол учун 266 нм ни ташкил қилгани ҳолда, паранитроанилинда 281 нм гача ортади. Метанитроанилин учун эса $\lambda_{\text{макс}}=280$ нм. Бензол ҳосилларидаги батохром силжишдан ҳалқадаги ўринбосарларининг жойланишини аниқлашда фойдаланилади.

Карбонил гуруҳ тутувчи бирикмалар (альдегид, кетон, мураккаб эфирда жадаллик К-чизик $\pi \rightarrow \pi^*$ дан ташқари, $n \rightarrow \pi^*$ ўтишга мувофиқ келадиган кучсиз чизик (R) ҳам кузатилади. Умуман молекуладаги ўтишлар қанча кўп бўлса, спектрдаги чизиклар ҳам шунча кўп бўлади. Лекин кутилган ўтишларнинг ҳаммаси ҳам амалга ошавермайди. Бунинг бир нечта сабаби бор.

-Биринчидан валент электронлар юқори энергияли молекулали орбитага МО га ўтганда уларнинг спинлари ўзгармаслиги ёки ўзгариши мумкин (11-расм). Спин ўзгармасдан борадиган ўтиш синглет, спин ўзгариши билан борадиган ўтишлар эса триплет ёки тақиқланган ўтишлар дейилади. Спин ўзгариши билан борадиган тақиқланган ўтишларнинг эҳтимоллигини жуда кам ва бунда ҳосил қиладиган ютилиш чизикларининг жадалликлиги (E) кичик бўлади. Бошқа сўз билан айтганда, триплет ўтишларда молекула нур ютмайди, ютса ҳам кам

ютади. Триплет ўтишлар спин тақиқланган ўтишлар ҳам дейилади.

-Иккинчидан, агар электрон ўтишлар натижасида молекуланинг диполь моменти ўзгармаса (яъни орбитал симметрияси ўзгармаса) ҳам электрон энергия ютмайди.



11-расм. $\pi \rightarrow \pi^*$ синглет(I) ва триплет (II), яъни тақиқланган ўтишлар.

Иккинчи қоида билан оралатма боғланишли бирикмалар УБ-спектрларида ютилиш чизиқларининг нима сабабдан тўлқин узунлиги катта бўлган соҳада кузатилишини осонгина тушунтириш мумкин. Масалан, этилен учун $\lambda_{\text{макс}}=185$ ммк, яъни одатдаги спектрофотометрлар билан этилен УБ-спектрини олиб бўлмайди. Бутадиенда эса $\lambda_{\text{макс}}=217$ ммк кузатилади. Бу бутадиендаги валент электронларнинг $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишларини таъминлаш учун этиленга нисбатан камроқ, энергия сарфланади, яъни ўтиш осонлик билан юз беради. Ўтишларни осонлаштирувчи омил бутадиендаги мезомер структуралар деб ҳисобланади. Мезомер структуралар ($\text{CH}_2^+ \sim \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2^- - \text{CH}=\text{CH}^+ - \text{CH}_2$) молекуланинг диполь моментини оширгани учун ўтишлар энгил бўлади.

Юқорида кўрганимиздек, иккита омил мумкин бўлган ўтишлар сонини анча чеклайди. Бу эса, ўз новбатида, спектрларнинг оддий бўлишини (унда чизиқларнинг камлигини), уларни интерпретация қилиш қулайлигини таъминлайди. Тўйинган бирикмаларда радикал занжирнинг ортиши туфайли вужудга келадиган батохром силжишни ҳам худди шундай тушунтириш мумкин. Занжир узайиши билан $\sigma-\sigma$ оралатма боғланиш эффекти (гиперконъюгация) ортади. Оқибатда нефт ва газ маҳсулотларидан олинган тўйинган органик бирикма-ларда бутадиендагига ўхшаб мезомер структуралар ҳосил бўлади, улар эса ўтишларни осонлаштиради. Шундай қилиб, тақиқланмаган ва тақиқланган ўтишлар бўлиши мумкин экан. Тақиқланмаган ўтишларда ютилиш чизиқлари жуда жадаллик, тақиқланган ўтишларда эса кучли бўлади. $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишлар тақиқланган деб қаралади. Натижада уларга мувофиқ, келадиган чизиқлар ҳам кам жадалликликка эга.

$\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишлар тақиқланмаган ва жадалликлиги жуда юқори. Ютилиш максимумлари $\lambda_{\text{макс}}$ га жуда кўп омиллар таъсир қилади. Бу омилларга эритувчи, молекула ичидаги водород боғлар, стерео омиллар ва изомериялар киради. 2-жадвалда $\pi \rightarrow \pi^*$ ўтишлар (R) га турли эритувчиларнинг таъсири келтирилган.

2- жадвал

	Гептан	Хлороформ	Ацетонитрил	Этил спирт	Сув
Ацетон	276,5	274,5	274	270	264,5

Нитрометан	275	274,5	273	272	268,5
Диэтилнирозамин	358	–	–	350	338
Симм-триазин	272	–	268	267	260
Этиленритиокарбонат	467	457	453	451	424

УБ-спектроскопиядан турли мақсадларда фойдаланиш мумкин. Шулардан баъзиларини кўриб чиқамиз.

1. Маълум ва номаълум моддаларнинг УБ-спектрини бир хил шароитда олиб, айна моддаларнинг бир хил ёки бир хил эмаслиги исботлаш мумкин.

2. Молекула ичида водород боғланишлар боғ ёки йўқлигини аниқлашда УБ-спектрлардан фойдаланилади. Агар водород боғлар мавжуд бўлса, батохром силжиш кузатилади.

3. Янги модда 200-800 ммк соҳада нур ютса (тиник, бўлмаса), демак у алкан алканол алифатик амин ва эфирлар синфига мансуб бўлмайди. У ҳолда янги модда бошқа синф бирикмаси бўлади.

4. УБ-спектроскопиядан фойдаланиб, диалмашинган бензол ҳосилаларидаги ўринбосарларнинг жойланиш тартибини аниқлаш мумкин.

5. Цис-, транс-изомерларни фарқ қилишда УБ-спектрлар ёрдам беради. Транс-изомер одатда цис-изомерга нисбатан нурни кўпроқ, ютади ҳамда ютилиш чизиқси тўлқин узунлиги катта соҳа томон силжиган. Шундай қилиб, УБ-спектроскопия функционал гуруҳларнинг ўзаро муносабатини, жумладан, $-C=C-$, $C=C-$, $-C\equiv C-C\equiv C-$, $C=C-\overset{\curvearrowright}{C}=O$, $C=C-\overset{\curvearrowright}{Ar}$ ва бошқа оралатма боғланишларини ўрганади.

Мавзунини мустахкамлаш учун назорат саволлар

1. Ультрабинафша спектроскопия ҳақида тушунча беринг?
2. Органик бирикмаларни тузилиши ультрабинафша спектроскопия ёрдамида қандай аниқланади?
3. Ультрабинафша спектроскопияда электрон ўтишларни тушунтиринг?
4. Кўп атомли органик бирикмаларнинг спектрлари ҳақида изоҳ беринг?.
5. Цис-транс изомерларни фарқ қилинишда УФ-спектрлаш ёрдам берадими?
6. Электрон спектроскопияда жами ўтишлар нечта гуруҳга ажратилади?
7. Маълум ва номаълум моддаларнинг УФ-спектрини бир хил шароитда олиб айна моддаларнинг бир хил ёки бир хил эмаслиги исботлаш мумкинми?
8. УФ-спектроскопиядан фойдаланиб молекулани айланма ва тебранма, кўзгалган ҳолатга ўтказиш учун қилиш керак?
9. УФ-спектроскопиядан фойдаланиб, диалмашинган бензол ҳосилаларидаги ўринбосарларнинг жойланиш тартибини қандай аниқланади?

5- МАЪРУЗА

Инфрақизил (ИК)-спектроскопия таҳлил усули

Режа:

- 1. Молекулада атомлар ўзаро кимёвий боғланган ва доимий тебранма ҳаракатда бўлиши**
- 2. Нур энергияси таъсирида молекула ўтиши.**
- 3. Валент тебранишлар.**

Таянч сўзлар: Гук қонуни, тебранма энергияси, электромагнит нур, тебранма ҳаракат, валент тебранишлар, деформацион тебранишлар

Бу усул моддаларнинг кимёвий тузилишини ва таркибий қисмининг қандай функционал гуруҳлардан ташкил топганлигини аниқлашга ёрдам беради, бу усулда таҳлил учун жуда оз миқдорда модда сарфланиши ва таҳлилнинг тез бажарилиши, яққоллиги билан бошқа усуллардан афзал туради.

Ҳар қандай бирикманинг ўзига хос инфрақизил спектри бўлгани учун бу спектр шу бирикманинг паспорти ҳам дейилади.

Ҳар бир молекулада атомлар ўзаро кимёвий боғланган ва доимий тебранма ҳаракатда бўлади. Масалан, модда x ва y атомлардан тузилган бўлса, уларнинг тебраниши пружинасимон қисқариш ёки чўзилиш йўналишида бўлади. Бу атомларнинг тебраниши математик жиҳатдан Гук қонунига асосан қуйидаги формула бўйича топилади:

$$\nu = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{f}{\mu}} \quad (13)$$

ν – тўлқин сон (яъни 1 см узунликка тўғри келадиган тўлқинлар сони);

C – ёруғлик тезлиги;

f – боғланишларнинг константаси (доимийси);

μ – келтирилган масса.

Келтирилган масса қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\mu = \frac{m_x \cdot m_y}{m_x + m_y} \quad (14)$$

m_x ва m_y - x ва y атомларнинг массаси.

Бунда $f = 4\pi^2 c^2 \mu \nu^2$; агар барча константаларнинг сон қийматларини қўйсак, $f = 0,06 \mu \nu^2$ тенгламага эга бўламиз. Мисол тариқасида JCl бирикмаси учун f ни ҳисоблаб чиқайлик. Текшириш кўрсатишича JCl учун $\nu = 318 \text{ см}^{-1}$

μ ни $\mu = \frac{m_x \cdot m_y}{m_x + m_y}$ асосида топамиз:

$$\mu = \frac{127 \cdot 36}{127 + 36} \cong 30 \quad (15)$$

Сўнгра $f = 0,06 \mu \nu^2$ асосида f ни ҳисоблаймиз:

$$f = 0,06 \cdot 30 \cdot 384^2 = 2,4 \cdot 10^5 \frac{\text{дин}}{\text{см}}$$

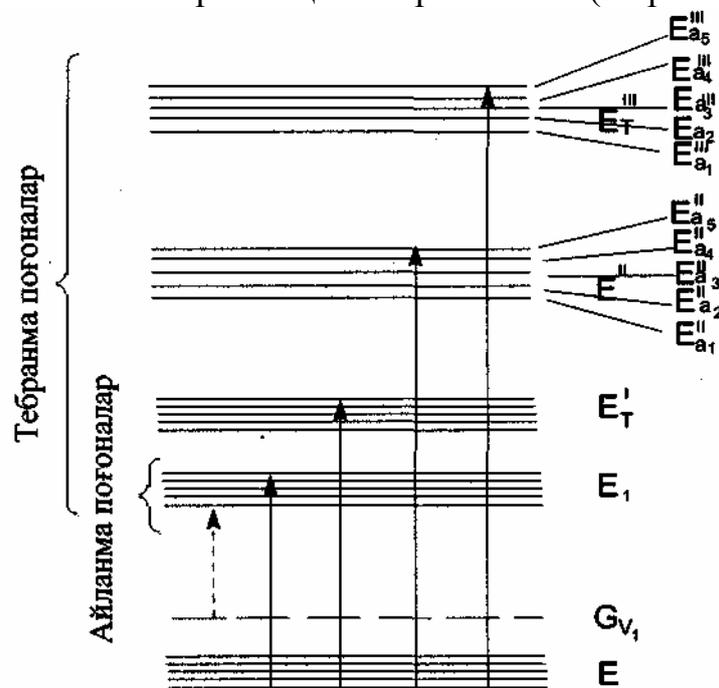
Энди CO учун f ни топайлик. CO учун $\nu = 2170,2 \text{ см}^{-1}$

$$\mu = \frac{12 \cdot 16}{12 + 16} = \frac{192}{28} = 6,86 \quad (16)$$

$$f = 0,06 \cdot 6,86 \cdot 2170,2^{-2} = 61,6 \cdot 10^5 \frac{\text{дин}}{\text{см}} \quad (17)$$

Бинобарин, *JCI* боғланиши СО боғланишига қараганда тахминан ўттиз марта бўшдир.

Моддага электромагнит нур таъсир этирилганда модда «*ҳаяжонланган*» ҳолатга ўтиши маълум (чунки, молекуланинг энергияси ортади) Одатда модда оптик спектр соҳасига мувофиқ, келадиган энергия ютса, унинг айланма, тебранма ва валент электронлари энергияси ортади. Айланма энергия молекуланинг айланма ҳаракатидан вужудга келади. Тебранма энергия молекуладаги атомларининг бир-бирига нисбатан тебранишидан ҳосил бўлади. Шунини унутмаслик керакки, молекула ва ундаги атомларнинг айланма-тебранма ҳаракатлари одатдаги шароитда ҳам мавжуд бўлиб, бу айланма-тебранма ҳаракат одатий ҳолатдаги ҳаракат, унга мос келадиган энергия нормал айланма ва тебранма ҳаракат дейилади. Молекулага нур энергияси берилса, унинг айланма ва тебранма ҳаракати кўпаяди, мувофиқ, равишда энергияси ҳам ортади. Берилган энергияга ҳамда модда табиатига қараб айланма ва тебранма ҳаракат кучайиш камроқ ёки кўпроқ бўлиши мумкин. Бунда молекула одатдаги тебранма (ёки айланма) энергияси ҳолатдан «*ҳаяжонланган*» тебранма (ёки айланма) энергияси ҳолатга (ёки поғонага) ўтади. Молекулада айланма ва тебранма энергия поғоналари бир нечта деб қаралади. Бошқача айтганда, нур энергияси таъсирида молекула ўтиши мумкин бўлган айланма ва тебранма ҳолатлар анчагина (12-расм).



Расм-12. Молекуладаги энергиянинг айланма, тебранма ва электрон поғоналари.

Молекуланинг айланма энергиясини ошириш учун анча кичик энергия етарли (бу расмдан кўриниб турибди). Бу энергия оптик спектрнинг узоқ инфрақизил (яъни тўлқин узунлиги катта бўлган) нурлар соҳасига мувофиқ келади. Молекуланинг

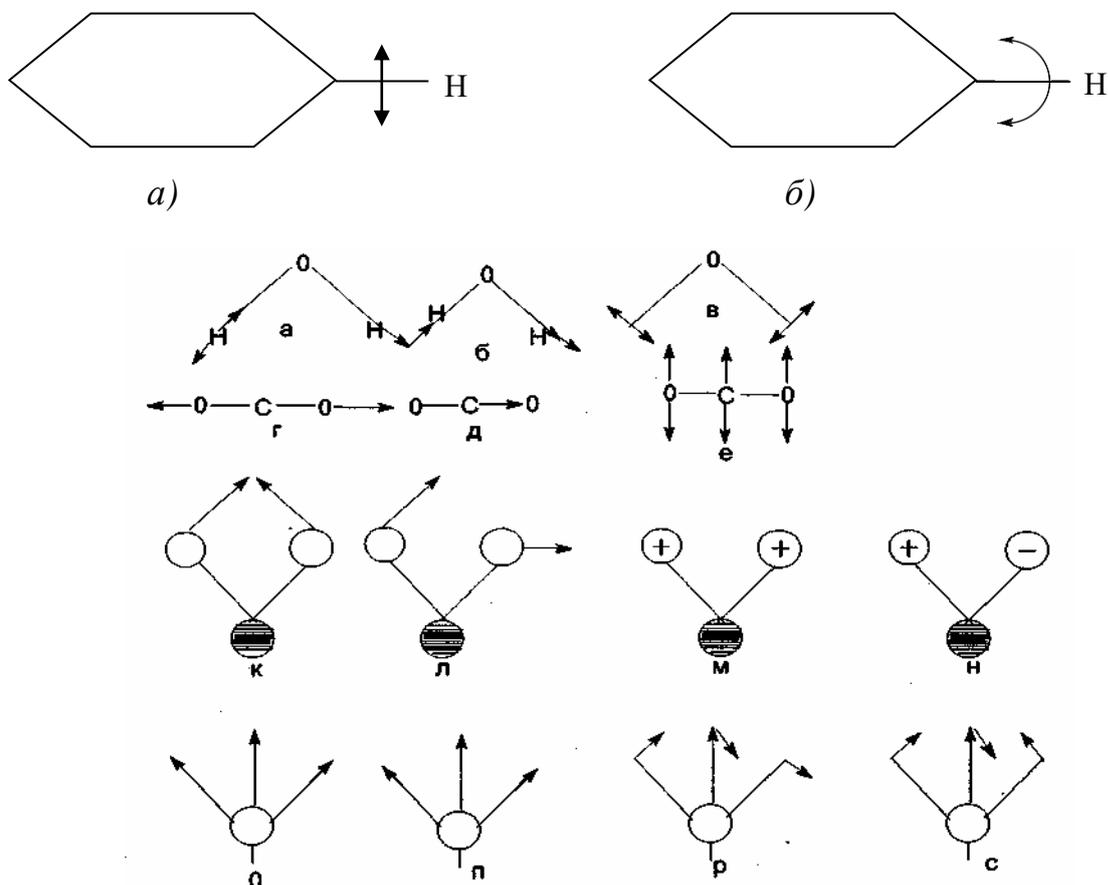
айланма спектрлари унча аҳамиятли эмас. Молекуланинг тебранма энергиясини ошириш мақсадида (уни энергияси кўпроқ бўлган тебранма поғонага ўтказиш учун) унга яқин инфрақизил соҳада ётувчи (яъни тўлқин узунлиги қисқа бўлган) нур туширилади. Шунини эслатиб ўтамизки, тебраниш натижасида молекуланинг диполь momenti даврий ўзгариб турсагина молекула спектрнинг ИҚ-соҳасида нур ютади. Валент электронларини ҳаяжонланган, ҳолатга ўтказиш учун оптик спектрнинг тўлқин узунлиги яна кам кичик бўлган кўзга кўринадиган ва ультрабинафша соҳасида ётувчи нурлардан фойдаланилади.

Молекуланинг тебраниши иккита катта гуруҳга ажратилади:

1. Валент тебранишлар.

2. Деформацион тебранишлар.

Агар молекула n -таси атомдан ташқил топган бўлса, у $3n-6$ та асосий тебранишга эга бўлади. Шундан $n-1$ таси валент, яъни боғлар ўқлари бўйлаб (боғлар чўзилиб ва қисқариб) бўладиган тебранишлардир. Баъзан обертонлар ҳисобига молекула тебранишлари $3n - 6$ дан кўп ҳам бўлиши мумкин.



Расм. 13 Сув (а -б) ва карбонат ангидрид (г-е) молекулалари ҳамда CH_2 (к-н), CH_3 (о-с) асосий тебранишлари, г-молекула диполь momenti ўзгармасдан бўладиган тебранишлар; а, п, с ва г- симметрии тебраниш; б, о ва р, д - антисимметрик тебранишлар; в,е, к, н -деформацион тебранишлар.

Деформацион тебранишлар валент бурчаклар ўзгариши билан содир бўлади. Икки атомли молекулада фақат валент тебранишларгина мавжуд бўлиши ўзидан-ўзи тушунарли. Деформацион тебранишлар бирта текисликда ётмайдиган, елпиғичсимон, маятниксимон, айланма ҳамда қайчисимон бўлади. Масалан, бензол молекуласида C—H боғларнинг деформацион тебранишлари ясси (а) ва яссимас

(б) бўлиши мумкин; *a* да C—H боғ молекула текислигида тебранса, *b* да тебраниш бу текисликка перпендикуляр йўналишда (текисликда) содир бўлади. 13-расмда асосий тебранишларга мисоллар келтирилган. Бундан ташқари, яна скелет ва гуруҳлар тебранишлари ҳам фарқ қилади. Скелет тебранишлар муайян; органик синф бирикмалари асосидаги скелетлар тебранишлари ҳисобланиб, улар спектрда 800-1500см⁻¹ соҳада максимумга эга. Скелет тебранишлар яхлит молекула учун хос.

Нефт маҳсулотларидан олинган органик моддалар молекуласи спектрининг бу қисми жуда мураккаб бўлиб, бу соҳадаги ютилиш (ёки ютилмаган қисм) максимумларини у ёки бу атомлар ва атом гуруҳларига хос деб хулоса чиқариб бўлмайди. Лекин бу соҳа яхлит молекулага хос бўлгани учун ундан фойдаланиб, янги модда илгаридан маълум бўлган бирор модда билан бир хил ёки ҳар хиллигини аниқлаш мумкин. Бунинг учун янги модда ва маълум модданинг спектрлари 800-1500 см⁻¹ соҳада бир-бирига таққосланади. Спектрлар айнан бир хил бўлса, ҳар иккала модда эканлиги исботланган бўлади.

Юқоридагиларга асосан ИҚ-спектрдаги 800- 1500 см⁻¹ оралик, «бармоқлар излари соҳаси» ёки дактилоскопчўкки соҳа деб аталади.

Гуруҳлар тебранишлари ИҚ-спектрда 1500 см⁻¹ ва ундан юқори (жуда кам ҳолларда 1500 см⁻¹ дан кичик) соҳаларда кузатилади. Гуруҳлар тебранишлари алоҳида гуруҳлар (ОН, NH, C=O, S-H, C-H ва ҳоказо) учун хосдир. Муайян гуруҳ қайси бирикмада бўлишидан катъий назар, (масалан, C=O гуруҳ альдегидлар, кетонлар, карбон кислоталарда бўлиши мумкин) шу гуруҳ ютадиган нур частотаси деярли ўзгармайди. Бошқача айтганда, турли моддалар спектрларида айни гуруҳ учун бир хил тўлқин сони мувофиқ, келади. Масалан, C=O гуруҳнинг валент тебранишлари -1700 см⁻¹, ОН ники 3550-3650 см⁻¹, C=N ники -2250 см⁻¹ да кузатилади. Шунга кўра гуруҳлар тебранишлари кўпинча тавсифий частоталар ҳам дейилади. Тавсифий частоталар номаълум модда молекуласида у ёки бу гуруҳларнинг мавжудлигини, шунингдек, номаълум модда молекуласининг тузилишини аниқлашга имкон беради.

Турли органик синф бирикмаларининг характеристик частоталари

3-жадвал

Гуруҳ	Тебраниш тури	Боғланиш тури	$\nu_{\text{макс}}$, см ⁻¹	Соҳанинг жадалликлиги
C,H —C≡CH	$\left\{ \begin{array}{l} \nu(\text{CH}) \\ \nu(\text{C}\equiv\text{H}) \\ \sigma(\text{CH}) \end{array} \right.$	Алкин « « Алкан	3320 2120 630 2930	Кучли, кескин Кучли
$\begin{array}{c} > \text{C} < \\ & \text{H} \\ & \text{H} \end{array}$	$\left\{ \begin{array}{l} \nu(\text{CH}) \\ \text{антисимм.} \\ \nu(\text{CH})_{\text{симм.}} \end{array} \right.$	« «	2855 1465 1380 968	Ўзгарувчан
$\begin{array}{c} & \text{H} \\ & \\ - \text{C} & & \text{H} \\ & \\ & \text{H} \end{array}$	$\nu(\text{CH})_{\text{симм.}}$			
$\begin{array}{c} \text{H} & & & \\ & \diagdown & / & \\ & \text{C} = \text{C} & & \\ & / & \diagdown & \\ & \text{H} & & \text{H} \end{array}$		Алкен (транс)	3620	Ўзгарувчан,

	$\nu(\text{CH})$		3610	Кескин
		Спирт	1200	
		Фенол	1730	
C, H, O				
>C-O-H	$\nu(\text{OH})$	Эфир ёки		
		Лактон		Кучли
$-\text{CO}-\text{O}-$	$\begin{cases} \nu(\text{C-O}) \\ \nu(\text{C=O}) \end{cases}$			
>C=O	$\nu(\text{CO})$		1700	
$-\text{COO}^-$	$\nu(\text{COO}^-)$	Алдегид ёки кетон	1580	
C, H, N				
>N-H	$\nu(\text{NH})$	Диалкиламин	3430	
		Диариламин	3450	
		Пиррол	3490	
$-\text{C}\equiv\text{N}$	$\nu(\text{CN})$	Алкилцианид	2250	
		Арилцианид	2225	
$-\text{N}=\text{C}=\text{N}-$	$\nu(\text{NCN})$	Карбодинмид	2135	
C, H, O, N				
$-\text{CO}-\text{NH}-$	$\nu(\text{CO})$	Амид	1645	
	$\delta(\text{NH})$		1560	
$-\text{N}=\text{C}=\text{O}$	$\nu(\text{NCH})$		2270	
C, H, O, S				
>S=O	$\nu(\text{SO})$		1065	

Шу ўринда оддий C—C боғларнинг тебранишлари тавсифий эмаслигини, яъни бир молекуладан иккинчисига ўтганида ўзгариб туришини эслатиб ўтамыз.

Кўшбоғлар (C=C, C=O, N=O) ва учбоғлар (C-C) нинг тебранишлари характеристик ҳисобланади ва кўшбоғдан учбоғга ўтилган сари ютилиш частоталари камайиб (тўлқин узунлиги ортиб) боради.

Тебранишлар частотаси молекуладаги бир-бирига нисбатан тебранаётган атомдан ёки гуруҳлар ўртасидаги боғнинг мустаҳкамлигига, шунингдек, шу атом ва гуруҳларнинг массасига боғлиқ енгил водород атоми тутувчи C-H, N-H, O-H каби гуруҳларнинг тебранишларига мувофиқ келадиган максимумлар нисбатан юқори частотали соҳа ($3600-2800 \text{ см}^{-1}$) да жойлашган. Агар водород атомлари радикал ёки галоген билан алмаштирилса, ютилиш максимуми қисқа частотали (тўлқин узунлиги катта бўлган) соҳа томон силжийди.

Бундан ташқари, тебранишлар частотаси жуда кўп омилларга муайян гуруҳ қандай атом билан боғланганлигига (яъни шу гуруҳни нималар ўраб олганлигига),

молекула ичидаги ва молекулалар орасидаги ўзаро таъсир кучларига, айна гуруҳ бошқа атом ва гуруҳлар билан водород боғланиш ҳосил қилиш - қилмаслигига боғлиқ.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. УФ-спектроскопиядан фойдаланиб синглет ва триплет ўтишлар ҳақида тушунча беринг?
2. Молекулаларнинг тебранишлари ҳақида тушунча беринг?
3. Молекуладаги энергиянинг айланма, тебранма ва электрон поғоналари ҳақида тушунча беринг?
4. Валант тебраниш нимани англатади?
5. ИҚ спектроскопиядан фойдаланиб қандай моддаларнинг сифат ва миқдори ўрганилади?

6- МАЪРУЗА

Инфрақизил спектроскопия усулида нефт ва газдан олинган органик моддаларнинг тузилишини ўрганиш

Режа:

1. Нефтдан ёки газдан ажратиб олинган номаълум модданинг ИҚ спектрини маълум модда спектри билан таққослаш.
2. Изомерларнинг спектрини эталон намуна билан таққослаш.

Таянч сўзлар: ИҚ-спектроскопия, тип боғлари, нефт ва газ, органик моддалар молекулаларнинг конфигурацияси.

Инфрақизил спектроскопиядан фойдаланиб, нефт ва газ маҳсулотлари таркибидаги моддалар тузилишини аниқлаш учун қуйидагиларни амалга ошириш мумкин.

Биринчидан: Нефтдан ёки газдан ажратиб олинган номаълум модданинг ИҚ-спектрини маълум модда спектри билан таққослаб, уларнинг бир хиллигини исботлаш, агар спектрлар бир хил бўлмаса-ю, ҳар иккала модданинг кўпгина хусусиятлари бир-бирига яқин бўлса, бу янги модда етарли даражада тозаланмаганлигини кўрсатади. Шундай қилиб, ИҚ-спектроскопия моддаларининг тозалик даражасини аниқлашга ҳам имкон беради.

Иккинчидан: Турли тип боғлари бўлган изомерлари ИҚ-спектроскопиядан фойдаланиб осонгина аниқлаш мумкин, Масалан C_2H_6O формулага икки модда: этил спирт ва диметил эфир мувофиқ, келади. Этил спиртда $O-H$ боғ, диметил-эфирда эса $C-O$ бор мавжуд. Шунингдек спирт спектрида $O-H$, диметил эфирда эса $C-O$ боғнинг ютилиш максимуми кузатилади. Изомерларни билиб олишга доир яна бир мисол келтирамиз.

Нефтдан олинган ароматик моддаларни ароматик ҳалқалардаги $C-H$ боғларнинг ясси бўлмаган тебранишлари $700-800\text{ см}^{-1}$ соҳада кузатилади. Орто-диалмашинган

бензол ҳосилаларида эса бу соҳа 735-770 см^{-1} га мувофиқ келади. Мета- ва парадиалмашинган ҳосилалар мувофиқ, равишда 750 – 810 см^{-1} , 800-860 см^{-1} соҳаларда максимумларга эга. Кўриниб турибдики, диалмашилган бензол ҳосиласининг ИҚ-спектрини олиш билан унинг қайси изомер эканлиги тўғрисида хулоса чиқариш мумкин. Изомерларнинг спектрини эталон намуна билан таққослаб кўриб, аралашмадаги ҳар хил изомернинг нисбий миқдорини, ҳам аниқласа бўлади.

Учинчидан. Номаълум модда молекуласида қандай гуруҳлар борлиги ёки бирор молекулада реакция натижасида қандай боғлар ҳосил бўлгани (ёки йўқолгани) ИҚ-спектрда шу боғларнинг ютилиши максимумини кузатиш билан аниқланади. Масалан, N-H гуруҳ метилланса ёки ацетилланса реакция маҳсулоти спектрида N-H нинг ютилиш максимуми йўқолиб, ўрнига N-метил ва N-ацетил гуруҳларининг тавсифий частоталари пайдо бўлади. Бундан ташқари, ИҚ-спектрлардан фойдаланиб, фақат муайян гуруҳ тўғрисида эмас, балки унинг ён гуруҳлари тўғрисида ҳам маълумот олиш мумкин. Айни гуруҳнинг максимуми уни қандай атом ва гуруҳлар ўраб турганлигига қараб бир оз ўзгаради. Масалан, тўйинган альдегид ва кетонларда карбонил гуруҳ 1705-1725 см^{-1} да максимумга эга бўлса, карбонил электроноакцептор (F, Cl, C=N, > C=O) гуруҳлар билан бевосита туташ бўлган ҳоллар (α -галоид ёғ кетонлар ҳамда α -декотонлар)да ютилиш нисбатан юқори частотали соҳа (мувофиқ, равишда 1725-1745 см^{-1} , 1710-1730 см^{-1}) да кузатилади. Аксинча, карбонил электронодонор гуруҳлар (ароматик ҳалқа ёки қўшбоғ) билан боғланган ҳолларда эса, ютилиш 20-40 см^{-1} кам частотали томон силжийди.

Тўртинчидан: Қайтар органик реакцияларни сифат ва миқдорий жиҳатдан ўрганишда ИҚ-спектроскопиядан фойдаланилади. Бунинг учун спектрдаги ютилиш жадалликлиги алоҳида компонентларнинг ютилиш жадалликлиги билан таққосланади.

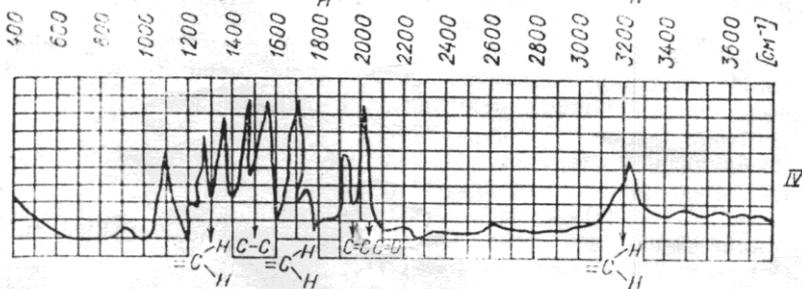
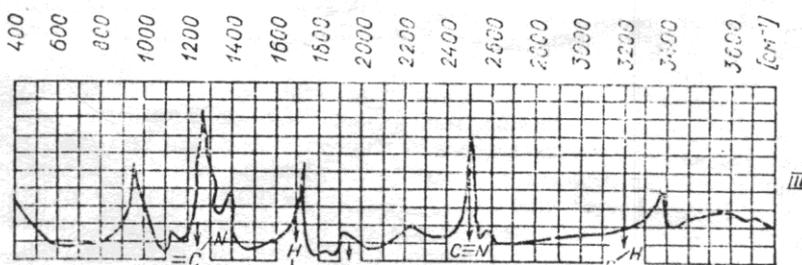
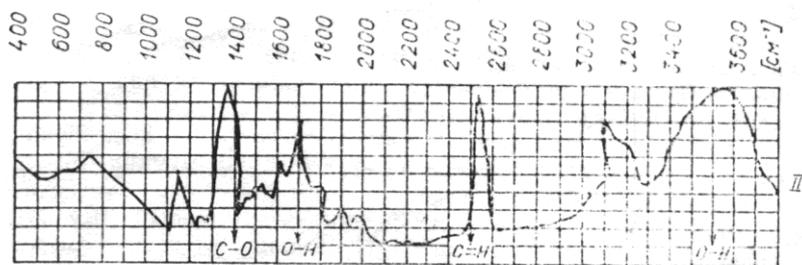
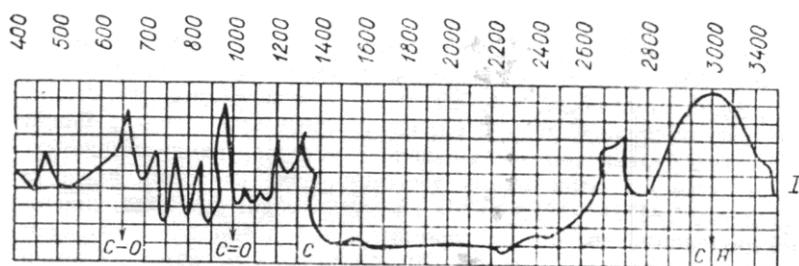
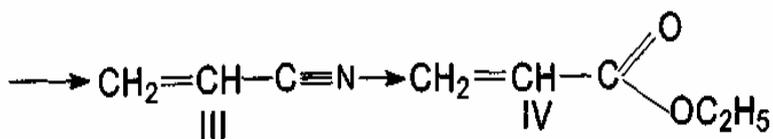
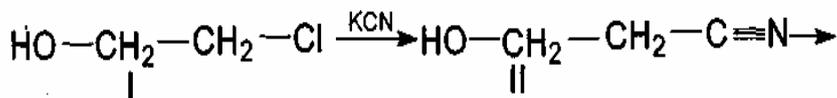
Бешинчидан: ИҚ-спектроскопиядан фойдаланиб, молекуланинг конфигурацияси ва конформацияси тўғрисида хулоса чиқариш мумкин. Масалан, тебранганда C=C боғнинг узайиши симметрик этилен углеводородларда молекула-нинг диполь моментини ўзгартрмайди. Шу туфайли транс-изомернинг спектрида C-C боғнинг ютиш максимуми бўлмайдди, цис-изомерда эса мавжуд.

Циклогексаннинг конформациясини ИҚ-спектрлардан фойдаланиб аниқлаш мумкин. Экваториал C-X боғ аксиал боғга нисбатан 10-50 см^{-1} га катта.

Олтинчидан: ИҚ-спектроскопия тадқиқига яна бир мисол келтирамиз. Гидроксил гуруҳнинг ютилиш максимуми 3500-3650 см^{-1} да кузатилади. Гидроксил гуруҳ водород боғланиш ҳосил қилган ҳолларда ютилиш қисқа частотали соҳа томон силжийди ва ютилиш майдони кенгаяди. Водород боғланиши қанча мустакам бўлса, силжиш шунча кучли бўлади. 3500-3650 см^{-1} даги энсиз ютилиш максимуми одатда боғланишсиз эркин гидроксил гуруҳ учун хосдир. Агар водород боғланиш жуда мустаҳкам бўлса (масалан, хелат бирикмалар) силжиш 2500-3200 см^{-1} гача бўлиши мумкин.

Еттинчидан: Бир неча босқичда борадиган кимёвий реакцияларнинг йўналишини ИҚ-спектрлари ёрдамида назорат қилиб туриш мумкин. Буни акрил кислота эфирининг синтези мисолида кўриб чикамиз. Дастлабки модда сифатида этиленхлоргидрин, яъни 2-хлорэтанол (1) олинади. 2-хлорэтанолнинг ИҚ-спектрида

молекуланинг скелет тебранишлари (бармоқлар излари соҳаси) дан ташқари C–H, боғланган O–H (3360 см⁻¹), C–O (1080см⁻¹), C–Cl (663 см⁻¹) боғларнинг валент, шунингдек, O–H боғнинг деформацион (1393 см⁻¹ тебранишлари кузатилади (14-расм, 1) 2-хлорэтанолга калий цианид таъсир эттирилганда β-оксипропионитрил (II) ҳосил бўлади:



14- расм. 2-хлорэтанол (1), β-оксипропилнитрил(2) , акрилонитрил (3) ва этилакрилат (4) нинг ИҚ-спектрлари.

β -оксипропионитрилининг ИҚ-спектрида гидроксил гуруҳи максимуми сақланиб

қолган ҳолда, C–Cl боғ тебранишларига мувофиқ, келадиган майдон (663 см^{-1}) йўқолиб, ўрнига 2252 см^{-1} да C=N гуруҳи учун хос максимум ҳосил бўлади (14-расм, 2). β -оксипропионитрил дегидратланганда ҳосил бўладиган акрилонитрил (3-спектри OH гуруҳ максимумининг йўқолиши ва янгидан $\text{CH}_2=\text{CH}$ (1620 см^{-1} , C=C гуруҳининг валент тебранишлари), C–H (3038 ва 3070 см^{-1} тўйинмаган бирикмалардаги C–H нинг валент тебранишлари), C–H (980 ва 1420 см^{-1} винил гуруҳи ёнидаги C–H нинг деформацион тебранишларнинг вужудга келиши билан тавсифланади (14-расм, 3).

C \equiv N гуруҳининг валент тебранишлари эса C=C гуруҳ билан туташгани учун тўлқин узунлиги қисқа бўлган соҳа томон (2230 см^{-1}) силжиган. Акрил кислота алкоголиз қилинганда унинг этил эфири (4)-ҳосил бўлади. Эфирнинг ИҚ-спектрида мураккаб эфир гуруҳ (1735 см^{-1}) C=O нинг ҳамда (1205 см^{-1}) C—O нинг валент тебранишлари кузатилади. 2230 см^{-1} даги максимум (C \equiv N); йўқолганда винил гуруҳига мос келадиган максимумлар сақланиб қолган (14-расм, 4).

Юқоридаги мисоллардан кўриниб турибдики, реакциянинг мақсадга мувофиқ йўналишда бораётганлигини ёки йўқлигини аниқлашда ИҚ-спектроскопиянинг аҳамияти катта.

7- МАЪРУЗА.

Ядро магнит резонанси (ЯМР) усулининг назарий асослари

Режа:

- 1. Ядро спин квант сони билан таснифланиши, ядро мусбат заряднинг тақсимланиши.**
- 2. Моддаларнинг ядроманит резонанс усулида текшириш.**
- 3. Спинни заррачанинг ўз ўқи атрофида ҳаракат қилиш.**

Таянч сўзлар: магнит майдони, ядро спин квант, ЯМР, нуклонлар, нурланиш, генератор, органик моддалар, энергетик погоналар, майдон кучланиши

Ядро магнит резонанс усулини 1946 йилда Парселл ва Блох бир-биридан хабарсиз ҳолда яратдилар ва шундан сўнг кимё фанида қўллана бошлади. Маълумки, ҳар қайси ядро спин квант сони бир билан тавсифланади ва бу спинлар $0, 1/2, 1, 3/2, 2, \dots$ қийматга эга бўлади. Агар ядро нуклонлар сони жуфт бўлса – (C^{12} , O^{16}) умумий спин квант сони нолга тенг бўлади. Агар уларнинг сони тоқ бўлса (F^{19} , C^{13}) умумий спин квант сони $+\frac{1}{2}$ ёки $-\frac{1}{2}$ қийматга эга бўлади. Умумий спин квант сони 0 нолга тенг бўлган ядро магнит майдонида бир энергетик ҳолатда бўлади ($2 \cdot 0 + 1$). Бундай ядролар ЯМР-спектроскопия учун объект бўла олмайди. Ядронинг спини $\frac{1}{2}$ (H^1 , C^{13} , F^{19} , P^{31}) бўлса, ядро ташқи магнит майдонида 2 та энергетик ҳолатда туради.

Шунга қараб ядро мусбат заряд ҳам турлича тақсимланади. Зарядли ядро ўз ўқида айланганда магнит моментига эга бўлади. Бундай ядроларнинг

хоссаларини ЯМР усулида текшириш мумкин. Ядрога радио нурланиш берилганда энергия ютилиб, бир магнит-энергия даражадан иккинчи магнит-энергия даражага ўтади. Бор қондасига асосан биринчи ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш учун:

$$\Delta E = h\nu = M \cdot g \cdot H \quad (17)$$

энергия талаб қилинади. Бу ерда H-майдон кучланиши M-Бор магнетони, g-ажралишнинг спектроскопик омили.

Шундай қилиб, моддаларни ядромагнит резонанс усулида текширишда текширалаётган моддага кучли магнит майдонига тик равишда клистрон (генератор) ёрдамида маълум такрорликда радио тўлқин берилади. Юқоридаги тенгламага мувофиқ,

$$\nu = \frac{M \cdot gH}{h} \quad (18)$$

H-нинг маълум қийматида тенгламанинг ўнг тамони ν га тенг бўлади, яъни тенглама шarti бажарилади. Бунда магнитланган модда томонидан радиотўлқин (энергия) ютилади. Бу ҳол шкалада максимумлар шаклида намоён бўлади. Шкала τ бирлигида белгиланиб, 1 дан то 10 гача бўлинган бўлади. Шкаланинг узунлиги майдон деб ҳисобланса, 1 дан то 5 гача бўлган масофа кучсиз ва 5 дан 10 гача бўлган масофа кучли майдон деб юритилади. Кучсиз майдонда гидроксил - OH, карбоксил - COOH, альдегид R-COOH, бензол C₆H₆, сув H₂O даги протонлар акс этади. Кучли майдонда эса метин - CH, метилен - CH₂ ва метил CH₃ протонлари акс этади. Шу билан бирга протонларга молекуладаги қўшни протонлар ва бошқа функционал гуруҳлар таъсир этади, натижада шкалада протонларнинг кўриниши ҳар хил бўлади. Масалан ажратилган метил гуруҳ бўлса, унинг учта протони шкалада битта чўққили уч протонга тенг бўлган синглетга эга бўлади. Агар метил гуруҳнинг ёнидаги углеродда битта протон бўлса унинг таъсирида иккита чўққили уч протонга уч протонга тенг бўлган дублет ҳосил бўлади. Шундай қилиб, ЯМР усули молекуладаги водород атомларининг сонини ва қандай ҳолатда жойлашганлигини яққол кўрсатиб, бирикманинг тузилишини аниқлашда катта ёрдам беради.

Ҳар қандай микрозаррача (электрон, протон, нейтрон ва ҳоказо) спинга эга. Спинни заррачанинг ўз ўқи атрофида ҳаракат қилиши деб қараш мумкин. Жуфт сонли масса ва зарядга эга ядролар $^{12}_6C$, $^{16}_8O$ учун спин квант сони (J) нолга тенг. Жуфт сондаги массага ва тоқ сондаги зарядга эга бўлган ядро ($^{14}_7N$), 2_1H (дейтерий) лар сонига эга бўлиб J = 1 дир. Тоқ масса ва тоқ заряди ядроларнинг спини каср сонларга мувофиқ келади. Масалан,

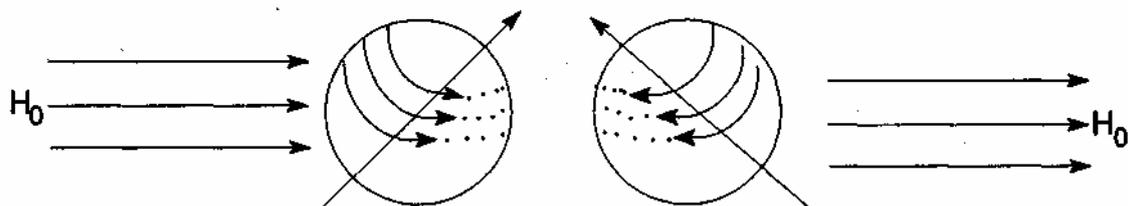
$$J = \frac{1}{2} ({}^1_1H, {}^{19}F, {}^{13}C, {}^{31}P); \quad J = \frac{3}{2} ({}^{11}B, {}^{35}Cl, {}^{79}Br, {}^{81}Br);$$

$$J = \frac{5}{2} ({}^7O, {}^{127}I)$$

Булардан ядро магнит резонанси (ЯМР)-спектроскопия учун энг аҳамиятлиси 1_1H (протон)дир, чунки барча неф ва газдан олинган органик моддалар ўз таркибида водород тутати. Водород атоми ядроси (протон) заряди бўлгани учун ўз ўқи атрофида ҳаракат қилганда магнит майдони ҳосил қилади.

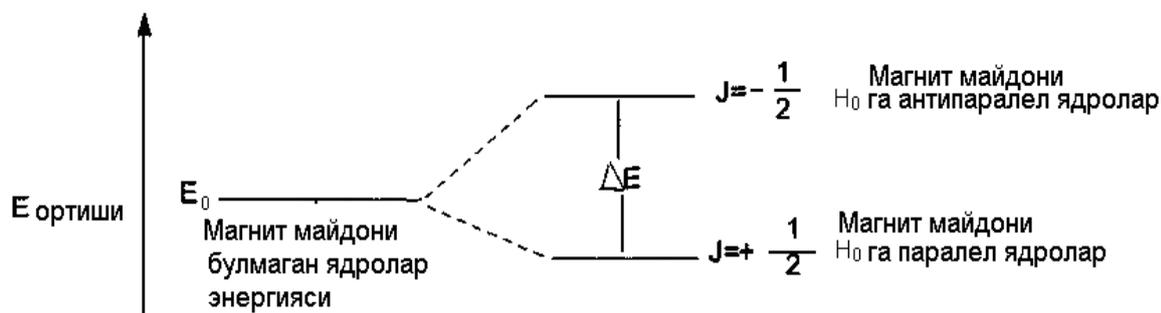
Маълумки, бу ҳаракатланаётган ҳар қандай зарядли заррача учун ҳосил. Масалан, ўтказгич бўйлаб электр токи (ионлар ва электронлар) ўтганда унинг атрофида магнит майдони (соленоид) ҳосил бўлади. Шундай экан, протонни ўз майдонига эга бўлган «митти» магнит дейиш мумкин. Спинга эга бўлган бирор заррача кучланганлиги H_0 бўлган магнит майдонига киритилса, ўзаро таъсирлашиш натижасида заррача муайян ҳолатларни олади. Бу ҳолатлар спин квант сони J билан боғланишда бўлади. Масалан,

$J = \frac{1}{2}$ бўлган протон учун $2 \cdot \frac{1}{2}$ бўлади, протон магнит майдонида икки ҳолатда бўлиши мумкин. Бошқача айтганда, протон ҳосил қиладиган магнит майдонининг куч чизикдари ташқи майдон (H_0) куч чизикдари билан бир томонга қараб ё унга қарама-қарши йўналган бўлиши мумкин. (15- расм)



15-расм Ядро спинининг магнит майдонида жойлашуви

Битта протон қандай қилиб икки хил йўналишга эга майдон ҳосил қилишини қуйидагича тушунтириш мумкин. Агар 1 г микдорида водород иони олинса, унда $6,3 \cdot 10^{23}$ дона протон бўлади. Магнит майдонида ана шу микдор протоннинг бир қисми ҳосил бўлган майдон (H_0) билан бир хил бўлиб уни кучайтиради, қолган қисминики эса ташқи майдонга қарама-қарши бўлади, яъни ташқи майдонини сусайтиради. Бошқача айтганда, спинлар майдон бўйлаб ва тескари йўналишда жойлашади. Асосий майдон (H_0) ни кучайтирадиган ядролар энергияси уни сусайтирадиган ядролар энергиясидан кичик бўлади (16-расм). Одатда бу ҳол ядроларнинг энергетик поғоналари магнит майдонига иккига ажралиши дейилади.



16-расм. Магнит майдонида ядролар энергетик поғоналарнинг ажралиши

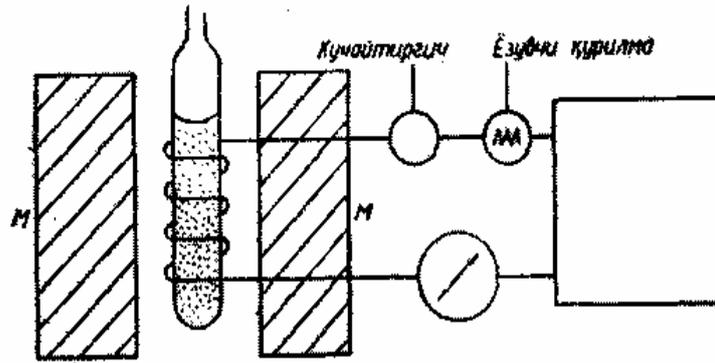
$$\left(\frac{1000000 \cdot 0,0001}{10} = 10 \right)$$

Шундай қилиб, ядроларнинг бир қисми пастки поғонада, қолган қисми эса энергияси кўпроқ бўлган юқори поғонада жойланади. Поғоналар энергияларининг фарқи ΔE га тенг. Табиийки, пастки поғона энергияси кичик бўлгани учун унда юқори поғонага нисбатан кўпроқ ядролар жойлашади.

$$\left(\frac{1000000 \cdot 0,00001}{1} = 10\right) \cdot 1000010$$

Бошқача айтганда, ҳосил бўлган майдонлари йўналиши ташқи майдон (H_0) йўналиши билан бир хил бўладиган ядролар нисбатан кўпроқ бўлади. Лекин бу фарқ унча катта эмас. Одатдаги ҳароратларда юқори ва қуйи поғоналар зичлигидаги фарқ умумий ядроларнинг 0,00001 қисмидан ошмайди. Масалан, юқори поғонада 1000000 ядро бўлиб, қуйи поғонада та ядро, яъни ўнтагина атом ядро ортиқ бўлади, холос.

Поғоналардаги ядролар зичлигидаги бу фарқнинг кам бўлишига сабаб, юқори ва қуйи поғоналар энергияларидаги фарқ (ΔE) нинг кичиклигидир. Ядро магнит резонанси усулининг моҳиятини мана бундай ифодалаш мумкин: Ҳар иккала поғонадаги ядроларни тенглаштириш учун ташқаридан энергия берилади. Бунда пастки поғонадаги ядролар юқори поғонага кўчиб ўтади. Бошқача айтганда, ядролар спини тескарисига ўзгаради. Энди асосий майдон (H_0) йўналишига қарама-қарши майдон ҳосил қилувчи ядролар сони ортади. Ўтадиган ядролар сони кам бўлгани, поғоналар энергиялари ўртасидаги фарқ (ΔE) кичик бўлгани учун бу ўтишни энергияси кам бўлган (тўлқин узунлиги катта, частотаси кичик) радио тўлқинлар ёрдамида амалга ошириш мумкин.



17-расм. ЯМР- спектометрнинг умумий схемаси

Лекин ана шу кичик миқдор, энергия (ΔE) модданинг радио частотали тўлқин ютиши ва уни кўзатиш учун кифоя. Поғоналар энергияларининг фарқи ташқи майдоннинг кучланганлигига тўғри пропорционалдир.

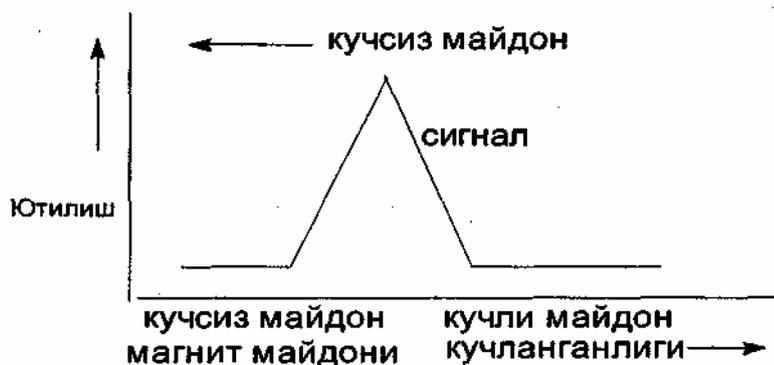
$$\Delta E = \frac{h \cdot J \cdot H_0}{2 \cdot \pi} \quad (19)$$

Бунда: h - Планк доимийси, J - пропорционаллик коэффициенти, H_0 - ташқи майдон кучланганлиги,

$$E = h\nu \text{ бўлгани учун } h\nu = \frac{h \cdot J \cdot H_0}{2 \cdot \pi} \text{ ёки, } \nu = \frac{J \cdot H_0}{2 \cdot h} \quad (20)$$

(20) тенглама ядро магнит резонанси (ЯМР) нинг асосий тенграмасидир. Ядро магнит резонансини кузатиш учун модда ампулага солиниб, юқори кучланишли доимий магнит майдонига киритилади (17-расм). Ампулага галтак ўралган бўлиб, ундан радио частотали ўзгарувчан ток ўтказилади. Токнинг частотасини

генератордан ўзгартириб туриш мумкин. Ампулага ўралган ғалтакдан ўтган ток ўзгарувчан магнит майдони ҳосил қилади, Энергия модда томонидан ана шу майдон кўринишида ютилади. Генератордан берилаётган частота (ν) ни ошира бориб уни шундай қийматга етказиш мумкинки, бу қиймат (20) тенгламани қаноатлантиради. Ана шу пайтда



18-расм Ядро магнит резонанси (ЯМР) спектр.

модда энергия ютади. Одатда бунда резонанс вужудга келди дейилади. Модда энергия ютганда занжирдаги ток камайиб кетади. Энергия ютилиши тугагандан кейин, занжирдаги ток асли ҳолига қайтади. Энди частотанинг ҳар қандай ўзгартирилиш моддага таъсир қилмайди. Ана шундай ҳосил қилинган ядро магнит резонанси (ЯМР) -спектр 18-расмда кўрсатилган. Спектрдаги чўкки (чўкки) сигнал дейилади. Частота (ν) доимий қолдирилиб, магнит майдони кучланганлиги (H_0) ўзгартирилади. (H_0) қиймати (20) тенгламани қаноатлантирганда резонанс кузатилади. Ҳозир 40,60,100 Мгц (мегагерц 10^6 герц) частотада ишлайдиган спектрометрлар мавжуд.

Ядро магнит резонанси (ЯМР)-спектрлар одатда эритмаларда (модда суёқ бўлса, шу ҳолича) олинади. Эритманинг концентрацияси 5-20 % атрофида бўлади. Спектр олиш учун зарур бўлган модда миқдори 25-30 мг. Эритувчи сифатида ЯМР-спектр бермайдиган (CCl_4 Si) ёки бошқа органик бирикмалар (резонанс бермайдиган соҳада энергия ютувчи моддалар ($CDCl_3$ - дейтерохлороформ) ишлатилади. Ядро магнит резонанси (ЯМР)-спектр тўртта катталик билан тавсифланади:

1. Сигналлар (чўкки) чўккиларнинг ўрни.
- 2- Сигналлар сони
3. Сигналлар жадаллиги.
4. Сигналларнинг ажралиб кетиши.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Ядро магнит резонанси (ЯМР)-спектр катталикларини тавсифланг?
2. ЯМР- спектрометрининг умумий схемасини тушунтиринг?
3. Магнит майдонида ядролар энергетик пағоналарнинг ажралиши ҳақида нима биласиз?
4. Ядро магнит резонанси усулининг моҳиятини ифодаланг?

8- МАЪРУЗА.

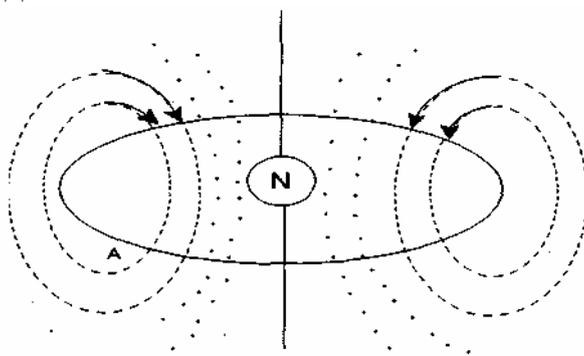
Ядро магнитрезонанси спектроскопиясида сигналларнинг ўрни, ва кимёвий силжиш

Режа:

1. Локал магнит магнит майдонинг ҳосил бўлиши.
2. Кимёвий силжиш.
3. Экранлашиш ёки дезэкранлашишнинг кузатилиши.

Таянч сўзлар: локал магнит, экранлашиш, кимёвий силжиш, электронодонор, протонлар, спектрометрлар, стерекимёвий эквивалент, спектр, дезэкранлашиш

Ядро магнит резонанси (ЯМР) асосий тенгламаси (20) дан кўринадики, протон доим бир хил сигнал (бирта частотада чўққи) бериши зарур. Чунки ҳамма протонлар табиати жихатидан бир-биридан фарқ қилади. Тенгламадаги J , резонанс пайтида эса ν ва H_0 лар ҳам барча протонлар учун доимийдир. Амалда турли молекуладаги, ҳатто битта молекуладаги протон (водород атомлар) резонанслари частотаси (яъни ион ютадиган энергиялари микдори) бир-биридан фарқ қилади. Частоталардаги бу фарқ протонлар туфайли эмас, чунки юқорида кўриб ўтганимиздек, барча протонлар учун (20) бир хил. Резонанс содир бўладиган частоталарнинг ҳар хиллигига сабаб шундаки, турли протонларни турлича қўшни атомлар ўраб туради. Протонлар атрофидаги электрон булутлар зичлиги ҳам ҳар хил. Масалан, баъзи протонларни қўшбоғ, иккинчи хилларини оддий ёки учбоғ электрон булутлари ўраб олган ва ҳоказо. Ана шу қўшни ядролар ва электрон булутлар ташқи майдон (H_0) билан таъсирлашади. Табиийки, молекуладаги протонлар турлича ўраб олинган бўлгани учун протонлар магнит майдонида ўзини ҳар хил тутади, яъни улар ютадиган энергияларининг частоталари бир-биридан оз бўлсада, фарқ қилади. Бошқа сўз билан айтганда, протон атрофидаги қўшни электронлар зарядли ва ҳаракатда бўлгани учун магнит майдони ҳосил қилади. У локал майдон дейилади*.



Расм -19. Ташқи майдон (H_0) таъсирида электр майдоннинг ҳосил бўлиши

Локал магнит майдони ташқи майдон (H_0) йўналиши билан параллел бўлиши, яъни уни кучайтириши ё сусайтириши мумкин. Шунинг учун ташқаридан қўйилган майдон (H_0) молекуладаги барча протонлар учун бир хил бўлса ҳам,

протонларни ўраб олган электронлар магнит майдони Ҳар хил бўлгани учун ташқи майдон протонларга турлича таъсир кўрсатади.

Масалан, агар локал майдон ташқи майдонга параллел бўлса, (уни кучайтирса) сигнал кучсиз майдонда кузатилади, яъни резонансни вужудга келтириш учун ташқаридан бериладиган майдон (H_0) энергияси камроқ бўлса ҳам кифоя (дезэкранлашиш). Аксинча, локал майдон қарама-қарши йўналган бўлса (ташқи майдонни сусайтирса), сигнал ташқи майдоннинг каттароқ частотаси (кўпроқ энергия кучли майдон)да кузатилади. (экранлашиш). Локал майдон H_0 ни сусайтирувчи ҳоллар кўпроқ учрайди. Буларнинг 19-расмдан кўриш мумкин. Шундай қилиб, локал майдон H_0 ни бирор миқдор (σ -сигма) га камайтиради

$$H = H_0 - \sigma \cdot H_0 = (1 - \sigma)H_0 \quad (21)$$

H -эффektiv майдон, σ -экранлашиш константаси дейилади. А-электрон ташқаридан қуйилган майдон куч чизиқларини айланиб ҳаракат қилишга интилади, унинг ҳосил қилган майдони йўналиши эса ташқи майдонга антипараллел бўлади (Ленц қонуни). Демак, резонанс H_0 да эмас, балки ундан кучсизроқ, H да кузатилади, яъни:

$$\nu = \frac{J}{2 \cdot \pi} \cdot H \quad \text{ёки,} \quad \nu = \frac{J}{2 \cdot \pi} \cdot H_0 \quad (22)$$

Экранланиш қанча кам бўлса, (σ -кичик) резонанс вужудга келтириш учун ташқаридан бериладиган майдон кучланиши ва мувофиқ равишда этиладиган частота (энергия) шунча кичик бўлиши кўриниб турибди. Аксинча σ нинг катта бўлиши $H_{\text{эфф}}$ ни оширади $H_{\text{эфф}}$ H_0 га яқинлашиб қолади. Сигнал эса кучли майдон (кўп энергия) да кузатилади. Турлича қуршалган протонлар учун σ -нинг ҳар хил бўлиши тушунарли. Протон билан кўшни атом ва гуруҳларининг электроноакцептор хоссаси қанча катта бўлса, протон шунча кам экранлашади. Чунки бу гуруҳлар протон атрофидаги электронларни ўзига томон тортиб, натижада протон атрофида электронлар ҳосил қилган, йўналиши H_0 нинг антипараллел локал майдон кичик бўлади, резонанс H_0 нинг кичикроқ қиймати (кучсиз майдон) да юзага келади. Электронодонор атом ва гуруҳлар аксинча таъсир кўрсатади. Электроноакцептор атом ва гуруҳларга F, Cl, NO₂, CN, OR, COOR электронодонорларга радикалар (CH₃, C₂H₅ ва ҳ.к.) ни мисол келтириш мумкин.

Молекулада турли ҳолатда протонларнинг турли частоталарда берадиган сигналлари **кимёвий силжиш** дейилади. Кўпинча кимёвий силжиш деб спектрдаги турли сигналлар ўртасидаги масофага айтилади.

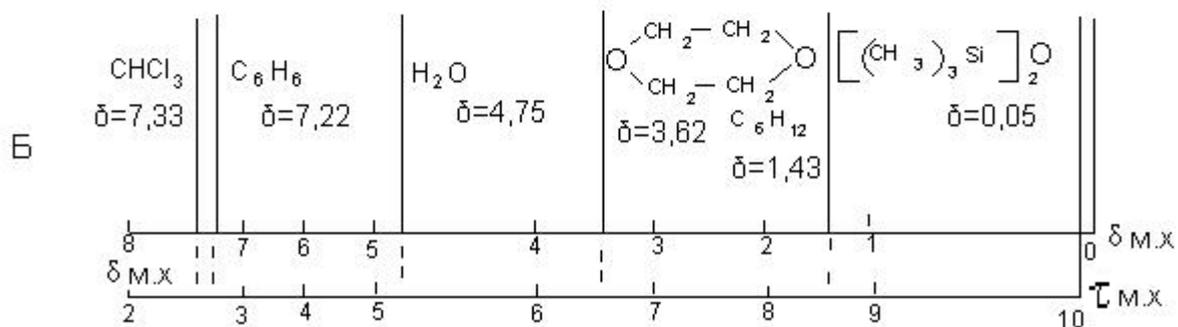
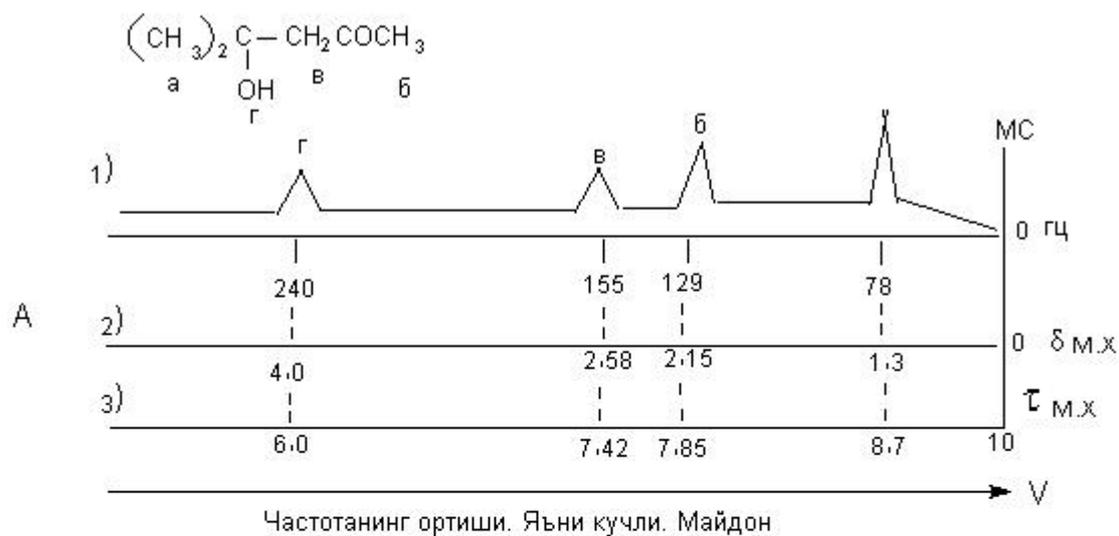
$$\frac{102 \text{ Гц}}{60 \cdot 10^6} \cdot 10^6 = 1,7 \quad \text{ва} \quad \frac{170 \text{ Гц}}{100 \cdot 10^6} \cdot 10^6 = 1,7 \quad (23)$$

Бу иккала тушунча аслида битта нарсадир. Турли лабораториялар ҳар хил спектрометрларга эга. Улар ишчи частоталари (40,60 ёки 100) Мгц билан биридан фарқ қилади, (7,58) дан маълумки, резонанс сигнал частота (ν) га тўғри пропорционалдир. Шундай экан турли частоталарда аниқроғи ҳар хил спектрометрда олинган битта модданинг сигнали ҳар хил бўлиши зарур. Чунончи (60 мгц ли асбобда бирор протон 102 герцда резонанс берса, 100 мгц. лида бу қиймат 170 гц. га тенг бўлади. Турли частоталарда олинган сигналларни

такқослаш учун герцларда ифодаланган сигнал частотаси ишчи частотага бўлинади. Қулайлик учун бу нисбат 10 га кўпайтирилади. Ҳосил қилинган бирлик ишчи частотага нисбатан олинган миллион ҳиссалари дейилади. Масалан, юқоридаги мисол учун ҳар иккала ҳолда ҳам миллион ҳисса (м. ҳ) га эга бўламиз.

Протонларнинг тажрибада топиладиган кимёвий ёки резонанс силжишлари ўзгармасми ёки бирор нарсага нисбатан олинадими, деган савол ўринлидир. Алоҳида олинган, яъни ҳеч қандай қўшнилари ва электрони бўлмаган протоннинг кимёвий силжишини ўлчаб, уни ноль деб қабул қилиб, бошқа «ўраб олинган» протонлар резонанс сигналларини шунга нисбатан аниқлаш мумкин, лекин протоннинг абсолют резонанс сигналинини аниқлаш қийин. Шунинг учун эталон моддadan фойдаланилади. Эталон имконияти борича биттагина сигнал бериши, у ҳам кўпчилик протонлар берадиган сигналдан четда жойлашиши зарур. Бу талабларга тетраметилсилан $[(\text{CH}_3)_4\text{Si}]$ жавоб беради. Халқаро эталон сифатида қабул қилинган тетраметилсилан (ТМС) бирмунча афзаликларга эга. Биринчидан, ундаги иккита протон ҳам бир хил куршаб олинган. Шунинг учун улар ҳаммаси битта частотада энергия ютади, яъни спектрда ягона чўққи кузатилади. Бу сигнал ҳам кучли майдонда ётади. Нефт ҳамда газлардан ажратиб олинган органик бирикмалардаги барча протонлари нисбатан кучсиз майдонда резонансга учрайди. Иккинчидан ТМС бошқа органик моддалар билан деярли кимёвий таъсирлашмайди. Ноҳоятда, у учувчандир. (Спектр олиб бўлингандан кейин, моддани яна осонгина ажратиб олиш мумкин. ТМС нинг камчилиги шундан иборатки, ҳамма органик бирикмалар у билан аралашмайди. (Чунки спектрни олиш олдидан моддага ТМС аралаштирилади, шунда сигналларни ТМС га нисбатан белгилаб олиш осонлашади.) Бундай пайтда кўпинча ТМС ўрнига бензол, учламчи бутил спирт, ҳеч бўлмаса сув ишлатилади (сув моддага аралатирилмайди, у ташқи стандарт вазифасини бажаради). Одатда ТМС нинг сигнали 0 деб қабул қилинади.

Сигналларнинг сон қиймати кучсиз майдон томон ошиб боради, бу шкалани δ (дельта) шкала дейилади. Кўпинча ТМС сигналинини 10 га тенг деб ҳам айтилади. У ҳолда резонанс сигналнинг қиймати кучсиз майдонга ўтганда камайиб боради. Бу τ (тау) шкаладир. Демак, кучсиз майдонда резонанс берувчи протоннинг кимёвий силжишига δ шкалада катта, τ шкалада эса кичик қиймат мувофиқ келади. Ҳар иккала шкала ўртасида оддийгина боғланиш бор (20-расм) $\tau=10-\delta$ Расмдан кўриниб турибдики (21-расм, А) экранлашиши кам бўлган учун гидроксил гуруҳнинг протони кучсиз майдонда резонансга учрайди. Эcranлашиши кам бўлганда протон сигнали кучсиз майдонда кузатилади.



20-расм. А-диацетон спиртининг (60 Мгц да олинган) 1 герцда, 2 герцда, 2- σ шкалада, 3- σ шкалада олинган; Б-турли эталон моддаларининг ЯМР-спектрлари

Шундай қилиб, турлича ўраб олинган протонлар турлича кимёвий силжийди. Тузилиши аниқ жуда кўп бирикмалардаги протонларнинг кимёвий силжиши топилиб, кейин улардан номаълум моддада қандай протонлар борлигини аниқлашда фойдаланилади. Кимёвий силжиш қиймати протоннинг қўшниларига боғлиқ бўлгани учун бирданига муайян протоннинг атрофини ўраб турган атом ва гуруҳлар тўғрисида ҳам маълумотлар олинган. Қуйидаги жадвалда турли протонларнинг кимёвий силжишлари келтирилган.

4-жадвал

Турли протонларнинг кимёвий силжиши

Протонлар тури	Кимёвий силжиш, миллион ҳиссада (м.х)	
	τ	σ
Циклопропан	9,8	0,2
Бирламчи RCH ₃	9,1	0,9
Иккиламчи R ₂ CH ₂	8,7	1,3
Учламчи R ₃ CH	8,5	1,5
Винил C=C-H	4,1-5,4	4,6-4,9
Ацетил C≡C-H	7-8	2-3

Ароматик	Ar – H	1,5 – 4	6 – 8,5
Бензил	Ar – C – H	7 – 7,8	2,2 – 3
Аллил	C=C – CH ₃	8,3	1,7
Фторидлар	HC – F	5,5 – 6	4 – 4,5
Хлоридлар	HC – Cl	6 – 7	3 – 4
Бромидлар	HC – Br	6 – 7,5	2,5 – 4
Йодидлар	HC – I	6 – 8	2 – 4
Спиртлар	HC – OH	6 – 6,6	3,4 – 4
Оддий эфирлар	HC – OR	6 – 6,7	3,3 – 4
Мураккаб эфирлар	RCOO – CH	5,9 – 6,3	3,7 – 4,1
Мураккаб эфирлар	HC – COOR	7,8 – 8	2 – 2,2
Кислоталар	HC – COOH	7,4 – 8	2 – 2,6
Карбонил боғланиш	HC – C=O	7,3 – 8	2 – 2,7
Альдегидлар	RCHO	0 – 1	9 – 10
Гидроксил	ROH	4,5 – 9	1 – 1,5
Фенол	ArOH	2 – 6	4 – 12
Енол	C=C – OH	7« 5«	15 – 17
Карбоксил	RCOOH	2« 0,5«	10,5 – 12
Амин	RNH ₂	5 – 9	1 – 5

Кимёвий силжиш кўпинча формулалар билан ифодаланади. Кимёвий

$$\text{силжиш} = \frac{V_{\text{намуна}} - V_{\text{эталон}}}{V_0} \cdot 10^6 \quad (24)$$

$$= \frac{H_{\text{намуна}} - H_{\text{эталон}}}{H_0} \cdot 10^6$$

ёки кимёвий силжиш

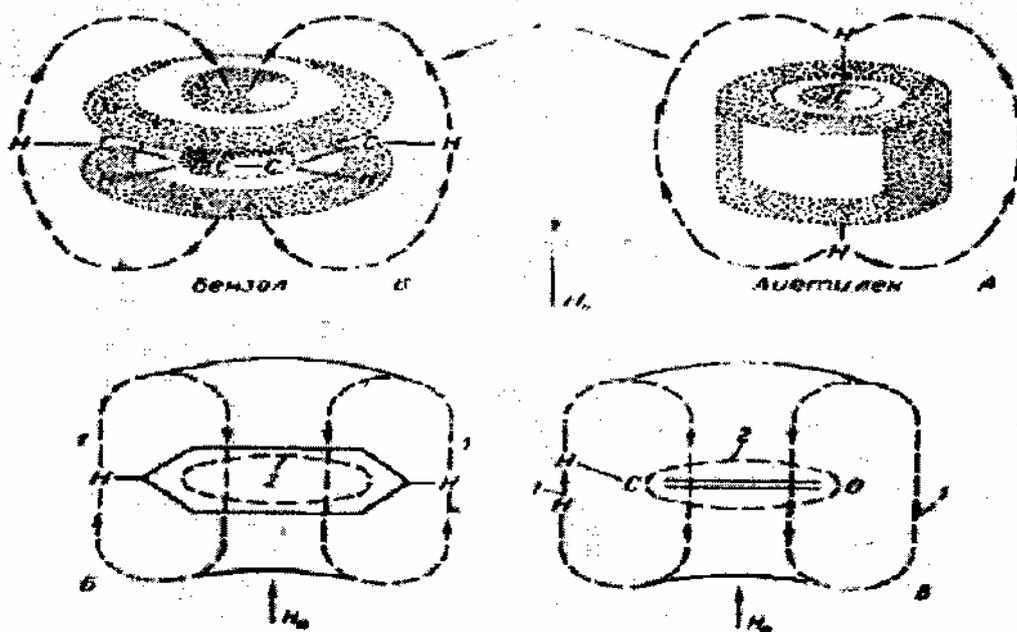
(24) дан фойдаланиб герц да берилган сигнални ε шкалага айлантириш мумкин:

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{намуна}} - V_{TMC}}{V_0} \quad (25)$$

бунда, $v_{TMC} = 0$; $\nu = 60 \text{ Гц}$ бўлгани учун

$$\varepsilon = \frac{78 - 0}{60 \cdot 10^6} \cdot 10^6 = 1,3 \text{ м.х.}$$

Кимёвий силжишни кўриб чиқишдан олдин, унга экранлашиш таъсирини кўрсатувчи мисол келтирамиз (21 – расм. А, Б, В)

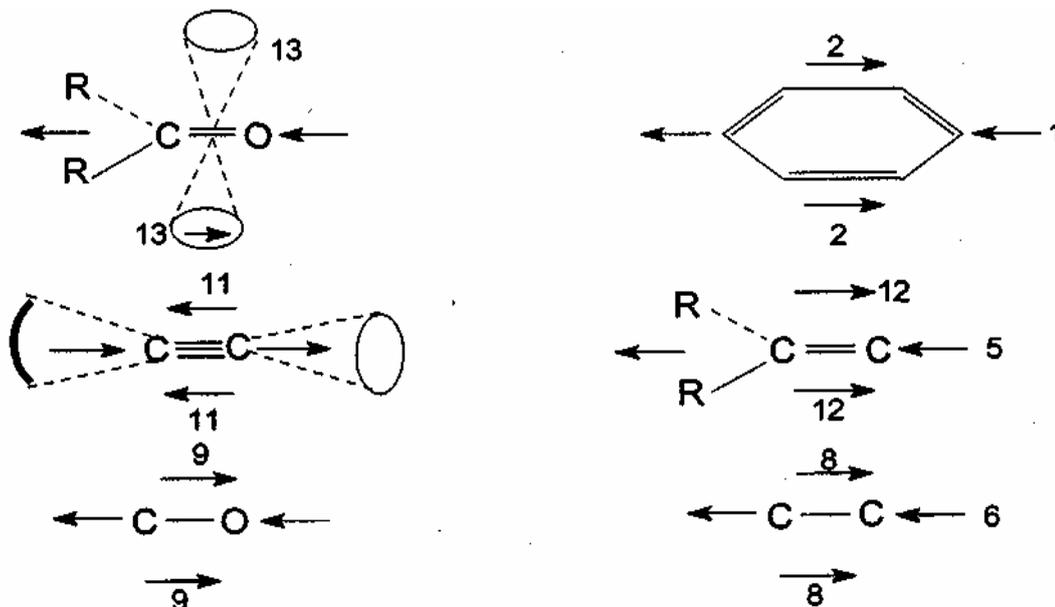


21- расм. (1) Ацетилен (1).бензол (б) на карбонил (2) гурухдаги экранлашиши.

Ацетилен водородлари кучли майдонда, ароматик ҳалқа ва альдегид гуруҳ протонлари кучсиз майдонда резонанс учраши кўриниб турибди. Ниҳоят протон сигнали унинг муайян функционал гуруҳларга нисбатан фазода жойлашишига ҳам боғлиқ, (22)-расм. Фенил гуруҳи текислигида ётган протон сигнали чапга (I), текисликнинг таги ва юқорисидаги (2) протонлар сигнали ўннга (кўчиш майдон томон), карбонил ва кўшбоғ текислигида (4,5), шунингдек, C—C, C—O оддий боғлар чизиғи бўйлаб ётган (6,7) протонлар чапга, чизиклар таги юқорисидаги (8,9) протонлар сигнали эса уннга C—C боғ чизиғида ётувчи протонлар уннга (10), чизик таги ва юқорисидаги (11) протонлар сигнали чапга (кучсиз майдон томон) силжийди. Кўшбоғ ва >C=O гуруҳ текислигининг таги ҳамда юқорисидаги (12, 13) протонлар сигнали эса кучли майдонда кузатилади.

Юқорида келтирилган мисоллардан кўринадики, протонга кўшни бўлган атом гуруҳлар ҳосил қиладиган локал майдон куч чизикдари протоннинг ёнида ўтсагина экранлашиш ёки дезэкраннылашиш кузатилади. Протон ёнидан ўтадиган локал майдон куч чизикдари йўналиши ташқи майдон (Н_о) билан бир хил бўлиб қолган соҳаларда ётувчи протонлар дезэкраннылашишга, ташқи майдонга антипараллел бўлган соҳаларда ётувчи протонлар эса экранлашишга учрайди.

Ацетилендаги углерод sp гибридлиниш ҳолатида. Бензол углеродлари эса sp² гибридлинишга учраган. Ацетилендаги углерод нисбатан электроноакцептор бўлгани учун ацетилен водородлари бензолникига нисбатан кучсиз майдонда резонанс бериши керак эди. Амалда эса бунинг акси кузатилиши кўриниб турибди.



22-расм. Кимёвий силжишнинг протоннинг фазовый жойлашиши билан боғлиқлиги.

Протон билан боғланган атом ёки гуруҳлар ҳосил қилувчи локал майдон йўналиши ташқи майдон йўналишига нисбатан мақсадга мувофиқ (яъни параллел ёки антипараллел) жойлашса, бу гуруҳлар магнит анизотроп гуруҳлар дейилади. Ташқи майдонга нисбатан бошқа йўналишларда локал майдон ҳосил қилувчи атом ва гуруҳлар изотропларга киради. 22-расмда кўрсатилганлар магнит анизотроп гуруҳлардир.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Локал майдон вазифаси нимадан иборат?
2. Локал майдон деганда нимани тушунасан?
3. Протон билан кўшни атом ва гуруҳларининг электроноакцептор хоссаси сигналлар қанча катта бўлса, протон кам экранлашишни тушунтиринг?
4. Кимёвий силжишнинг моҳияти ҳақида нима биласиз?
5. Протонларнинг кимёвий силжиши?

9- МАЪРУЗА.

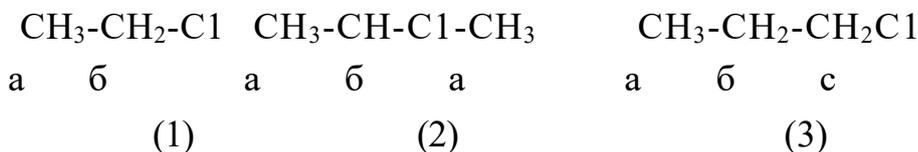
Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар сони

Режа:

1. Эквивалент ва ноэквивалент протонлар.
2. Спектрда метил радикал протонларининг эквивалентлиги.
3. Конформацияларнинг ёки конфигурацияларнинг бири-бирига секин ўтиш ва уни ЯМР да қайд қилиниши.

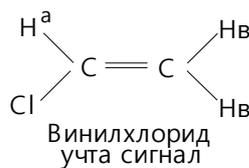
Таянч сўзлар: ядро магнит резонанси, протон, эквивалент, конформация, стереоэквивалент, ноэквивалент, спектр, магнит эквивалент

Ядро магнит резонанси спектрлардаги сигнал (чўққи) чўққилар сони турлича бўлади. Спектрдаги чўққилар сонини турлича ўраб олинган протонлар белгилайди. Бошқача айтганда, бир хил типдаги протонлар битта чўққи беради. Масалан, спектрда бешта бўлса, шу модда молекуласидаги водород атомлари беш хил деймиз. Бир хил ўраб олинган протонлар (яъни бешта частотада резонанс берувчи) эквивалент протонлар дейилади. Ҳар хил ўраб олинганлари эса (турли частотали энергиялар ютувчи) ноэквивалент протонлардир:



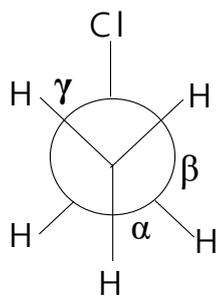
(1) да метил гуруҳидаги учта протон (а), метилен гуруҳидаги иккита протон (б) эквивалентдир. Шунингдек, (2) да олтига протон (а, а) ўзаро эквивалент ва ҳоказо.

Протонлар кимёвий магнит ва стерекимёвий эквивалент бўлади. Кимёвий эквивалентлик ўз-ўзидан тушунарли. Кимёвий эквивалент протонлар магнит эквивалент ҳам бўлади. Масалан, а протонлар магнит эквивалентдир. Протонлар стерекимёвий эквивалент бўлиши учун улар фазода қўшбоғ ёки асимметрик углерод атомига нисбатан айнан бир хил жойлашиши зарур.

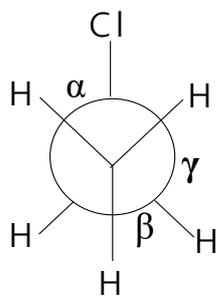


қурилуши қурилуши, стерекимёвий эквивалент протонлар ҳам кимёвий эквивалентдир.

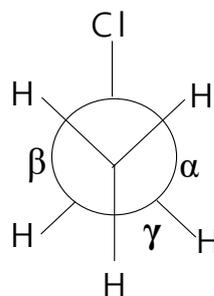
Этил хлоридга (1) метил гуруҳининг учта протони кимёвий ва магнит эквивалент эканини айтиб ўтдик. Агар (2) нинг конформациялари кўриб чиқилса, бу фикрга шубҳа туғилади. Ҳақиқатдан ҳам этил хлориднинг биз кузатган бир лаҳзадаги конформацияси (8) каби бўлсин. Метил гуруҳининг битта протони хлорга нисбатан антиҳолатда, қолган иккитаси эса туташ ҳолатдадир.



(8)



(9)



(10)

Метил гуруҳи битта протоннинг ўраб олиниши қолган иккитасидан фарқ қилишини сезиш кийин эмас, яъни бу учта протон магнит эквивалент эмас. Ундан бўлса, нима учун спектрда метил радикал протонларининг эквивалентлиги кузатилади, яъни улар битта сигнал беради, чунки этил хлоридда C—C боғ атрофида айланиш вақти резонанс бўладиган вақтга нисбатан кичик. Бошқача айтганда, модда спектри олингунча (резонанс ҳосил қилиниб, уни қайд қилингунга) қадар молекула C=C боғ атрофида бир марта (балки ундан ҳам кўпроқ) айланиб чиқади. Демак, ЯМР-спектрометр ҳақиқий анти ва туташ ҳолатдаги протонлар сигналларини эмас, балки шу ҳолатларнинг ўртачасига мувофиқ келадиган сигналларни қайд қилади. Агар (7-9) конформациялар бири-бирига ўтиш (C—C боғ атрофида айланиши) тезлиги кичик бўлса, ЯМР-спектрометрда ҳар қайси конформацияни алоҳида расмга олиш ва демак, спектрда метил гуруҳ протонларининг магнит ноэквивалентлигини кузатиши мумкин бўлар эди.

Конформацияларнинг ёки конфигурацияларнинг бири-бирига секин ўтиши ва уни ЯМРда қайд қилиниши мумкин бўлган, ҳоллар нефт ва газлардан олинган органик бирикмаларда жуда кўп учрайди. Бу эса ядро магнит резонанси (ЯМР) спектроскопиясининг имкониятларини жуда кенгайтиради, чунки бошқа бирорта спектрометр билан юқоридаги ўзгаришларни кузатиб бўлмайди.

Юқорида қайд этилганидек, этил хлориддаги метил протонлари анти ва туташ конформациялар ўртасидаги турувчи сигналлардир. Ҳақиқатан ҳам, спектрдаги метил протонлари сигнали хира бўлади.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Скелет тебраниш нима?
2. Турли тип боғлари бўлган изомерларни ИҚ спектроскопия усулида қандай топилади?
3. Ароматик бирикмаларнинг тавсифий частоталар соҳаси қандай?
4. Инфрақизил спектроскопчўкки усулда органик моддаларнинг тузилиши қандай ўрганилади?
5. Инфрақизил спектрда боғларнинг ютилиш максимумини қандай кузатилади?
6. Инфрақизил спектроскопияда қайтар органик реакцияларни сифат ва миқдорий жиҳатдан қандай ўрганилади?
7. Молекуланинг кофигурация ва конформациясини ИҚ спектридан фойдаланиб қандай ўрганилади?
8. ИҚ-спектрлардан фойдаланиб циклогексаннинг конформацияси аниқлансин?

10- МАЪРУЗА.

Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар жадаллиги

Режа:

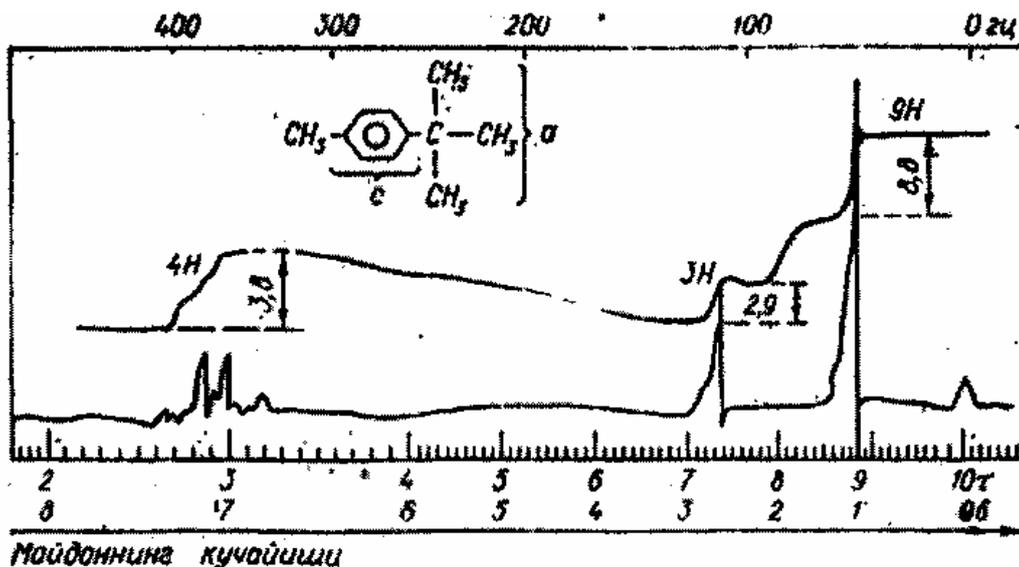
- 1. Интегратор қурилмасида жадалликни аниқлаш.**
- 2. “Зина”ларнинг баландликлари ўлчаб олинандан кейинги бажариладиган иш.**
- 3. Номаълум модда спектрини топиш.**

Таянч сўзлар: интегратор, эквивалент протонлар, спектр, “зина” баландлиги, интеграл жадаллик, ядро магнит резонанс, протон

Магнит эквивалент протонлар битта чўққи беришини кўриб ўтдик. Хўш, унда эквивалент протонлар сонини нима белгилайди? Ҳар қайси сигнал жадалликлиги чўққининг сонига пропорционалдир. Лекин чўққилар баландлигини ўлчаш ишончли эмас, чунки бу жадалликлик бошқа омилларга ҳам боғлиқ, бўлиши мумкин. Шунинг учун ҳам одатда чўққи баландлигини унинг кенглигига кўпайтмасидан, яъни чўққи майдонини ўлчаш усулида фойдаланилади. Бу усул протонлар сонини аниқ, топишга имкон беради, ЯМР-спектрометрларга махсус электрон қурилмалар ўрнатилган бўлади. Уни *интегратор* дейилади. Бу усулда топилган протонлар жадаллигига интеграл жадалликлик дейилади. Интегратор худди зинапоёга ўхшаш эгри чизиқ чизади. Содда қилиб бу «зина» баландлиги чўққининг кенглиги билан баландлиги ҳисобга олинган ҳолдаги баландлигидир. Зиналарнинг баландлиги протонлар сонига пропорционал (23-расм). Интегратор поғоналарни сигналларининг устида чизади. «Зина» ларнинг баландлигини исталган бирликлар (см,мм) да ўлчаш мумкин. Кўпинча спектр олинадиган қоғоз жуда кичик катакчаларга бўлинган бўлади:

Расмда ўлчов бирлиги сифатида ана шу катакчалар (улар расмда кўрсатилмаган) дан фойдаланилган. «Зина»ларнинг баландликлари ўлчаб олингандан кейинги бажариладиган иш худди модданинг фоиз таркиби ҳисоблаш асосида унинг формуласини чиқаришга ўхшаш.

$8,8:2,9 : 3,8 = 3,0:10:1,3$ яхлитлаш учун 3 га кўпайтирилса, $9,0:3,0:3,9$ ёки $9,0:3,0:4$. Шундай қилиб, баландлиги 8,8 катак бўлган чўққига 9 та, 2,9 га 3 та, 3,8 га эса 4 та протон тўғри келади. Модданинг формуласи маълум бўлгани учун натижаларни текшириб кўриш мумкин.



23-расм. Учламчи пара-бутилтолуолнинг интеграл жадалликлари кўрсатилган ЯМР спектри.

Молекуладаги жами (16 та) протон $8,8+2,9+3,8=15,5$ кататка тенг

$$\frac{16}{15,5} = 1,03$$

жадалликликка эга. У ҳолда битта протонга бирлик мувофиқ келади. Демак, $8,8 \cdot 1,03 = 9,06$; $2,9 \cdot 1,03 = 2,98$ ёки ~ 3 ; $3,8 \cdot 1,03 = 3,9$ аввал натижага эга бўламиз. Тўртта протон ароматик ҳалқага (сигнал кучсиз майдонда), 9 та протон метил радикалларига (сигнал кучли майдонда) ва учта протон битта метил радикалига (сигнал кучли майдонда) тегишли эканлигини сезиш ҳам қийин эмас. Агар модданинг формуласи бўлмаса, интеграл жадалликликларидан фойдаланиб протонлар сони қуйидагича топилади. Номмаълум модда спектри интегратор ёрдамида олинади, яъни унда чўққиларнинг интеграл жадалликликлари келтирилган бўлсин. Айтайлик, модда молекуласи ўзига хос сигналлар берувчи функционал гуруҳ ($-C=O-H$, $-COOH$, CH_3-CO-) га эга. Одатда, гуруҳлар кучсиз майдонда сигнал беради. Масалан, молекулада метокси гуруҳ бўлса унинг қаерда резонанс бериши бизга маълум. Шу сигналнинг интеграл жадалликлиги 1,5 кататка тенг дейлик. У ҳолда интеграл жадалликлиги 9,0 бўлган чўққика 6 та протон тўғри келади, Бошқа чўққилар учун ҳам шундай ҳисоблашларни бажариш қийин эмас.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Номмаълум модданинг ИҚ спектрини маълум модда спектри билан таққослаб, уларнинг бир хиллигини исботланг?
2. Турли тип боғлари бўлган изомерлари ИҚ спектроскопиядан фойдаланиб қандай аниқлаш мумкин?
3. ИҚ спектроскопиядан орқали, органик моддалар молекулаларининг конфигурацияси ва конформацияси тўғрисида хулоса чиқаринг?
4. $3500-3650 \text{ см}^{-1}$ қайси гуруҳнинг ютилиш максимумида кузатилади?
5. Ядро магнит резонанси (ЯМР) хақида тушунча беринг?

11- МАЪРУЗА.

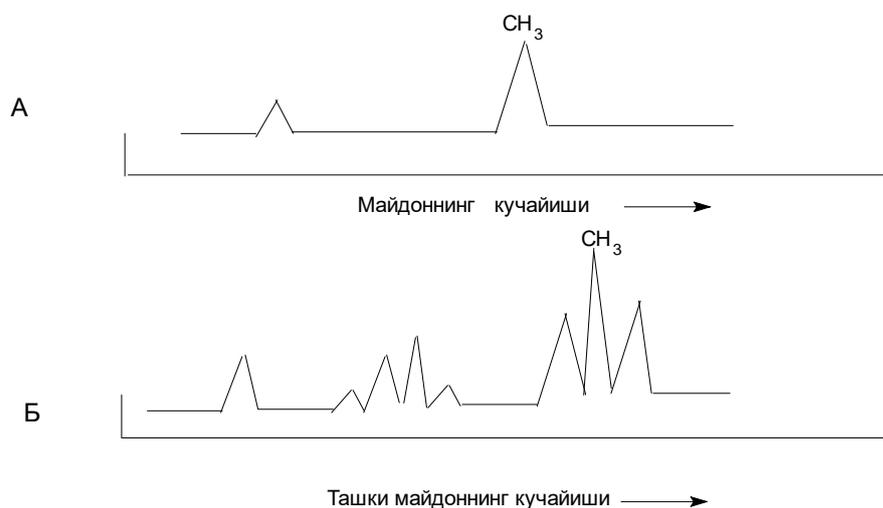
Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналларнинг ажралиб кетиши

Режа:

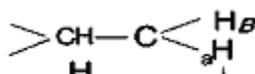
- 1. Б протоннинг локал майдон ҳосил қилиши. Локал майдоннинг ташқи майдонга таъсири.**
- 2. Қўшни протонлар таъсирида спектрдаги сигналларнинг ажралиб кетиши.**
- 3. Спектрдаги дублет, триплетларнинг умумий номланиши.**

Таянч сўзлар: резонанс, протон, сигналлар, спектр, триплет, спин-спин, мультиплет, ядро магнит резонанс, локал майдон, дублет

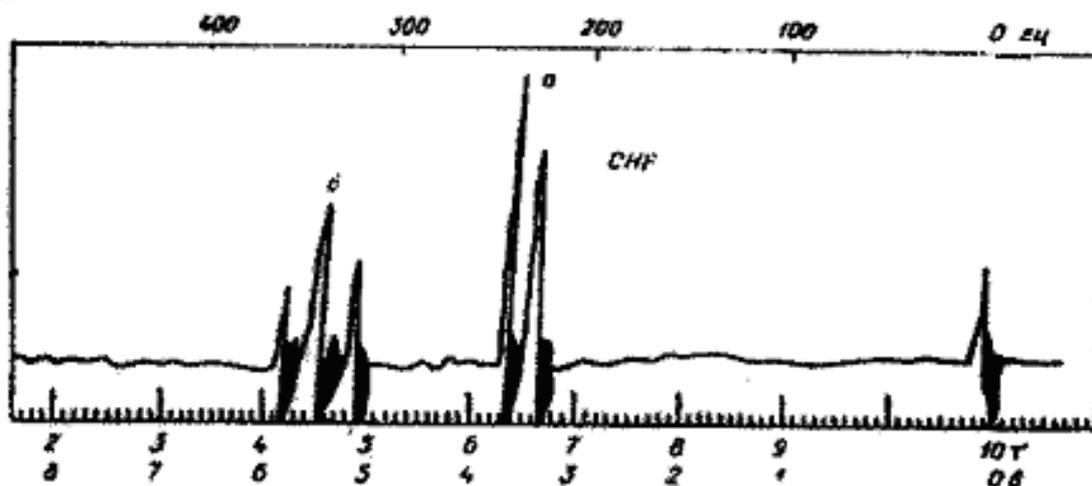
Юқоридаги мавзуда келтирган мисол ва кўриб чиқилган спектрлар мукамаллиги паст бўлган спектрометрлардан олинган. Юқори мукамалликка эга спектрометрда* олинган спектрларда сигналларнинг ажралиб кетиши кузатилади. Масалан, этил спиртининг икки хил спектри такқосланса улар ўртасидаги фарқ яққол кўринади (24-расм.). Резонанс сигналларининг ажралиб кетишига сабабчи қўшни протонлардир. Тушунарли бўлиши учун А-Б протонлардан иборат молекулани кўриб чиқамиз. Бу протонлар эквивалент эмас, чунки сигнал битта чўққидан иборат бўлмайди. А протонга қандайдир Н эффектив майдон таъсир қилаётган бўлсин. Бунда Б протон локал майдон ҳосил қилади. Бу майдоннинг кучланганлиги бўлсин. Локал майдон йўналиши эффектив майдон (Н) йўналиши билан параллел ёки антипараллел бўлиши мумкин, яъни уни кучайтирса ё сусайтиради. Шундай қилиб, А протон ўз атрофида иккита майдонни «кўради» яъни биринчиси Н га нисбатан сал кучайган майдон ($H+\delta$), иккинчиси эса сал сусайган майдон ($H-\delta$) бўлади. У ўзини гоҳ ($H+\delta$) гоҳ ($H-\delta$) майдонга «солади». А протон ($H+\delta$) майдонда эканлигида унинг сигнали нисбатан кучсиз майдонда (камроқ, энергияда) кузатилади. А протон ($H-\delta$) майдонда бўлганда эса сигнал нисбатан кучли майдон (кўпроқ энергия)да жойлашган бўлади. Демак, А-протон жадалликлиги бир-бирига тенг ва ёнма-ён жойлашган иккита (дублет) сигнал беради. Б-протон хусусида ҳам айнан шундай дейиш мумкин, яъни у ҳам дублет чўққи ҳосил қилади (24-расм).



24-расм Этил спиртининг мукамаллиги паст (А) ва мукамаллиги юқори (Б) спектрометрларда олинган ЯМР-спектри

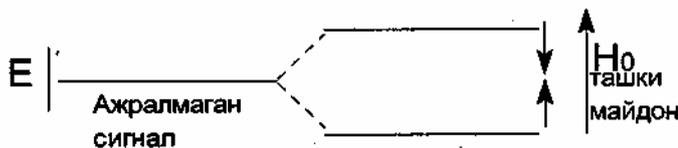


Молекуладаги С ва В α атомлари номагнит бўлгани учун спектрда иштирок этмайди. Бунда бутун таъсирланиш водород атомларининг ядролари ўртасида боради:



25-расм Газдан олинган 1,1,2-трибромметаннинг ЯМР-спектри.

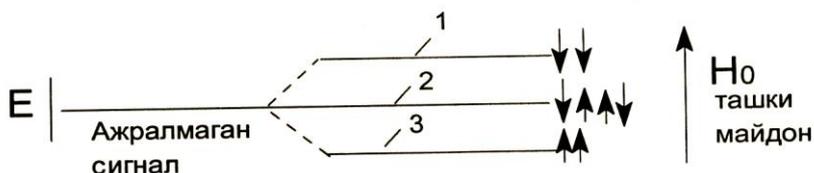
Иккиламчи углерод атомидаги иккита протон эквивалент бўлгани учун битта сигнал яъни, синглет* беради. Лекин бу протонлар учламчи углероддаги ягона протон ҳосил қиладиган локал майдон таъсирида бўлади. Бу майдон эффект майдон бўйлаб ва унга қарама-қарши йўналиши мумкин. Демак, метилен гуруҳи сигналининг жадаллиги бир хил дублетдан иборат. Буни схема тарзида ифодаласак* *.



Учламчи углероддаги протон (II) га CH даги протонлар ҳосил қилган локал майдонлар таъсир қилади. Бу иккита локал майдон ташқи майдонга уч хил таъсир кўрсатади, жумладан α - ва β - протонлар локал майдони:

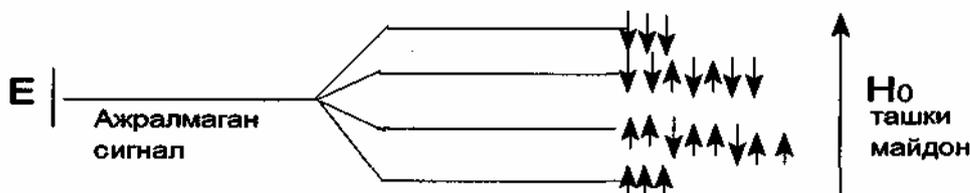
- 1) ташқи майдонни сусайтиради
- 2) ташқи майдонни кучайтиради
 - а) α - сусайтиради
 - β - кучайтиради
- 3) б) α - кучайтиради
- β - сусайтиради

а) ва б) ҳолатларининг таъсири бир хил. Шунинг учун, ҳам локал майдонларнинг H_0 га нисбатан а ва б йўналишларига битта сигнал тўғри келади. Фақат 3 нинг жадалликлиги 1 ва 2 ларга нисбатан икки марта катта бўлади:



26-расм. 1,1,2-трибромэтан спектридаги триплет II протонга, дуплет эса I протонларга тааллуқлиги схемаси

Демак, II протон спектрда учта чўкки (триплет) беради. Чўккиларнинг жадаллиги 1:2:1 каби. Шундай қилиб, 1,1,2-трибромэтан спектридаги триплет II протонга, дуплет эса I протонларга тааллуқлидир (26-расм). 1,1,2-трибромэтаннинг спектри ҳам айнан шундай бўлади. Энди этил спиртга қайтамыз (27-расм). ОН гуруҳи протони метилен ва метил протонларидан кислород (номагнит) орқали ажралган бўлгани учун улар таъсирлашмайди. Метил радикали эса метилен протонлари таъсирида триплет ҳосил қилади:



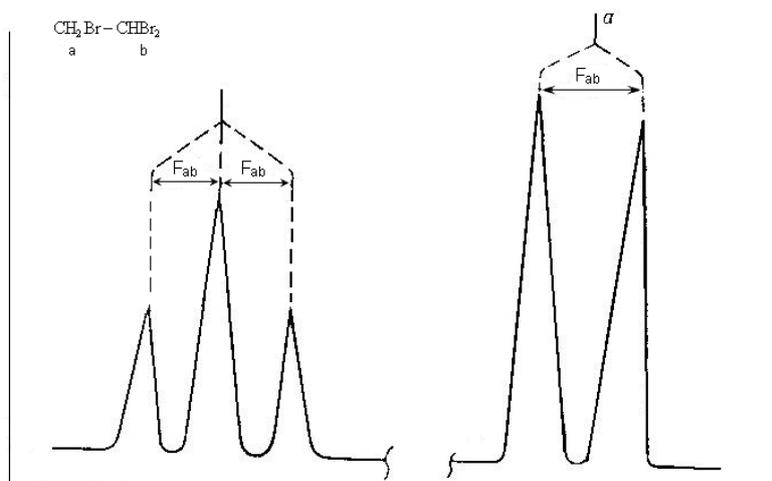
27-расм. Этил спирти спектридаги триплет II протонга, дуплет эса I протонларга тааллуқлиги схемаси

Кўриниб турибдики, этил спиртдаги метилен гуруҳи сигнал спектр-да тўртта (квартет) чўккидан иборат. Квартет жадаллик-лари 1:3:3:1 каби тақсимланган.

Қўшни протонлар таъсирида спектрадаги сигналларнинг ажралиб, кетишига

спин-спин таъсир дейилади. Спектдаги дублет, триплет ва ҳоказолар умумий қилиб **мультиплет** деб аталади. Эътибор берилса спин-спин таъсир кимёвий силжишга таъсир қилмайди. Турли протонларнинг силжиши уларнинг аввалги частотасида кузатилавера-ди, лекин бу частота энди дублет, триплет ва кватретнинг ўртасида тўғри келади. Умуман мультиплар доим кимёвий силжишлар ўлчанадиган марказга нисбатан симметрикдир. Спин-спин, таъсир турли сигналлар сони ўзгартирмайди. Масалан, этил спектрида уч хил (ОН, CH₂, CH₃) сигнал кузатилиши, керак эди. Фақат ҳар қайси тип сигнал бир неча чўққика ажралиб кетган. Мультиплетлардаги чўққилар ўртасидаги бу масофа спин-спин таъсир **константаси**(ССТК) дейилади ва J ҳарфи билан белгиланади. (28-расм) Мультиплетлардаги чўққилар жадалликликларининг нисбатлари ҳам симметрик. Масалан 1:1,1 :2 : 1 ёки 1:3:3:1 ва ҳоказо.

Лекин бундай симметрия доим кузатилавермайди. Кўпчилик ҳолларда четланишлар мавжуд. Агар спектрада мультиплетлар орасидаги масофа (кимёвий силжишлар) спин-спин таъсир константаси (J) га нисбатан анча катта бўлса, симметрик мультиплетлар ҳосил бўлади. Бундай спектр биринчи тартибли дейилади. Агар қўшни мультиплетлар кимёвий қиймати орасидаги фарқ ССТК дан кичик бўлса, бу иккинчи тартибли спектр ҳисобланади. Бундай ҳолларда (яъни ХСХССТК ёки ХС=ССТК) спектр жуда мураккаблашиб кетади. Уни биринчи тартибли спектрга ўтказиш учун юқори частотали (100 ва 300 МГц) спектрометрлардан фойдаланилади, молекуладаги протонлардан битта ёки бир нечтаси дейтерийга алмаштирилади.



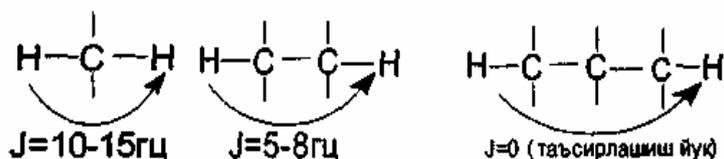
28- расм. Спин-спин таъсир константалари.

Протон-протонга нисбатан протон-дейтерий таъсирлашишда ССТК етти марта катта. Шунинг учун ҳам спектр соддалашади. Баъзи ҳолларда спектрнинг у ёки бу қисмини соддалашпиришга тўғри келади. Бундай ҳолларда «қўш резонанс» усулидан фойдаланилади.

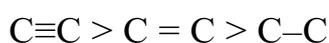
Спин-спин таъсир иккита ноэквивалент протон ўртасида вужудга келади. Бу протонлар қўшни углерод атомларида ёки битта углерод атомида бўлиши мумкин. Кўпроқ биринчи типдаги протонлар учрайди. Айтилганларга кўра протонлари бир-бирига эквивалент иккита гуруҳ ўзаро таъсирлашмайди, яъни уларнинг спектрида ажралиш кузатилмайди.

$\text{CH}_3\text{-CH}_3$, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$, $(\text{CH}_3)\text{-CHBr-CH}_2\text{Br}$, Ar-R ва ҳоказо.

Таъсирлашиш фақат қўшни атомларда бўладими ёки ўзоқроқ протонлар ҳам спин-спин таъсирига эга бўладими? Фақат оддий боғлар тутувчи занжирда ССТ қуйидагича:

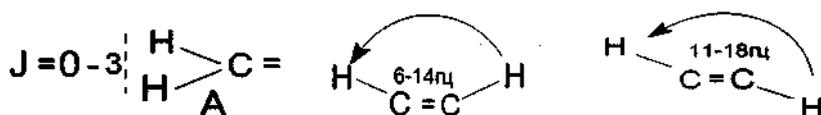


Агар молекулада куч ва учламчи бор бўлса таъсир масофаси ортади. Масалан: $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{X}$ бирикмада CH_3 ва CH_2 протонлар тўққизта боғ орқали таъсирлашади. ($J \neq 0$). Юқоридаги бирикмада эса боғлар тўртта эди. Спин-спин таъсирни таъсирни узатиш хусусиятининг кучлилигига қараб боғларни қуйидаги қаторга жойлаштириш мумкин:



Қўш ва уч боғли бирикмалардаги «узок» таъсир оддий боғли бирикмаларга нисбатан кучли бўлади. ($\text{C}=\text{C}$). Бир-биридан иккита ва учта боғ билан ажратилган А, В, С типдаги протонлар ССТК ҳам бир-биридан фарқ қилади.

5 - жадвал

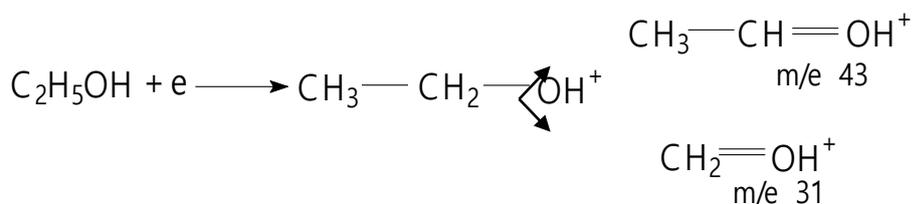


	1.Г		1.Гц
	12-15		I_{AA} 9-13 I_{AB} 2-4 I_{AC} 2,7-10
	0,35-2		
	2-9		I_{AB} 7-14 I_{AC} 2-3 I_{AD} <1,5
	2-14		
	11-18		
	4-10		I_{AB} 7,5-8 I_{AC} 1,4-2 I_{AD} 5,2-5,5 I_{CD} 0,9
	0,5-2		
	10-13		
	1-3		I_{AB} 3-4 I_{AC} 0,6-1 I_{BC} 1,8-2
	2-3		

Шундай қилиб, спин-спин таъсир спектр мураккаблаштирилса ҳам унинг аҳамияти катта. Чунки ундан фойдаланиб протонинг қўшнилари тўғрисида жуда муҳим маълумотлар олиш мумкин. Бу эса ўз навбатида модданинг тузилишини аниқлашни осонлаштиради.

Мавзуни мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

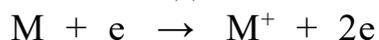
1. Ядро магнит резонанси (ЯМР) ҳақида тушунча беринг?
2. Ядро магнит резонанси усулида радиотўлқинлар қандай берилади?
3. Ядро магнит резонансини катталиклардаги тавсифи қандай?
4. Ядро спинларида магнит майдоннинг жойлашуви қандай?
5. Моддаларни ЯМР спектрини қандай ҳолатда олиш мумкин?
6. Ядро спинининг магнит майдонида жойлашуви қандай?
7. Магнит майдонида ядролар энергетик поғоналарнинг ажралиши кўрсатинг?
8. ЯМР-спектр қандай катталиклар билан тавсифланади?
9. Сигналлар сони нимани билдиради?
10. Сигналлар сони нимани билдиради?
11. Сигналлар жадалликлиги қандай тавсифланади?
12. ЯМР спектроскопиясида сигналларнинг ўрнини тушунтиринг?
13. ЯМР спектроскопиясида кимёвий силжиш қандай юзага келади?
14. Протонларнинг кимёвий силжиши ҳақида тушунча беринг?
15. ЯМР спектроскопияда локал майдон қандай тушунтирилади?
16. Ташқи майдон (H_0) таъсирида электр майдони қандай ҳосил бўлади?
17. Мультиплет назариясини асослаб беринг?
18. Нефтни тузилишини ўрганишда ЯМР спектроскопияси қандай аҳамиятга эга?
19. Спин спинларни таъсирини изоҳланг?
20. ЯМР спектроскопияда интегратор нима учун ўрнатилади?



Биринчи йўналишда бир атом водородини йўқолиб 45 m/e оғирлигига эга бўлган масса, иккинчи йўналишда метил гуруҳ йўқотиб 41 m/e оғирликка эга бўлган масса ҳосил қилади.

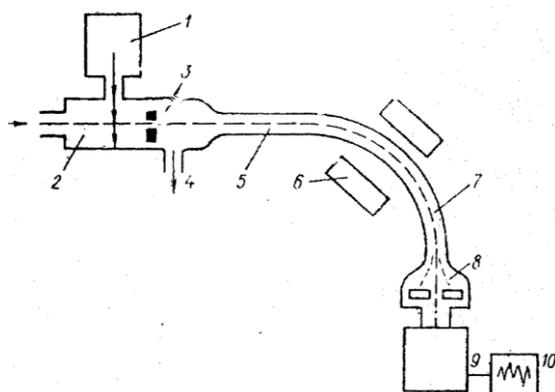
Бошқача айтганда масс-спектрометрия газ ҳолатидаги моддани чуқур вакуумда ($10^{-7}, 10^{-9}$ мм. симоб устунда) электронлар оқими билан бомбардимон қилиб парчалаш ва ҳосил бўлган ион-«бўлак»ларни таҳлил қилишга асосланган. Одатда электронлар оқими энергияси 50-70 электрон-вольт (эв.) атрофида бўлади. Бу энергия ионланиш энергиясидан ва молекуладаги боғларни узиш учун керакли энергиядан анча кўп. Бомбардимон қилаётган электронлар таъсирида моддadan битта электрон ажралиб чиқади. Бу электрон гетеро-атомнинг умумлашмаган жуфтнинг ёки қўшбоғ, ёхуд ароматик системанинг битта электрони бўлиши мумкин.

Натижада молекуляр ион деб аталувчи катион (M^+) ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган ион (M^+) нинг молекуляр массаси дастлабки органик модданинг молекуляр массаси билан бир хил бўлиши ўз-ўзидан тушунарли. Шундай қилиб бир вақтнинг ўзида модданинг молекуляр массаси ҳам шаклланади:



органик модда молекуляр ион

Сўнгра ҳосил бўлган молекуляр ион (M^+) нинг бир қисми, баъзан ҳаммаси парчаланadi. Айрим ҳолларда нейтрал молекулалар ҳам ҳосил бўлиши мумкин. Қизиғи шундаки, ионлар, асосан, мусбат бир зарядлидир. Камдан-кам ҳолларда мусбат икки ва манфий зарядли бўлиши кузатилади. Электронлар чуқур вакуумда бомбардимон қилингани учун ионлар кам ҳосил бўлади. Бу эса, ўз навбатида спектрнинг мураккаблашиб кетмаслиги таъминлайди. Таҳлил қилинадиган модданинг жуда кам миқдори (1 мг ва ҳатто 10^{-3} мг) масс-спектрометрияни физик усуллар ичида олдинги ўринлардан бирига қўяди. (29-расмда масс-спектрометрнинг умумий схемаси келтирилган.



29-расм . Масс-спектрометрнинг умумий тузилиши

1-электронлар манбаи, 2-бомбардимон қилиш камераси, 3- тезлаштириувчи пластинкалар яни электр майдон ҳосил қилувчилар, 4- вакуум насос, 5- ионлар оқими, 6- магнит, 7- ажралган ионлар оқими, 8- тешик, 9- ионлар коллектори, 10- кучайтирувчи ва қайд қилувчи қурилма.

Модда бомбардимон қилинишидан олдин буғ ҳолатига ўтказилади. Шундагина унинг электронлар оқими билан тўқнашиши тезроқ содир бўлади. Лекин нефт ва газ маҳсулотларидан олинган кўп органик моддалар суюқ ё каттик бўлгани учун улар дастлаб махсус камераларда қиздирилиб, сўнгра буғ ҳолатига ўтказилади. Қиздириш натижасида модда молекуласи ўзгармаслиги лозим. Бироқ баъзи ҳолларда модда қиздирилганда бошқа бирикмаларга ўтади. Масалан, спирт буғланиш ҳароратида дегидратланиб, алкенга айланади. Шубҳасиз, бунда олинаниган спектр алкеникидир. Шунга ўхшаш, органик кислоталар (хусусан, дикарбон кислота) қиздирилганда осонгина карбонат ангидрид ажралиб чиқади. Бу мисоллардан кўринадики, қиздирилганда ўзгаришда учрайдиган модданинг спектрини олишдан олдин уни барқарорроқ бирикмага айлантириш зарур. Спирт ва кислоталарни мураккаб эфирга айлантириш, гидроксил гуруҳни ацетиллаш мумкин ва ҳоказо. Ҳосил қилинган барқарор бирикма, дастлабки модда (спирт ёки кислота) билан айнан бир хил парчаланиши лозимлигини ҳам эслатиб ўтамыз. Масс-спектрометрдаги электр майдони бомбардимон натижасида ҳосил бўладиган ионларни тезлаштириш учун хизмат қилади. Магнит майдони эса ионларни уларнинг массасига қараб ажратишга имкон беради. Ҳар қандай зарядланган заррача магнит майдонида ўз ҳаракат йўналишини ўзгартириб, бир томонга оғади. Заряди e га тенг заррача кучланганлиги H бўлган магнит майдонида v тезлик билан ҳаракат қилса, унга майдон $H_e v$ куч билан таъсир қилади. Бу куч шу ионни радиуси r бўлган айлана бўйлаб ҳаракатлантирувчи марказга интилма кучга тенг:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = H_e v \quad (26)$$

Ион потенциал U бўлган электр майдонидан ўтганда U , кинетик энергияга эга бўлади:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = U_e \quad (27)$$

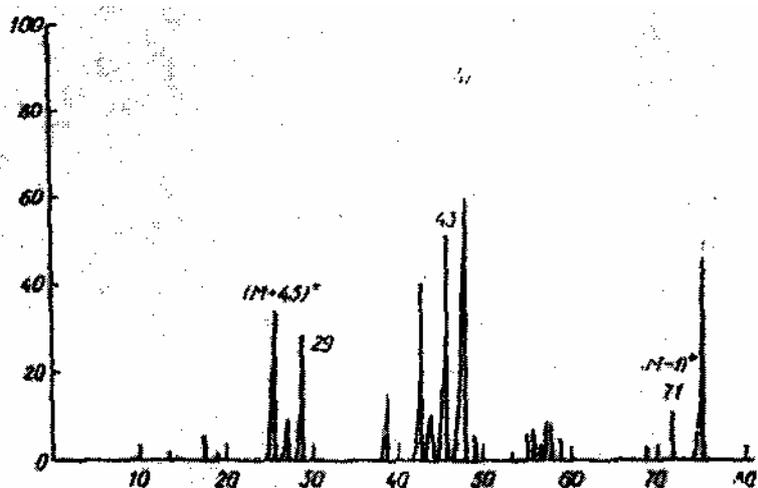
(26) ва (27) тенгламалар бирлиштирилиб, v қисқартирилгандан кейин

$$r^2 = \frac{2U}{H^2} \cdot \frac{m}{e} \text{ формулага ёки, } \frac{m}{e} = \frac{H^2 \cdot r^2}{2U} \quad (28) \text{ га эга бўламиз.}$$

(28) дан кўринадики, (ион массасининг зарядига нисбати) r билан пропорционал боғлиқ экан. Катта массали ионларга r нинг катта қиймати мувофиқ келади ва аксинча. Бошқача айтганда, ион массаси қанча катта бўлса, у магнит майдонида шунча кам бурилади (r катта), кичик бўлса кўпроқ оғади (r кичик). Деярли барча ионлар учун $e=+1$ бўлгани учун (29) деб ёзамиз. Тўғри ионнинг оғиш бурчаги унинг кинетик энергияси (тезлиги) билан ҳам боғлиқ. Лекин оқимдаги барча ионларга ўртача бир хил энергия берилгани учун, оғишда фақат ион массаси асосий роль ўйнайди. H ёки U ни ўзгартириб туриб, ионларни массасининг ортиб бориши тартибида кетма-кет тешик (8) дан ўтказишга ($10^{-9} - 10^{-15}$ а) бўлгани учун, у махсус асбоблар ёрдамида кучайтирилади. Кейин сезгир гальванометр билан ўлчанади. Гальванометр стрелкасинининг оғиши келаётган ионлар оқимининг жадалликлигига боғлиқ, жадалликлиги кам бўлса кам оғади ва аксинча. Бу схема масс-спектр дейилади.

Масс-спектрдаги ҳар бир чўққи (чўққи) муайян $\frac{m}{e}$ га ($e = 1$ бўлса m га) эга

молекуласининг 75 фоизи ўзгаришсиз қолади (молекуляр ион ҳолида). Қолган қисми эса С–С, С–Н боғлар бўйича парчаланadi. Молекуляр ионнинг парчаланишидан ҳосил бўлган майда бўлақлар кўпинча фрагментлар, бу жараённинг ўзи эса фрагментланиш деб аталади.



31- расм. Мой альдегиднинг масс- спектри.

Баъзан молекуляр ион (M) максимал жадалликга эга бўлади. Абсцисса учининг ўнг томонидан энг четки чўкки молекуляр ионга мувофиқ келади деб қараш мумкин эди. Кўп ҳолларда ҳақиқатдан ҳам шундай. Лекин гоҳо четланиш кузатилади. Молекуляр ион спектрда умуман бўлмаслиги ҳам мумкин, яъни у тўла фрагментланишга учраган.

Баъзан спектрда (M+1), (M+2) каби ионлар ҳам иштирок этади. Уларнинг ҳосил бўлишига сабаб изотоплардир. Масалан, бензол спектрида $C_6H_6^+$ формулага мос келувчи молекуляр ион (M^+ ; m/e 78) билан биргаликда $M+1$ (m/e 79) ва $M+2$ (m/e 80) чўкқилар ҳам мавжуд. Биринчиси (m/e $C_5^{13}C_2H_6^+$ ва $C_6H_5D^+$, иккинчиси эса (m/e 80) $C_4^{13}C_2H_6^+$, $C^{13}_5CH_5D^+$, ва $C_6H_4D_2^+$, ионлар ҳисобига вужудга келади. Лекин бирикмаларга оғир изотоп (^{13}C , D) лар миқдори кам бўлгани учун $M+1$ ва $M+2$ чўкқилар жадалликлиги кам бўлади. Бензолдаги чўкқилар жадалликлиги кам бўлади. Бензолдаги бу чўкқилар жадалликлиги мувофиқ равишда 6,58 ва 0,18 % га тенг. Оғир изотопнинг молекуладаги миқдори қанча кўп бўласа, $M+1$ ва $M+2$ ионларнинг жадалликлиги шунча юқори бўлади.

Шубҳасиз, малекуладаги оғир изотоп миқдори учун табиатда тарқалганлигига тўғри пропорционалдир. Қуйидаги б-жадвалда органик бирикмалар тақибдаги элементларнинг табиатда учрайдиган оғир изотопларнинг шу элементлар энгил изотопларига нисбатан олинган миқдори келтирилган. Жадвалдан кўринадики, ^{37}Cl (32,5%), ^{35}Cl (100 %) га нисбатан табиатда тахминан уч марта кам учрайди. ^{81}Br (98 % ва ^{79}Br (100 %) изотоплар миқдори эса тахминан бир хил. Бу мувофиқлик спектрда ҳам кузатилади.

Монохлоралмашинган бирикмаларда $M+2$ ионнинг жадалликлиги M^+ га нисбатан уч барабар юқори. Монобромалмашинган бирикмаларда эса M^+ ва $M+2$

жадалликликлари деярли баравар

Баъзи оғир изотопларнинг миқдорлари		6-жадвал
Оғир изотоп	Енгил изотопга нисбатан миқдори, %	
^2H	0,015	
^{13}C	1,11	
^{15}N	0,37	
^{18}O	0,20	
^{23}S	0,78	
^{34}S	4,4	
^{37}Cl	32,5	
^{81}Br	98,0	

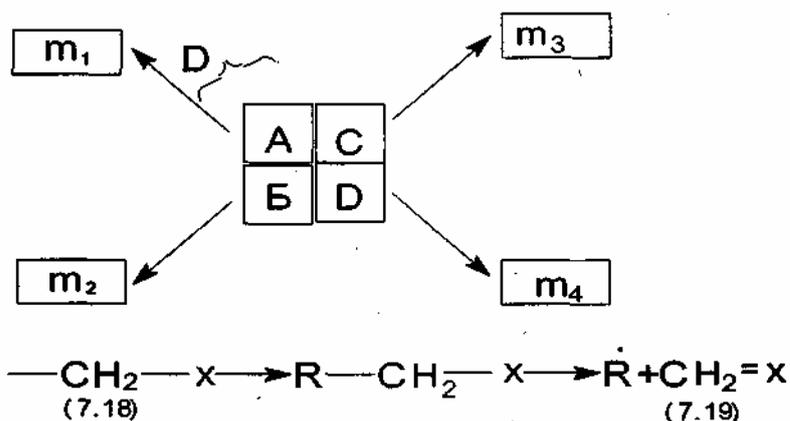
Савол туғилади: масс-спектрда $M+1$, $M+2$, $M+3$ ионлар бўлса, молекуляр ионни қандай аниқлаш мумкин. Спектр охиридаги чўққилар (максимумлар) ичида молекуляр ионни билиб олиш кийин эмас. Одатда нисбатан жадалликлиги юқори бўлган чўққи $M+$ га мувофиқ келади. $M+1$ ва $M+2$ чўққиларни ҳосил қилувчи оғир изотопларнинг нисбий миқдори кам бўлгани учун $M+1$ ва $M+2$ чўққиларнинг жадалликлиги деярли барча ҳолларда жуда паст бўлади (хлор ва бром алмашинган бирикмалар бундан мустасно). Иккинчидан, фараз қилайлик бирор бирикма учун (M^+ m/e 44 бўлсин. У ҳолда бу қандай модда? Бу масса (44 у.б) га N_2O , CO_2 , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, C_3H_8 каби моддалар мувофиқ келади. Спектри олинган модда шуларнинг қайси биттаси эканлигини топиш учун шу бирикмаларнинг ҳар қайсиси учун $M+1$ ва $M+2$ ларнинг $M+$ га нисбатан жадалликлиги назарий йўл билан ҳисоблаб чиқилади. Ҳисоблашлар оғир изотопларнинг табиатдаги нисбий миқдоридан фойдаланиб амалга оширилади. Шу усул билан олинган назарий натижалар қуйидаги жадвалда келтирилган.

Изотоп чўққиларнинг ҳисоблаб топилган жадалликликлари 7-жадвал

Бирикма	M^+	$M+1$	$M+2$	Бирикма	M^+	$M+1$	$M+2$
N_2O	100	0,80	0,20	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	100	1,91	0,01
CO_2	100	1,16	0,40	C_3H_8	100	3,37	0,04

Энди тажрибада олинган натижани жадвал билан таққослаш қолади, холос. Масалан, спектрдаги $M+$ нинг жадалликлиги M^+ га нисбатан 1,16%; $M+2$ ники эса 0,40% бўлсин. У ҳолда бу сонлар жадвалдаги CO_2 нинг кўрсаткичларига мувофиқ келади. Демак, биз спектрини олган модда карбонат ангидрид экан.

Изотоплардан масс-спектрометрияда бошқача ҳам фойдаланилади. Кўп ҳолларда айни чўққика мувофиқ келувчи ион молекуланинг қайси қисмидан ҳосил бўлганлигини аниқлаш учун изотоплар ^{13}C , ^{33}S , ^{34}S , D - (дейтрий) молекулага атайин киритилади. Масалан бирор молекула (I) нинг парчаланишидан спектрда қузатиладиган ионлар (m_1 , m_2 , m_3 , m_4) нинг биттаси, айтайлик, m_1 молекуланинг қайси қисми (A, B, C ёки D) дан ҳосил бўлиши аниқлаш учун молекуланинг A-1 қисмидаги водород атомларидан биттаси дейтерийга алмаштирилади ва яна спектр олинади.



Агар спектрдаги m_1 ионга мувофиқ келадиган чўққи битта бирлик ўннга (яъни $m_1 - \text{H} + \text{D}$) силжиса, тахмини тўғри чиққан бўлади. Кўпинча молекуланинг у ёки бу қисмига оғир изотоплар ўрнига турли гуруҳлар (CH_3^- , C_2H_5^- , CH_3COO^-) киритилади. Бунда молекуланинг шу қисмидан ҳосил бўлган чўққилар мувофиқ равишда 15, 29, 59 бирлик ўннга силжийди. Масс-спектрометрияда бу усул (яъни муайян мақсадни кўзлаб молекулага изотоплар киритиш) дейтеронишон дейилади. Дейтеринишон жуда кўп қўлланиладиган самарали усул ҳисобланади.

Масс-спектрада кўпинча массаси каср сонга тенг бўлган ионлар кузатилади. Бу ионларга мувофиқ, келадиган чўққилар энига чўзилган (нозик эмас), жадаллиги эса кам бўлади. Бундай ионлар метастабил ион ёки чўққилар дейилади. Метастабил чўққилар ҳосил бўлишининг сабаби қуйидагича: бомбардимон қилиш камерасида кўпинча беқарор ионлар ҳосил бўлади. Бу ионлар масс-спектрометрнинг тезлаштирувчи электр майдонида ҳаракат қилаётганда парчаланаяди. Ундан нисбатан кичик m/e га эга бўлган ионлар нейтрал молекула ҳосил бўлади. Парчалананиш ион магнит майдонига кирмасдан содир бўлади. Спектрада ҳар иккала (парчаланган ва ҳосил бўлган) ионлар чўққилари ўртасида (ўзи аслида, йўқ) массаси каср сонга тенг бўлган тенг бўлган метастабил ион чўққии кам намоён бўлади. Бу чўққи баъзан «ёлғон» чўққи дейилади. Агар ҳосил бўлган ион массаси (m_2)нинг квадрати парчаланган ион массаси (m_1) га бўлинса, метастабил ионнинг массаси келиб чиқади. Масалан, аллил эффирининг масс-спектрида учта нормал чўққи (m/e 29; m/e 28; m/e 27) билан бир каторда «ёлғон» чўққи (m/e 25,1) кам учрайди.

Шунга кўра $\frac{(m_2)^2}{m_1} = \frac{27^2}{29} = 25,1$. Бундан жуда муҳим хулоса чиқариш мумкин: демак, массаси m/e 27 га тенг ион m/e 29 бўлган иондан ҳосил бўлади (m/e 28 дан эмас). Дарҳақиқат, $\frac{(27)^2}{28} \neq 25,1$ шунга ўхшаш, бундай нормал чўққи (m/e 43; m/e 58) лар ва метастабил чўққи m/e 31,9) ҳосил қилади. Метастабил ион $58 \rightarrow 43$ нинг парчалананишидан ҳосил бўлган дейиш мумик, чунки

$$\frac{(43)^2}{58} = 31,9$$

Кўриниб турибдики: масс-спектрада метастабил ионларнинг бўлиши парчалананишнинг у ёки бу йўналишида борганлигидан далолат беради, шунинг учун ҳам метастабил ионлардан фрагментланиш схемасини тузиш

(қайси ионлар қайси қисмлардан ҳосил бўлганлигини аниқлаш)да фойдаланилади. Парчаланаётган (m_1) ва ҳосил бўлган (m_2) ионлар массаси ўртасидаги фарқ зарядсиз фрагмент (нейтрал малекула ёки радикал)нинг массасига мувофиқ келади. Биз кўрган мисолларнинг биринчисида бу фрагмент иккита водород атоми ёки водород молекуласи ($29-27=2$), иккинчисида эса метил радикали ($58-43=15$) дир.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Масс-спектрометрия усулининг вазифаси нимадан иборат?
2. Масс-спектрометрия усулининг аҳамияти?
3. Масс-спектрометрнинг умумий тузилиши
4. Спектрдаги жадаллик чўққиларнинг ҳосил бўлишининг тушунтиринг?
5. Изотоплардан масс-спектрометрияда ҳам фойдаланишнинг аҳамияти?
6. Местабил ионлардан фрагментланиш схемасини тузинг?

13- МАЪРУЗА.

Масс-спектрометрияда ион ва фотонларнинг пайдо бўлиш жараёни. Парчаланиш турлари ва уларга таъсир қилувчи омиллар

Режа:

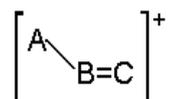
1. Гетероатом тутувчи органик бирикмаларда заряднинг углеродатомларидан йиғилиши.
2. Ароматик система электронлардан бирининг “уриб” чиқарилиши ва ҳосил бўладиган мусбат заряднинг бутун молекулага тарқалиши.
3. Фрагментланиш натижасида ҳосил бўладиган ионларнинг барқарорлиги.

Таянч сўзлар: *Масс спектр, ион ва фотонлар, органик бирикмалар, гетеролитик узулиш, гомологик узулиш,*

Парчаланиш натижасида ҳосил бўлган молекуляр ионда мусбат заряд қайси углерод атомида йиғилиши яъни локаллашишини аниқлаш муҳим аҳамиятга эга. Чунки парчаланишнинг кейинги босқичи заряд йиғилган атом ёнидан бошланади. Гетероатом тутувчи органик бирикмаларда заряд кўпинча гетероатомда қўшбоғли бирикмаларда эса қўшбоғдаги углерод атомларидан бирида йиғилади. Бошқача айтганда, электрон зарба натижасида гетероатом умумлашмаган жуфтнинг ёки қўшбоғ электронларидан биттаси ажралиши мумкин.

Ароматик бирикмаларда эса ароматик система электронларидан бири «уриб» чиқарилади.

Бунда ҳосил бўладиган мусбат заряд бутун молекулага тарқалади, яъни делоколлашади. Бу эса, ўз новбатида, молекуляр ионнинг барқарорлигига сабаб бўлади. Дарҳақиқат ароматик бирикмалар масс-спектрида молекуляр ион юқори жадалликликка эга. Заряднинг қайси атомда йиғилганлигини аниқлаш баъзан жуда кейин ёки умуман мумкин бўлмайди. Масалан, углеводородлардаги C – C боғлар бир хил бўлгани учун заряд молекуладаги исталган углерод атомида йиғилиши мумкин. Бундай ҳолларда фрагментни катта қавсга олиб, қавснинг ўнг томони юқорисига ион заряди ёзилади:



Бундай белгилаш қулай бўлгани учун бошқа ҳолларда ҳам кўп қўлланилади.

Фрагментланиш натижасида ҳосил бўладиган ионлар барқарорлиги органик кимёдаги умумий қонуниятларга бўйсўнади. Бу қонуниятлар қуйидагилардан иборат;

Биринчидан: Барқарор боғ қийин узилади: Демак, C-C боғлар C-H боғларга нисбатан осон узилади.

Иккинчидан: Айни бирикмада бир неча йўналишда фрагментланиш мумкин бўлса, шулардан бирламчига нисбатан иккиламчи, иккиламчига нисбатан учламчи карбокатионлар ҳосил бўлиши билан борадиган жараён кўпроқ фрагментланади. Бошқача айтганда парчаланиш тўйинган углеводород занжирининг кўп тармоқланган жойидан бошланади.

Учинчидан: Углерод атоми билан оддий боғ орқали боғланган ўзида умумлашмаган электрон жуфт тутувчи атомлар фрагментланиш хусусиятига эга эмас. Мусбат заряд галоген OH, OR, NH₂ каби гуруҳлар билан боғланадиган углеводород атомида йиғиладиган жараёнлар осон боради.

Чунки бунда умумлашган электрон жуфт углерод атомининг ярим «бўшаган» орбиталини банд қилади, яъни мусбат заряд йиғилган углеводород ва гетероатом ўртасида табиати жиҳатидан донор-акцептор боғланиш вужудга келади. Бу шу ионнинг мустаҳкамлигини таъминлайди.



Тўртинчидан: Аллил ва бензил системалар барқарор бўлгани учун улар ҳосил бўлиши билан борадиган фрагментланиш катта эҳтимолликка эга. Шунингдек, декарбоксиллаш ва дегидратланиш билан бўладиган фрагментланиш ҳам системани барқарор қилади.

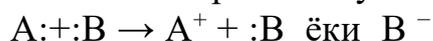
Бешинчидан: Узун занжирли фрагментлар кичик массали ионларга ажралишга интилади. Лекин катта ионнинг кичик ионга парчаланиши

энергетик жиҳатдан қулай бўлмаслиги мумкин. Масалан, бу ҳодиса фрагментланишда нейтрал молекулалар ҳосил бўлганда кузатилади, чунки нейтрал молекулалар ионлар ва радикалларга нисбатан жуда барқарор. Шунинг учун ҳам катта ионларнинг нисбатан барқарор кичик ионлар ҳосил қилиб парчаланишга қараганда, уларнинг нейтрал молекула ва дастлабки ионга нисбатан барқарорроқ ҳосил қилиб парчаланиши энергетик қулай. Нейтрал молекулалар (H_2O , CO , HCN ва CH_3COOH) ни масс-спектр қайд қила олмаса ҳам уларнинг мавжудлигини спектрдаги $\text{M}-\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M}-18$), $\text{M}-\text{CO}$ ($\text{M}-28$), $\text{M}-\text{HCN}$ ($\text{M}-27$), $\text{M}-\text{CH}_3\text{COOH}$ ($\text{M}-60$) чўққилардан билиш мумкин. Фрагментланиш жараёнида кимёвий боғлар узилиб, молекуляр ион парчаланadi. Боғлар узилиши икки хил бўлади:

1. Гетеролитик узилиш:

2. Гомологик узилиш содир бўлиши мумкин:

Электрон жуфтнинг боғ ҳосил қилиб турган атомлардан бирида қолиши билан бўладиган парчаланиш гетеролитик узилиш дейилади:

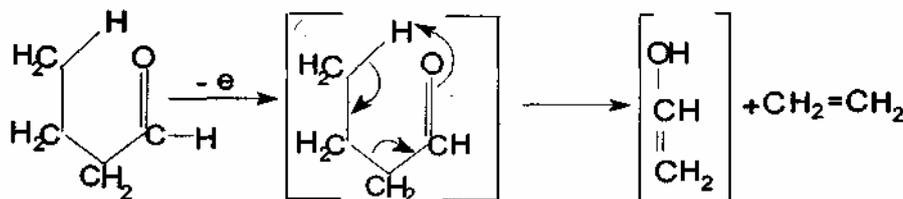


Агар электрон жуфт тенг ўртадан ўзилса, бу гомолитик ёки радикал парчаланишдир:

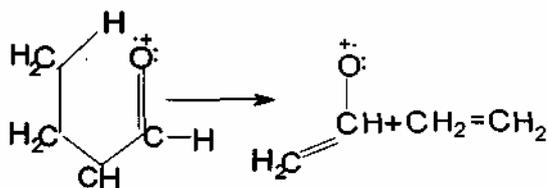


Бунга мисол келтирамиз*:

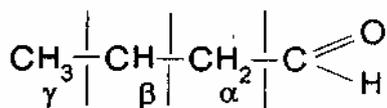
Гетеролитик парчаланиш



Метальдегид. Гомолитик парчаланиш



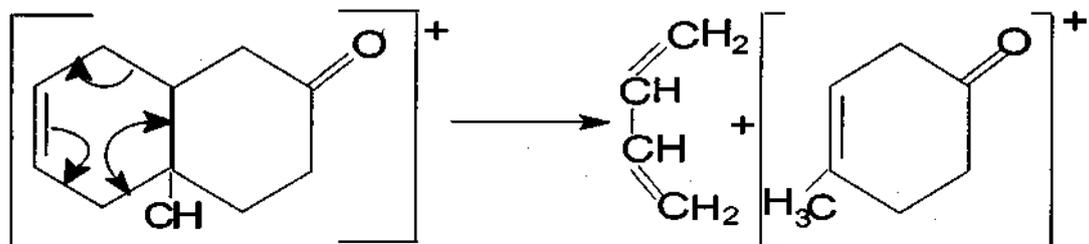
Бундан ташқари, α -, β -, γ - парчаланишлар қайта гуруҳланиш ва ретродиен парчаланишлардан фарқ қилади. Кимёвий боғ функционал гуруҳ тутган углерод атоми ёнидан узилса, α -парчаланиш дейилади. Агар узилиш шу ҳолатга нисбатан иккинчи ва учинчи углерод атомларида содир бўлса, бу мувофик равишда β ва γ - парчаланишдир.



α -узилиш нисбатан кўпроқ кузатилади. Кўриниб турибдики α -узилиш мусбат заряд йиғилadиган гетероатом ёнида содир бўлади. Биз бу ҳақида, яъни мусбат заряд йиғилadиган атомини аниқлаш жуда муҳимлигини айтиб ўтган эдик.

Баъзан боғ узилганда молекуланинг бир қисмидан атомлар унинг иккинчи қисмига кўчиб ўтиши мумкин. Боғлар узилишида атомларининг силжиши билан бўладиган ёки қайта гуруҳланиб парчаланиш дейилади. Боғлар узилишда атомларнинг силжиши кузатилмаса бу оддий парчаланишдир.

Юқорида биз кўрган ион альдегиднинг парчаланиши γ -водород атомининг карбонил гуруҳ кислороди томон силжиши билан борадиган (яъни қайта гуруҳланиб) узилишдир. Ретродиен парчаланиш диен синтезига тескари жараёндир:



Ниҳоят, кўшбоғ тутган бирикмаларнинг ионланиши ҳақида тўхталиб ўтамиз. Агар бомбардимон натижасида кўшбоғ электронларнинг биттаси уриб чиқарилса радиал-катион ҳосил бўлади:



Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Масс-спектрометрия таҳлил қилиш усулини вазифаси нимадан иборат?
2. Масс-спектрометрияда модда нима учун бомбардимон қилинади?
3. Гетеролитик парчаланиш содир бўлишини изоҳланг?
4. Гомолик тарзда парчаланиш қачон содир бўлиши мумкин?
5. Қачон α -парчаланиш дейилади?
6. Фрагментланиш жараёни қандай боради?
7. Масс-спектрометрияда парчаланиш турлари ҳақида нима биласиз?
8. Парчаланишга таъсир этувчи омиллар нималардан иборат?

14- МАЪРУЗА

Нефть ва газ маҳсулотларидан олинган органик бирикмаларни тузилишини ўрганишда масс-спектрометрияни қўллаш

Режа:

1. Алканлар.
2. Алканлар ва алкинлар.
3. Галагенли ҳосилалар.
4. Спиртлар.
5. Альдегид ва кетонлар.
6. Бензол ва унинг ҳосилалари.

Таянч сўзлар: алканлар, ациклик алканларга, спиртлар, , карбонил гуруҳ, Бензол ва унинг ҳосилалари, феноллар ва ароматик аминлар

Алканлар. Газлардан ажратиб олинган алкан молекуласидан электрон ажратиб чиқариш учун анча кўп энергия талаб қилинади. Чунки ҳосил бўладиган молекуляр ионни барқарор қилувчи омиллар алкан молекуласида деярли кам. Бу ҳол M^+ нинг фрагментланишини жуда осонлаштиради. Нормал алканларда молекуляр ионнинг ва катта фрагментларнинг жадалликлиги кам, $(C_2H_5)^+$, $(C_3H_7)^+$, $(C_4H_9)^+$, $(C_5H_{11})^+$ каби тоқ масса ва жуфт электронли кичик фрагментларнинг жадалликлиги эса юқори бўлади.

Кўпчилик $C_2 - C_{12}$ углеводородларнинг спектрларини ўрганиб фақат этан ва 3,4-диметилгександагина $(C_2H_4)^+$, $(C_4H_8)^+$ - каби тоқ электронли жуфт массали фрагментларнинг ҳосил бўлиши кузатилган. Тармоқланган занжирли алканлар учун қуйидаги қонуниятлар хос:

1) Тармоқланиш боғ узилишини осонлаштиради, шунга кўра тармоқланиш даражаси ортиб бориши билан молекуляр ионнинг жадалликлиги камайиб боради.

2) Узун занжирли катта фрагментларнинг ҳосил бўлиш эҳтимоллиги катта. Ҳаддан ташқари кўп тармоқланган углеводородлар спектрида молекуляр ион бўлмайди (у тўла парчаланиб кетган). Лекин катта молекуляр массага эга бўлган ионлар жадалликлиги жуда юқори.

Молекуляр массаси кичик бўлган тармоқланган алканлар спектрида $(C_3H_7)^+$ - $(C_6H_{13})^+$ ионлар одатда жадалликдир. Умуман, $(C_3H_7)^+$ ва $(C_4H_9)^+$ ионлар деярли барча алканлар спектрида учрайди ва нисбатан юқори жадалликликка эга. Ациклик алканларга нисбатан алициклик углеводородларда молекуляр ион жадалликлиги катта.

Алканлар ва алкинлар. Алкенлар учун қуйидаги хусусиятлар хос.

1. Молекуляр ион чўққи жадалликлиги нормал алканлардагига нисбатан юқори. Молекуляр массаси $C_6 - C_{12}$ бўлган алкенларда M^+ 20-30% ўртасида бўлади, баъзан эса 40% дан ҳам ортиқ.

2. Алканларда парчаланиш асосан молекуланинг ўлчамига ва тармоқланишига боғлиқ бўлса, алкенларда қўшбоғнинг молекуладан ўрнига ҳамда қўшбоғнинг ёнида радикалларнинг бўлиш-бўлмаслигига боғлиқ.

3. Парчаланиш худди алканлардаги каби занжирнинг кўпроқ тармоқланган жойидан бошланади.

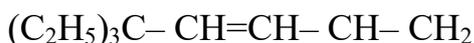
4. Узилиш кўпинча қўшбоғга нисбаган β -ҳолатда содир бўлади. Лекин водород атомининг силжиши билан бўладиган α -узилиш ҳам алканлар учун хосдир.

5. Алканларда $[C_n H_{2n+1}]^+$ формулага мувофиқ келувчи ионлар кўпроқ жадаллик бўлса, алкенлар учун бу ионлар $[C_n H_{2n-1}]^+$ дир. Циклоалкенларда молекуляр ион худди циклоалканларга ўхшаб юқори жадалликликка эга. Алкенлар спектрида C-H боғнинг узилишдан ҳосил бўладиган ионлар ҳам кузатилади. Масалан, этилен масс-спектрида $(C_2H_3)^+$ ион мавжуд. Пропилен масс-спектри унинг дейтероҳосилалари $CH_3CD=CH_2$, $CH_3CH=CD_2$, $CD_3CH=CH_2$ билан бирга ўрганилган. Текширишлар кўрсатадики $(C_3H_5)^+$ ион $CH_3CH=CH_2$ ва $CH_3CD=CH_2$ лардан баравар миқдорда ҳосил бўлади. Бу аниқлик C-H (ёки C-D) боғ

ўртадаги углевод атомиди узилишини кўрсатади. Алкинларда учбоғга нисбатан узилиш кўп кузатилади. Ҳосил бўладиган ионлар $[C_n H_{2n-3}]^+$ умуман формулага мувофиқ келади.



Тармоқланмаган тузилишли оралатма боғланишли диен углеводородларнинг масс-спектрлари алкенларникига ўхшаш бўлиб, улар парчаланганда $(C_3H_x)^+$ ва $(C_5H_x)^+$ ионлар ҳосил бўлади. Бироқ қўшбоғ ёнида тўртламчи углерод атоми тутадиган диенлар масс-спектрлари фарқ қилади.

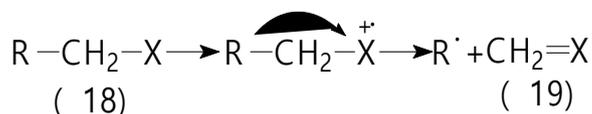


Бу қаторда углерод атомлари сони уч бирликка ортганда (C_8H_{11}) молекуляр ионнинг жадалликлиги беш марта камаяди. C_8H_{14} , C_9H_{16} , $C_{10}H_{16}$ каби диенлар спектрида m/e 95, 109, 123 бўлган ионлар максимал жадалликликка эга. Бу ионлар молекуладан метил ($M-15$)⁺ ва этил ($M-29$)⁺ радикаллариининг ажралиб чиқишидан ҳосил бўлади.

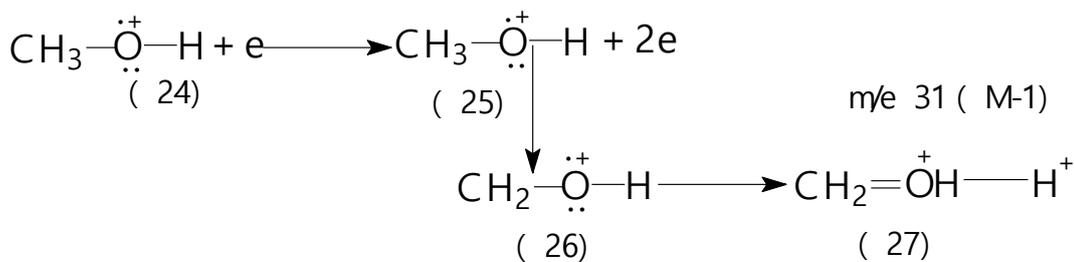
Галогенли ҳосилалар. C-X боғ C-C боғга нисбатан беқарор бўлгани учун галогенли ҳосилаларда C-C боғнинг α-β-узилишга нисбатан галогеннинг ёки водород галогеннинг ажралиши осонроқ.



Иккинчидан молекуляр ион галоген атомидаги умумлашмаган жуфт битта электроннинг уриб чиқарилиши туфайли ҳосил бўлади. Электрон ажратиб чиқариш, $RJ > RBr > RCl > RF$ тартибда бўлади, яъни ҳаммасидан ионли бирикмаларда молекуляр ион осон ҳосил бўлади. Бундан ташқари, галогенли ҳосилаларга α- ва β-қайта гуруҳланиб парчаланиш ҳам хос. Молекуляр ионнинг ҳосил бўлиши ва унинг барқарорлашуви $J > Br > Cl > F$ тартибда ўзгаргани учун галогенли ҳосилаларда (18)→(19) типидagi α-парчаланиш фторлиларга қараганда йодли бирикмаларда осон боради дейиш мумкин:

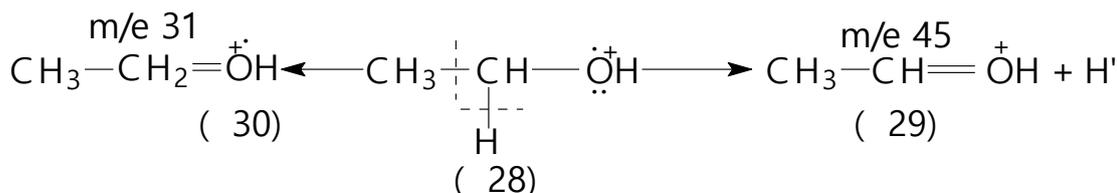


аслида эса бунинг акси кузатилади. α-узилиш натижасида ҳосил бўладиган, фрагментлар $(M - 1^+)$ ва $(CH_2 - X^+)$ фторли бирикмаларга юқори жадалликликка эга. Буни ҳодисани фақат галогенларнинг индукцион эффекти билан тушунтириш мумкин.

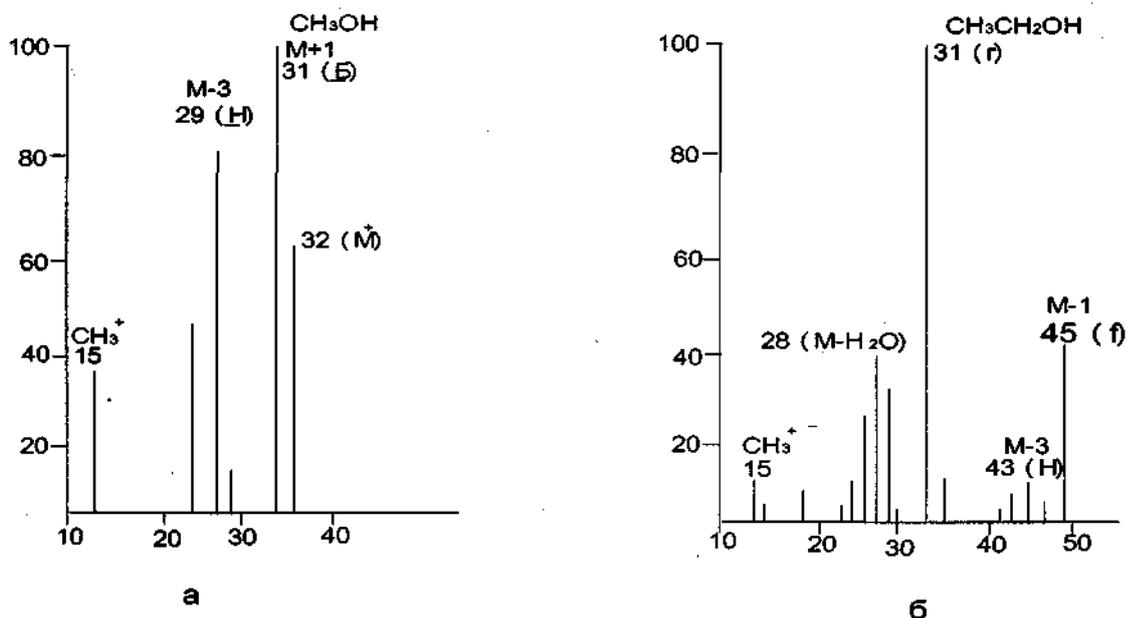


(27)ни оксоний иони дейилади.

Этил спиртта оксоний иони икки усул билан ҳосил бўлиши мумкин:



C₅-C₁₀ спиртлар учун углеводород ионнинг ҳосил бўлиши ҳосдир. Бу ион молекуласидан ОН водород атоми (яъни сув молекуласи) нинг ажралишидан ҳосил бўлади. Масалан, пентанол-1 спектрида айтилган ион 12,3% ни ташкил этади. Сув чиқиб кетгач углеводород ионнинг кейинги фрагментланиши, табиийки, алкенлар-никига ўхшаш бўлади (34-расм). (M-1) ион пропил ва бутил спиртлар спектрида ҳам кузатилади.



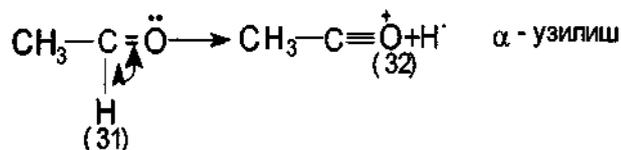
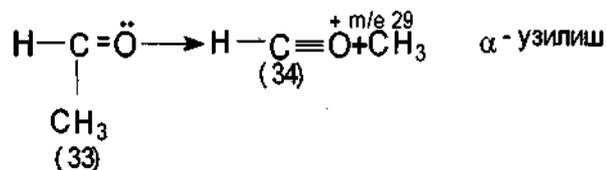
34-расм. CH₃OH метил (а) ва C₂H₅OH этил (б) спиртларининг масс-спектрлари.

Боғнинг узилиш тури	n	m/e	Нисбий жадалликлик %
α	0	31	100,0

β	1	45	8,2
γ	2	59	1,2
ε	3	73	0,1

Тармокланиш даражси ортиб бориши билан, масалан, бирламчи спиртлардан учламчи спиртларга ўтилганда α -узилиш жуда осон бўлиши натижасида молекуляр ионники спектрда умуман бўлмайди. Бирламчи спиртларда α -узилишдан ташқари β , γ , ε узилишлар ҳам мавжуд. Буларга мувофик равишда m/e 45, 59, 73 ионлар тўғри келади. Лекин бу узилишлар натижасида вужудга келадиган фрагментлар жадалликлиги бир-биридан фарқ қилади. Буни қуйидаги жадвалдан кўриш мумкин.

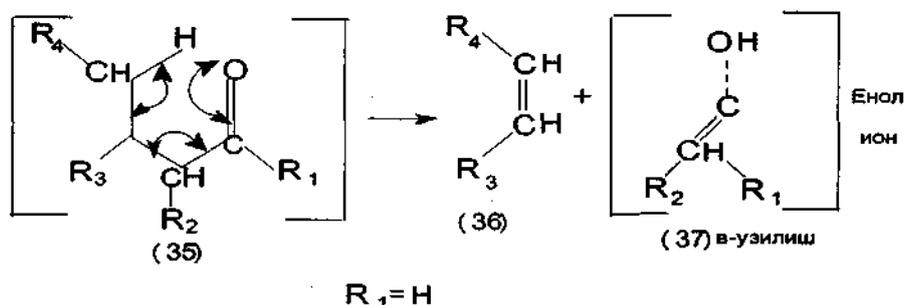
Альдегид ва кетонлар. Кўп ионлар C-C боғларнинг узилиши ва водороднинг силжиши билан борадиган α , β - парчаланишига учрайди.



Чумоли альдегида радикал бўлмагани учун у ўзига хос парчаланеди:



Спектрда m/e 29 ион максимал жадалликликка эга.

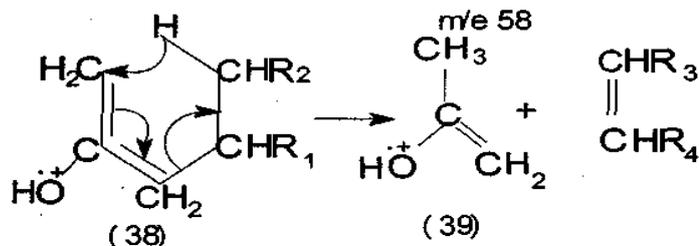


Фрагментланиш одатда олти аъзоли ҳалқасимон ҳолат (35) дан иборат.

Кетонларда β -узилиш кўп учраса ҳам α -узилиш натижасида ҳосил бўладиган фрагментлар альдегидлардагига нисбатан юқори жадалликка эга. Чунки $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\overset{+}{\text{O}}$ ион $\text{H}-\text{C}=\text{O}$ ионга қараганда барқарордир. Кетонлардаги β -узилиш альдегидлардагига фарқ қилади. Биринчидан альдегидларда у водороднинг силжиши билан бўладиган. α -узилишда ҳосил бўладиган қайта гуруҳланган ион (37, $R_1 = \text{H}$, $R_2 = \text{H}$) ҳамма вақт m/e 44га тенг. Кетонларда эса бу ион турлича

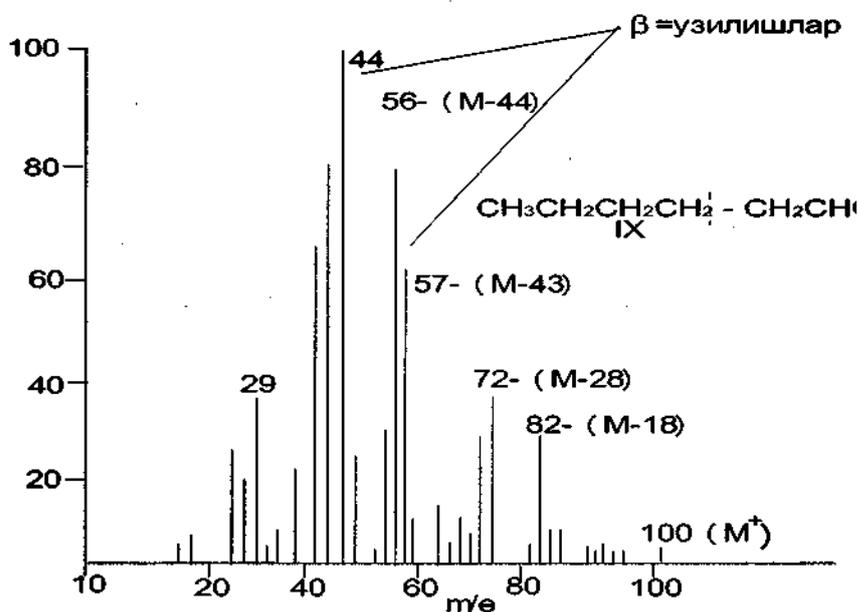
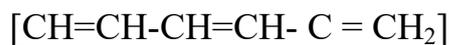
бўлади. Масалан, метил кетон (37, R=CH₃, R=H) да бу ион *m/e* 58 ни (агар тармоқланиш учинчи углерод атомидан кейин бошланган бўлса) ташкил этса, этил (R= C₂ H₅) ва изопропил (R= C₂H₇) кетонларда мувофиқ равишда *m/e* 72 ва 86 ни ташкил этади.

Иккинчидан, карбонил гуруҳ билан боғланган алкил радикал уч ёки ундан ортиқ углерод атом тутса, қўш қайта гуруҳланиш юз беради. Бирламчи қайта гуруҳланишда ҳосил бўладиган еноль ион (38), олти аъзоли ҳалқасимон ҳолатдан ўтиб, яна парчаланиши мумкин.



Таққослаш учун 35-расмда капрон альдегид ва октанон-4 нинг спектрлари келтирилган.

Бензол ва унинг ҳосилалари. Бензол масс-спектрининг ўзига хос хусусиятларидан бири молекула ион жадаллигининг юқори бўлишидир. Чунки очик, занжирли тўйинмаган ион ҳосил бўлиб, мусбат заряд ана шу структурада делокалланади:

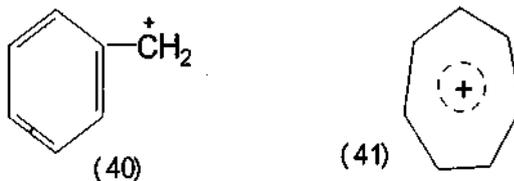


35-расм а) капрон альдегид; б) октанон-4 нинг масс-спектрлари

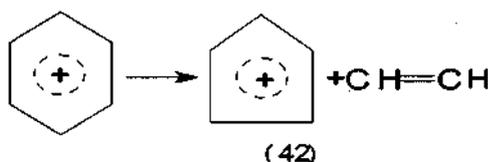
Кейинги босқичда (38) парчаланиб, C₃H₃ (*m/e* 39), C₄H₃ (*m/e* 51), C₄H₅ (*m/e* 53), C₆H₄ (*m/e* 76), C₆H₅ (*m/e* 77).

Алкил бензолларда ароматик ҳалқага нисбатан (3-узилиш кузатилади. Бу узилиш толуол, этилбензол, пропиленбензол спиртда ион жадал-лигининг максимал бўлишига сабабчи бўлади. Толуолда C₆H₅-CH₂-H, этилбензолда C₆H₅-CH₂-CH₃,

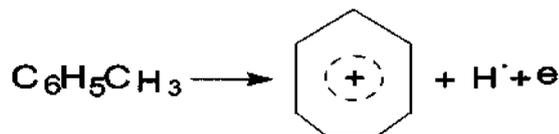
боғ узатилади. м/е 91 бўлган ионга икки хил структура мувофиқ келади.(40) ва (41)



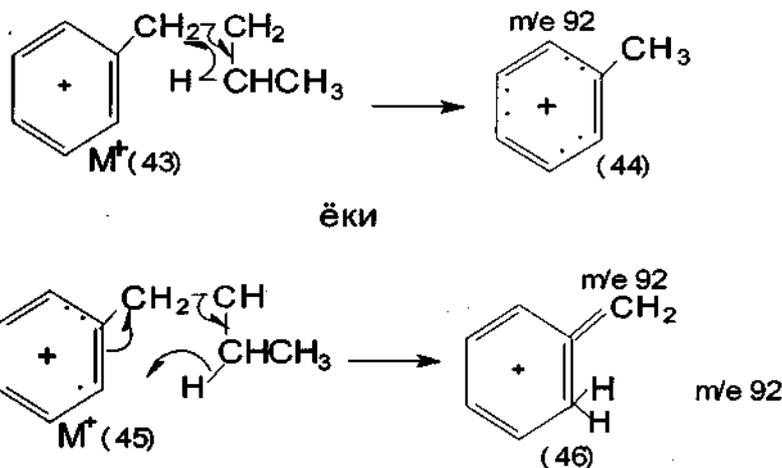
(41) ион тропилий катион дейилади. Экспериментал тадқиқотлар (41) формулани тақозо қилади. Пропилий катион парчаланиб, м/е 65 ион -пентадиенил катион ҳосил бўлади:



Шундай қилиб, бензол молекуляр ионининг барқарорлиги тропилий ионнинг ҳосил бўлиши билан тушунтирилади. Толуол дан тропилий-катионга ўтиши қуйидагича ифодалаш мумкин:

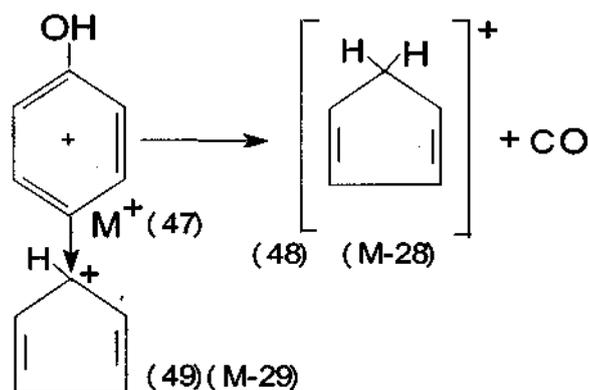


Алкилбензолларнинг фрагментланишини н-бутилбензол мисолида кўриб чиқамиз.

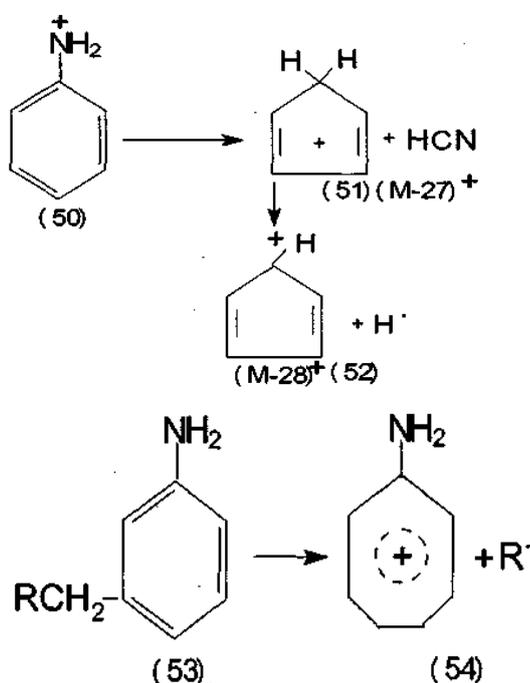


(46) структуранинг ҳосил бўлиши энергетик қулайлиги аниқланган.

Феноллар ва ароматик аминлар. Фенол масс-спектрида жуда жадал (M-1)⁺ ва (M-28)⁺ чўққилар кузатилади. Бу ионлар молекуляр иондан водород атоми ва СО молекуласининг ажралиб чиқишидан ҳосил бўладл. Агар M⁺ дан СНО гуруҳ ажралса (M-29)⁺ ион ҳосил бўлади, лекин унинг жадаллиги нисбатан кам:



Ароматик альдегидлар ва диарилкетонлар ҳам СО ва СНО ажратиш билан парчаланади. Ароматик нитриллар ҳам шундай хоссага эга. Масалан, анилин масс-спектрида максимал чўкки M^+ билан бир каторда $(M-1)^+$, $(M-27)^+$, $(M-28)^+$ ионлар учрайди: Алкил анилинлар учун аминотропилий иони (7,54) ҳосил бўлиши хос.



Ниҳоят, масс-спектроскопиядан фойдаланиш имкониятлари ҳақида тўхталиб ўтамыз.

1. Иккита модданинг бир хиллигини исботлаш. Бунинг учун ҳар иккала модданинг масс-спектрлари бир хил шароитида олиниб, ўзаро таққосланади. Спектрлар айнан бир хил бўлса, иккала модда ҳам битта нарсадир.

2. Янги олинган модданинг тузилишини аниқлаш. Бунда дастлабки жуда кўп бирикмаларнинг электрон зарб таъсирида парчланиш қонуниятлари ўрганилади, яъни уларнинг спектрлари олиниб, фрагментланишнинг молекуляр тузилиш билан боғлиқ қонуниятлари топилади. Шундан кейигина янги модданинг спектри олиниб, у муайян маълум экспериментал факт (масалан, спектрлар) билан солиштирилади. Асосий фрагментлар ўхшаш бўлса, янги модда шу синфга оидлигига ишонч ҳосил қилинади.

3. Элементлар изотопларини бир-биридан ажратишда масс-спектрометриядан фойдаланиш ҳозирги пайтда даврий системадаги барча

элементларнинг изотоп таркиби аниқланган. Ана шу мақсадда ишлатиладиган асбоблар масс-спектрометрлар дейилади. Молекула тузилишини аниқлаш учун фойдаланиладиган асбоблар масс-спектрометрлар, усулнинг ўзи эса масс-спектрометрия деб аталади.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлари

1. Масс-спектрометрияда ион ва катионлар қандай ҳосил бўлади?
2. Масс-спектрометрияда боғларнинг узилиши қандай
3. Фотонларнинг пайдо бўлиши қандай содир бўлади?
4. Ионларнинг ҳосил бўлишини тушунтиринг?
5. Бензол масс-спектрининг қандай хусусиятларини биласиз?
6. Органик моддаларнинг масс-спектри ҳақида тушунча беринг?
7. Тармоқланган занжирли алканларнинг масс-спектрлари қандай бўлади?
8. Спиртлар, алдегид ва кетонларнинг парчаланишини изоҳланг?
9. Феноллар ва ароматик аминларнинг масс-спектрлари қандай бўлади?
10. Тармоқланган занжирли алканлар учун қандай қонуниятларни биласиз?
11. Масс-спектрда кўпинча массаси каср сонга тенг бўлган ионлар кузатилади нима сабабдан шундай қилинади?
12. Масс-спектроскопиядан фойдаланиш имкониятлари ҳақида тушунтириб беринг.

15- МАЪРУЗА

Хроматографик таҳлил усулининг назарий асослари

Режа:

1. Хроматографик таҳлилда хроматограмманинг ўлчамлари
2. Хроматографик ажратишнинг самардорлиги.
3. Ажратишни баҳолаш мезони.

Таянч сўзлар: Нефт ва газ маҳсулотлари, хроматограмманинг ўлчамлари, хроматографик ажратиш, ажратиш баҳолаш, физик кимёвий хоссалари, газ хроматографияси, Ван-дер-Ваальс кучлари

Нефт ва газ маҳсулотларидан олинган кимёвий бирикмаларни ажратиш, таҳлил қилиш ва уларнинг хоссаларини текширишнинг кимёвий, физикавий ва физик-кимёвий усуллари орасида хроматографик таҳлил усуллари муҳим ўринни эгаллайди.

Хроматографик таҳлил усуллари соддалиги, самардорлиги, танловчанлиги, тезкорлиги, шунингдек, уни бошқа физик-кимёвий усуллар билан биргаликда автоматлаштириш мумкинлиги туфайли кенг тарқалган.

Хроматография усулининг ўзига хос хусусияти уларнинг универсаллигида бўлиб, турли концентрацияларда олинган аорганик ва органик қаттиқ, суюқ ҳамда газсимон моддаларни ажратиш ва аниқлашга имкон беради. Бу

усулларнинг яна бир муҳим томони шундаки, улар ёрдамида хоссалари бирбирига яқин бўлган бирикмаларни тўла ва осон ажратиш мумкин.

Хроматография текширилувчи объектларни сифат ва миқдорий таҳлил қилишга, моддаларнинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганишга, технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматик бошқаришга имкон беради. Кейинги вақтларда хроматография атроф муҳитни назорат қилишнинг асосий усулларида бири бўлиб қолди.

Хроматографияга биринчи бўлиб рус ботаник олими М.С. Цветнинг тадқиқотлари ва унинг 1903 йилда босиб чиқарилган «Адсорбцион ҳодисаларнинг янги категорияси ва уларнинг биокимёвий таҳлилда қўлланилиши» «номли мақоласи асос солди.

Ўзи тақлиф этган усулнинг асосларини Цвет қуйидагича таърифлайди: «Аралаш эритма адсорбент устуни орқали филтрланганда пигментлар... турли рангдаги алоҳида зоналарга ажралади. Мураккаб пигментнинг турли таркибий қисмлари спектрдаги ёруғлик нурлари сингари адсорбент устунда маълум қонуният асосида бир-биридан ҳар хил рангли қаватма-қават бўлиб ажралади ва уларни сифат жиҳатдан аниқлаш имкони туғилади. Бундай рангбаранг препаратни мен хромато-грамма деб, тегишли усулни эса хроматографик усул деб атадим».

Моддаларни хроматографик ажратиш усуллари сорбция жараён-ларига асосланган. Бу ерда сорбция деганда газ, буғ ёки эриган моддаларнинг қаттиқ ёки суюқ ютувчиларга (сорбентлар) ютилиши тушунилади. Тескари жараён десорбция дейилади. Сорбция тушунчаси умумий бўлиб, у адсорбция (фазанинг сиртига ютилиш) ва абсорбция (фазанинг ҳажмига ютилиш) дан иборат.

Сорбцияни икки йўл билан: статик ва динамик шароитда амалга ошириш мумкин. Статик сорбция иккала фазанинг нисбий ҳаракатсиз ҳолатида рўй берувчи сорбцион жараён бўлиб, модданинг фазалар орасида тақсимланиш мувозанати қарор топиши билан яқунланади. Динамик сорбция ҳаракатчан фаза ҳаракатсиз фазага нисбатан бир йўналишда силжийдиган сорбцион жараёндир. Моддалар аралашмасини хроматографик ажратиш усули динамик сорбция жараёнига асосланган. Барча хроматографик усулларнинг моҳияти шундаки, таркибий қисмларга ажратиладиган модда ҳаракатчан фаза (суюқ ёки газсимон) билан биргаликда ҳаракатсиз сорбент (ҳаракатсиз фаза) қатлами орқали ўтади, ютилиши турлича бўлгани учун сорбент орқали турлича тезликда ўтади. Аралашмаларни ажратишнинг баъзи турларидан фарқли равишда хроматографик усулларнинг ўзига хос хусусияти сорбция ва десорбция жараёнларнинг сорбентнинг янги қатламларида кўп марта такрорла-нишидир. Бу эса ажратишнинг жуда самарали бўлишини таъминлайди. Демак, хроматография аралашмаларни ажратишнинг динамик, сорбцион усули бўлиб, у моддаларни икки фаза орасида тақсимланишига асосланган (фазалардан бири ҳаракатчан бўлиб, иккинчиси қўзғалмас) ва сорбция ҳамда десорбция жараёнларининг кўп марта такрорланиши билан боғлиқ.

Хроматографик усулларни классификациялашнинг турли йўллари мавжуд.

1. Қўзғалмас ва ҳаракатчан фазаларнинг физик табиатига қараб суюқлик хроматографияси (ҳаракатчан фаза суюқ бўлганида) ва газ хроматографияси

(ҳаракатчан фаза газ бўлганида). Суюқлик хроматографиясини ўз навбатида кўзгалмас фазанинг агрегат ҳолатига қараб қаттиқ-суюқ фазали хроматографияга (ҚСХ) (кўзгалмас фаза қаттиқ модда) ва суюқ-суюқ фазали хроматографияга (ССХ) (кўзгалмас фазаси суюқлик) ажратиш мумкин. «Суюқлик-суюқлик» хроматографияси (ССХ) кўпинча, тақсимловчи хроматография, деб юритилади.

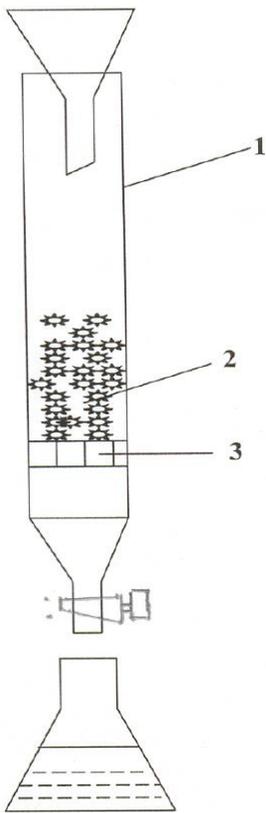
Газ хроматографияси кўзгалмас фазанинг агрегат ҳолатига қараб «газ-адсорбцион» (ГАХ) ва «газ-суюқлик» хроматографиясига (ГСХ) ёки газ тақсимловчи хроматографияга бўлинади.

2. Сорбция механизмига қараб хроматография молекуляр ва хемосорбцион хроматографияга бўлинади. Молекуляр хроматографияда кўзгалмас фаза (сорбент) билан ажратилаётган аралашманинг таркибий қисмлари орасидаги ўзаро таъсир кучлари табиати бўйича молекулалараро Ван-дер-Ваальс кучларидир. Хемосорбцион хроматографияга ион алмашиш, чўктириш, комплекс ҳосил қилиш (ёки лиганд алмашиш), оксидланиш-қайтарилиш хроматографияси киради. Хемосорбцион хроматографияда тегишли кимёвий реакциялар сорбцияга сабаб бўлади.

3. Хроматографиялаш усуллари бўйича фронтал, очилтириш (элюент) ва сиқиб чиқариш хроматографияларига бўлинади. Таҳлилий кимёда кўпинча, очилтириш усули қўлланилади.

4. Бажариш техникаси бўйича колонкали (найли) хроматография (кўзгалмас фаза найда жойлаштирилган) ва юза қоғоз хроматографияси ҳамда юпқа қатламли хроматографияларга (кўзгалмас фаза сорбент қоғоз варағига ёки шиша ва металл пластинкага юпқа қатлам қилиб жойлаштирилган) ажратилади.

Хроматографик таҳлилнинг моҳияти қуйидагилардан иборат. Колонкага (сорбентнинг юпқа қатламига, ёки қоғоз лентага) ажратиладиган аралашмадан озгина (кўзгалмас фаза сифимидан жуда кичик ҳажмда) солинади. Аралашманинг таркибий қисмлари сорбентнинг юқори қатламларида (текис юзадаги хроматографияда эса намуна солинган жойда) ютила бошлайди. Бунда яхши ютилмайдиган компонент колонка бўйлаб кейинги қатламларга (қоғозда доғнинг чеккалари томон) яхши ютиладиганларига нисбатан каттароқ тезлик билан ўтади. Дастлабки хроматограмма ҳосил бўлади, унда аралашма таркибий қисмларга ҳали тўлиқ ажралмаган бўлади. Аралашмани таркибий қисмларига тўлиқ ажратиш учун дастлабки хроматограммани очилтириш (аралашма таркибий қисмларини эритувчида эритиш) керак. Бунинг учун хроматографик колонка бирор эритувчи билан ювилади. Хроматограмма очилтирилганда аралаш зоналар алоҳида зоналарга ажралади, уларнинг ҳар бирида алоҳида модда бўлади, кейин бу зоналар колонка бўйлаб аралашиб кетади. (36-расм).



36. Расм. Хроматографик колонка
1- адсорбент (ютувчи модда); 2-3- ҳаракатчан (текширилаётган) фаза

Бунда кўзғалмас ва ҳаракатчан фазалар орасида тақсимланиш коэффициенти катта бўлган моддалар колонка бўйлаб тезроқ ҳаракатланади ва колонка ҳаракатчан фаза билан етарли даражада ювилганда колонкадан биринчи бўлиб чиқади. Колонкадан чиқаётган элюат филтрат таркибида аралашманинг алоҳида компонентлари бўлади, уларни бирор идишга йиғиш ва мос келувчи усуллар билан текшириш мумкин.

Ҳар қандай сорбция жараёнининг ўзига хос тақсимланиш константаси ($K_{\text{такс.}}$) бўлади. Бу константа маълум бир шаклдаги модданинг кўзғалмас фазадаги мувозанат концентрациясининг (C_1) модданинг ҳаракатчан фазадаги концентрациясига (C_2) нисбатидан иборат;

$$K_{\text{такс.}} = C_1 / C_2$$

Хроматографияда аниқланувчи модда иккала фазада ҳам бўлиши мумкин. Бу ҳолда тақсимланиш коэффициенти K_D аниқланувчи модда А нинг мувозанат ҳолатида фазалар орасида тақсимланишини белгилайди ва қуйидаги ифодаловчи коэффициентдан фойдаланилади:

$$K_D = C_{A_{\text{кўзғ.}}} / C_{A_{\text{хар.}}}$$

бунда $C_{A_{\text{кўзғ.}}}$ ва $C_{A_{\text{хар.}}}$ турли шакллардаги А модданинг (миқдорининг) тегишлича кўзғалмас ва ҳаракатчан фазалардаги умумий таҳлилий концентрацияси. Тақсимланиш коэффициенти аниқланувчи модда табиатига, кўзғалмас ва ҳаракатчан фазалар табиатига, ҳароратга, рН га, суюқлик хроматографиясида эса эритманинг концентрацияси ва ион кучига боғлиқ бўлади.

Айни модда зонасининг ҳаракатланиш (силжиш) тезлиги тақсимланиш коэффициенти K_D га тесқари мутаносибдир. K_D нинг қиймати катта бўлганда модданинг кўпроқ қисми ҳаракатсиз фазада бўлиб, жуда секин силжийди. K_D кичик бўлганда модда колонка бўйлаб ҳаракатчан фаза билан бирга тез ҳаракатланади. K_D қиймати турлича бўлган ҳар қандай иккита модда турли тезлик билан ҳаракатланади ва бу хроматографик ажратиш усулининг асосий омили ҳисобланади.

Хроматографик таҳлилда хроматограмманинг ўлчамлари

Агар ҳаракатчан фаза оқимининг маълум хоссасини сорбент қатлаидан чиқишида вақт бирлигида ёки ҳаракатчан фаза ҳажмида ўзгариши қайд қилиб турилса, регистратор лентасида чиқиш хроматографик эгри чизиғи-хроматограмма ёзилади (37-расм). Чиқиш эгри чизиғининг тутиб қолиш

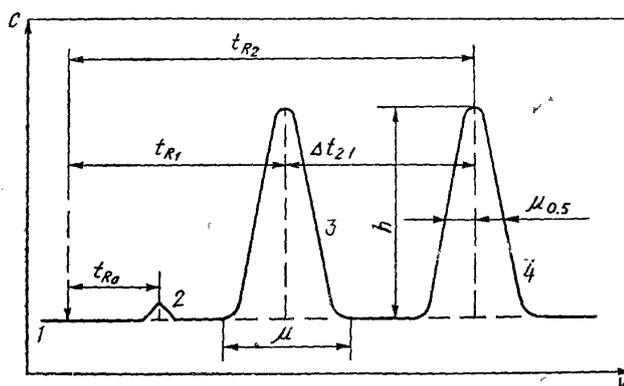
параметрлари деб аталувчи параметрлари аралашмадаги моддаларни ажратиш натижаларини ифодалаш воситаси бўлиб хизмат қилиши мумкин.

Ажратилувчи моддаларга nisbatan қўзғалмас фазанинг сорбцион қобилияти тутиб туриш вақти t_R билан тавсифланади. Бу хроматограммада моддани сорбент қатламига киритиш пайтидан модданинг сорбент қатлаמידан максимал конценграцияда ҳаракатчан фаза оқимида чиқишини очилтириш пайтигача бўлган ораликни кўрсатади. Бунда ҳаракатчан фазанинг сорбент қатлаמידан ўтган ҳажми тутиб қолиш ҳажми t_R дейилади:

$$v_R = t_R \cdot v$$

бу ерда v - ҳаракатчан фазанинг ҳажмий тезлиги.

$t_R (v_R)$ орқали ютилмайдиган компонентнинг тутилиб қолиш вақти (ҳажми) белгиланади.



37-расм. Дифференциал хроматография эгри чизиқлари
1-ноль чизик; 2- сорбциланмайдиган компонентга хос чизик; 3, 4-таҳлил қилинаётган
компонентларга тегишли чизиқлар.

Чиқиш эгри чизиғининг (чўққининг) баландлиги h чўққининг максимумидан ноль чизиғигача туширилган тик чизикдир. Ноль чизиғи хроматограмманинг бир қисми бўлиб, колонкадан тоза ҳолдаги ҳаракатчан фаза чиқиши пайтидаги детектор сигналинини қайд этиш натижасида олинади. Чўққи кенглиги μ -эгри чизиқнинг букилиш нуқталарда эгри чизиққа ўтказилган уринмаларнинг ноль чизиқда кесган кесмаси ёки баландлик ўртасидаги $\mu_{0.5}$ чўққи контури нуқталари орасидаги масофа.

Хроматографик ажратишнинг самарадорлиги. Хроматографиялаш жараёнида модда сорбент қатламлари орқали ҳаракатланиб, қўзғалмас ва ҳаракатчан фазалар орасида тақсимланади. Бунда модда зонаси ювилиб аралашиб кетади. Икки ёнма-ён компонент зоналари қанча кўп ювилиб кетган бўлса, уларни бир-биридан ажратиш шунча қийин бўлади. Хроматография зонасининг ювилиб кетиш ўлчами эквивалент назарий тарелкалар баландлиги ЭНТБ ёки N ҳисобланади.

Колонкали хроматография учун назарий тарелкалар сони N қуйидаги формулаларга асосланиб ҳисоблаб топилади:

$$N = 5,54 (t_R / \mu_{0.5})^2$$

$$N = 15 (t_R / \mu)^2 \quad (29)$$

ЭНТБ қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади: $ЭНТБ = L / N$ бу ерда L - колонканинг узунлиги, мм.

ЭНТБ нинг қиймати қанча кичик бўлса, колонка шунча самарали ишлайди ва хроматограммада чўққилар шунча тик бўлади.

Ажратишни баҳолаш мезони. Хроматографик ажратишни миқдорий жиҳатдан баҳолаш учун тажриба параметрларига: сорбент табиатига, хроматографиялаш ҳарорати ва бошқаларга боғлиқ равишда ажратиш сифатини тавсифловчи мезонлардан фойдаланилади. Улар қаторига ажратиш даражаси (омили) α , танловчанлик мезони K_T , ажратиш мезони R киради. Ажратиш даражаси α ажратилувчи аралашмадаги компонент-ларнинг нисбий тутиб қолинишини, қўзғалмас фазанинг танловчанлигини тавсифлайди. α куйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади:

$$\alpha = (v_{R_2} - v_{R_0}) / (v_{R_1} - v_{R_0}) = (t_{R_2} - t_{R_0}) / (t_{R_1} - t_{R_0}) = \frac{K_{D_2}}{K_{D_1}} \quad (30)$$

Ажратиш даражаси α бирдан чексизгача ўзгаради. Танловчанлик мезони K_T сорбентнинг танловчанлигини тавсифлайди, у куйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$K_T = (v_{R_2} - v_{R_0}) / (v_{R_2} + v_{R_1}) = (t_{R_2} - t_{R_1}) / (t_{R_2} + t_{R_1}) \quad (31)$$

Танловчанлик мезони K_T нинг қийматлари 0 дан 1 гача ўзгаради. $K_T=0,4$ бўлганида компонент тўлиқ ажратилган бўлади.

Ажратиш мезони R ажратиш тўлиқлигига колонка самарадорлигининг ва сорбент танловчанлигининг таъсирини ҳисобга олади. У куйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$R = 2\Delta t_{R_{2,1}} / (\mu_1 + \mu_2) \quad (32)$$

Ажратиш мезони R нолдан чексизгача қийматларга эга бўлиши мумкин. $R=1$ бўлганда компонентлар тўлиқ ажратилади.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Хроматографик таҳлил усули нимага асосланган?
2. Хроматография усули қандай аломатларига қараб классификация қилинади?
3. Хроматографик таҳлил усули қаерда қўлланилади?
4. Ажратишнинг баҳолаш мезонларини тушунтиринг.

16- МАЪРУЗА

ХРОМАТОГРАФИЯДА АДСОРБЕНТЛАР ВА УЛАРНИ ҚЎЛЛАШ УСУЛЛАРИ

Режа:

1. Адсорбентлар
2. Адсорбентларнинг қўллаш сохалари

Таянч сўзлар: адсорбентлар, силакагел, алюминий оксиди, цеолитлар, зовакли шишалар, зовак полимерлари, сорбентлар, газ ташувчилар

Ҳозирги тез бажариладиган суюқлик адсорбцион хроматографиясида (САХ) юқори танловчанлик ва самарадорликни таъминлабгина қолмай, шунингдек, хроматография жараёнини газ хроматографиясидаги каби тезликда олиб боришни ҳам таъминловчи адсорбентлардан фойдаланилади. Бунинг учун адсорбент сиртининг тегишли ютиш хоссаларидан ташқари, маълум ўзига хос тузилиши (ғовакларининг диаметри, чуқурлиги, сони) ҳам муҳимдир. Булардан ташқари, адсорбент яна қуйидаги хоссаларга эга бўлиши керак: 1) етарли даражада танловчан, 2) кимёвий ва каталитик жиҳатдан инерт; 3) адсорбция изотермаси тўғри чизиқликка яқин; 4) механик пишиқлиги анча катта бўлиши керак.

Адсорбентнинг танловчанлиги биринчи новбатда унинг сиртининг ютилувчи модда билан ўзаро таъсир кучига боғлиқ. Кутбсиз адсорбентларда бу ўзаро таъсир кучлари дисперсион кучлар бўлади. Модданинг кутбли адсорбент сиртига ютилишида водород боғланиш ҳосил бўлиши ёки бошқа кутбли ўзаро таъсир кучлари муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Классификациялаш жиҳатдан адсорбентларни уч турга бўлиш мумкин:

Биринчи тури: нонспецифик адсорбентлар, уларга графитланган қурум киради. Бу турдаги адсор, бентлар сиртида алмашилишга қодир функционал гуруҳ ва ионлар бўлмайди. Юқори молекуляр углеводородларни, масалан, полиэтиленни ҳам шу турга киритиш мумкин.

Иккинчи тури: специфик адсорбентлар, уларнинг сиртида) маълум жойларда мусбат зарядлар, масалан силикагелларда гидроксил гуруҳлар, цеолитларда катионлар тўпланган бўлади. Бу турдаги адсорбентларга айрим четки звеноларида электрон зичлиги тўпланган молекулалар билан ўзига хос таъсирланиш характерлидир.

Учинчи тури: сиртида электрон зичлиги тўпланган боғланишлар ёки атомлар гуруҳлари бўлган специфик адсорбентлар. Бундай адсорбентлар нонспецифик адсорбентлар сиртига электрон зичлиги тўпланган молекулаларнинг моноқатламини жойлаштириш йўли билан олинади. Бу турдаги адсорбентларга кутбли серғовак полимерлар киради.

Адсорбентлардаги хроматографик зоналарнинг ювилиб кетиш сабабларини кўриб чиқишда шуни назарда тутиш керакки, адсорбция изотермаси кўпинча тўғри чизиқ шаклида бўлмайди, натижада зонанинг орқа томони асимметрик ювилиб кетади ва хроматограммада «дум» лар пайдо бўлади.

Яхши адсорбиланувчи моддаларнинг хроматографик зоналари ювилиб кетишининг сабабларидан бири адсорбция изотермасининг тўғри чизиқли бўлмагани туфайли ювилиб кетишидан ташқари, ташқи диффузион масса ўтказишнинг секин боришидир. Бу адсорбентларда тор ғоваклар мавжудлиги орқали тушунтирилади. Адсорбент ғовакларини кенгайтириш ювилиб кетишни камайтириш ва таҳлил тезлигини оширишнинг самарали воситасидир,

Адсорбентлар камдан-кам ҳолларда барча айтилган талабларга жавоб беради. Адсорбентларнинг айримлари баъзи моддаларни қайтмас тарзда ютади, бошқалари каталитик таъсир кўрсатади, учинчилари хроматографияланувчи моддаларнинг полимерланишига имкон беради. Шунинг учун газ-адсорбцион хроматографияда, кўпинча, адсорбентларни модификациялашдан фойдаланилади. Адсорбентлар қуйидагича модификацияланади: 1) кислота, ишқор ёки

анорганик тузлар билан ишлов бериш; 2) кутбли адсорбентлар сиртидаги гидроксил гуруҳларни хлорсилан ёки бошқа моддалар воситасида боғлаш; 3) сув буғи билан тўйинтириш; 4) геометрик модификациялаш.

Биринчи усул халақит берувчи аралашмаларни, масалан силикагел каби адсорбентлардаги метал оксидларини чиқариб юборишни таъминлайди.

Иккинчи усулда адсорбент сиртда жойлашган фаол гуруҳлар нофаол гуруҳларга алмаштирилади. Масалан, силикагелни силанлашда гидроксил гуруҳлар нофаол металл гуруҳларга алмашинади.

Учинчи усулда адсорбентларнинг дезактивацияси, яъни фаоллигининг камайиши содир бўлади. Масалан, сув буғлари микдорини ўзгартириш натижасида алюминий оксидининг адсорбцион фаоллигини ўзгартириш мумкин. Бундан ташқари, адсорбент юзасига буғланмайдиган органик суюқликлар киритиш уларнинг фаоллигини пасайтиради. Бу усул куруқ ташувчи юзасига суюқ фаза киритиш сингаридир. Геометрик модификация усули адсорбентларни 900-1000°C да қиздиришдан иборат бўлиб, бунда қовушиб қолиш натижасида адсорбентдаги ғовакларнинг структураси ўзгаради ва ультрағоваклар йўқолиб, адсорбент сиртида фақат йирик ғоваклар қолади.

Кейинги вақтларда қаттиқ инерт ташувчи юзасига адсорбент чангини ўтказиш орқали адсорбентларни модификациялаш усули кенг тарқалмоқда. Адсорбент чангини капиллярнинг ички деворларига ҳам шимдириш мумкин. Бунда газ-суюқлик капилляр хроматографияси газ-адсорбцион капилляр хроматографиясига айланади.

Газ-адсорбцион хроматографияда турли маркали силикагеллар, фаоллантирилган кўмир, графитланган қурум сингари кутбли адсорбентлар ишлатилади. Молекулаларининг геометрик ўлчамлари турлича бўлган моддалар аралашмасини таркибий қисмларга ажратиш учун, кўпинча молекуляр элаклардан-цеолитлардан фойдаланилади. Кейинги вақтларда адсорбентлар сифатида ғовак полимерлар тобора кенгрок ишлатилмоқда.

Силикагель: капилляр структурали гидрофиль сорбент бўлиб, унинг адсорбцион қобилияти юзасида жойлашган силанол $\equiv\text{SiOH}$ гуруҳларининг мавжудлиги туфайлидир, бу гуруҳлар сорбат молекулалари билан водород боғланиш ҳосил қилади.

Алюминий оксиди: катта солиштира юзали кутбли, сорбент бўлиб, органик адсорбентларга нисбатан унинг иссиққа чидамлилиги юқори ва адсорбцион сиғими кичикроқ бўлади.

Цеолитлар: кристалл панжарасидаги ғовакларининг ўлчамлари муайян ва ўзгармас бўлган синтетик сорбентлар бўлиб, улар молекуляр элаклар дейилади.

Ғовак шишалар: ғоваклари бир-бири билан туташиб бир фазовий панжара ҳосил қилган боросиликат шишалардир. Улар қаттиқ инерт ташувчилар сифатида газ-суюқлик хроматографиясида ишлатилади. Ғовак шишаларнинг адсорбцион хоссалари уларда силанол гуруҳлар мавжудлиги туфайли бўлиб, бу гуруҳлар молекуласида электродонор функционал гуруҳлар бор моддалар билан водород боғланиш ҳосил қилади. Ғовак шишаларнинг шу мақсадда ишлатилувчи бошқа материаллардан асосий фарқи уларнинг кимёвий инертлиги, ғовакларивинг

ўлчамларини назорат қилиш мумкинлиги ва регенерация қилиш осонлигидадир.

Фаолантирилган кўмирлар: жуда серғовак тузилган адсорбентлар бўлиб, улар углеводородлар ва уларнинг ҳосилаларини, ароматик бирикмаларни, бўёқ моддаларни танлаб адсорбилайди (ютади). Қуйи спиртлар, карбонат кислоталар ва мураккаб эфирларни камроқ ютади.

Графитланган қурум: одатдаги қурумга 3000 °С да вакуумда ёки инерт газ муҳитида ишлов бериш орқали олинади. Графитланган қурум сиртининг адсорбцион хоссалари графит гуруҳининг адсорбцион хоссаларига жуда яқин бўлиб, улар носпецифик адсорбентлар қаторига киради.

Полимер сорбентлар: кейинги вақтларда газ хроматографиясида кенг ишлатила бошланди. Стирол, этилстирол ва дивинилбензол асосида тайёрланган ғовак материаллар энг кўп ишлатилади. Ғовак поламерлар механик жиҳатдан пишиқ, сирти катта, танловчанлиги кучли ва термик жиҳатдан анча барқарор бўлади.

Ғовак полимерлар: жуда танловчан адсорбентлар сифатида газ-адсорбцион ва суюқлик-адсорбцион хроматографиясида кўп компонентли аралашмаларни таркибий қисмларга ажратишда, шунингдек, газ-суюқлик хроматографиясида ташувчи сифатида ишлатилади.

Юза қатламли сорбентлар: кейинги вақтлардагина ишлатила бошланди. Фаол моддалари ташувчининг фақат ташқи юзасида бир текисда тақсимланган сорбентлар юза қатламли сорбентлар дейилади. Фаол модда сифатида қаттиқ ёки суюқ сорбент хизмат қилиши мумкин. Сорбент қатламининг юпқалиги ва ютиладиган моддаларнинг сорбентга етиб бориши осонлиги туфайли сорбентларнинг сирт қатламларида масса узатишга қаршилик камаяди ва демак, сорбцион қатламда туриш вақти қисқаради. Бу эса хроматографик колонканинг самарадорлиги ортишига олиб келади.

Юзаси ғовак адсорбентларда (ЮҒА): чуқур ғоваклар бўлмагани сабабли ғоваклардаги ҳаракатчан фазада моддаларнинг тутилиб туриш вақти қисқаради ва масса алмашиш тезлиги ортади. ЮҒА жараёни мувозанатга яқин шароитларда, ювилиб кетиш тезлигини сусайтирмай олиб бориш имконини беради. Булардан ташқари, ЮҒА механик пухталиги катта бўлади, чунки уларнинг ўзаги одатда шиша соққачалардан иборат бўлади. ЮҒА жуда яхши регенерацияланади ва оқимга нисбатан оз қаршиликка эга.

ЮҒА нинг адсорбцион хоссалари юза ғовак қатлами сифатида ишлатилувчи модданинг табиатига боғлиқ. Масалан, фаол қатлами силикагель бўлган ЮҒА ҳажмий ғовак силикагеллар каби ишлатилаверади. Уларда аминлар, амидлар, пестицидлар ва кутбли кўпчилик бошқа моддалар таҳлил қилинади. Фаол қатлами полимерлардан иборат ЮҒАлар ҳам ишлатилади.

Хоссаларининг мажмуи жиҳатдан ЮҒА лар селектив ва жуда самарали адсорбентлар сифатида ҳозирги юқори тезликли суюқлик адсорбцион хроматографияси (САХ) да ишлатиш учун энг яроқли адсорбентдир.

Адсорбент танлашда САХ да юзага келувчи қуйидаги уч муаммога эътиборни қаратиш зарур:

1) аниқланувчи моддаларнинг колонкада адсорбент билан кимёвий ёки каталитик таъсирланиши натижасида йўқолиши ёки ўзгариши;

2) адсорбент ишлашини тиклаш қийинлиги

3) колонканинг барқарор ишламаслиги.

Ишлатиладиган адсорбентлар одатда кислота ёки асос хоссаларига эга бўлади. Шу сабабли муҳит рН ига сезгир хроматографияланувчи моддалар ўзгариб қолиши мумкин. Масалан, адсорбент иштирокида кўпинча моддаларнинг оксидланишга мойиллиги ортиб кетади. Бундай ҳоллар адсорбент танлашда эътиборга олиниши керак. Шунинг учун адсорбентларга олдиндан ишлов берилади ёки модификацияланади. Масалан, сувда узоқ ювиш билан кислоталилик хоссаси камайтиради. Хроматографиялашни азот муҳитида олиб бориш ёки эритувчига антиоксидантлар (оксидланишга тўсқинлик қилувчи моддалар) қўшиш йўли билан оксидловчиларнинг таъсирини камайтириш мумкин. Энг яхши антиоксидантлардан бири 2,6-диучламчи бутил *n*-крезолдир.

Газ ташувчи. Газ ташувчини танлаш, асосан, икки муҳим омилга колонканинг самарадорлиги ва сезгирлиги, шунингдек, детекторнинг илаш принципига боғлиқ. Бирор газни газ ташувчи сифатида ишлатиш мумкинлиги унинг физикавий ва кимёвий хоссаларига қараб аниқланади. Буларга газнинг диффузияланиш коэффициентини, қовушоқлиги, кимёвий инертлиги, сорбцион хоссалари киради.

Газнинг реакцияга киришиш қобилияти муҳим роль ўйнайди, бу хусусияти фақат газ ташувчининг эмас, балки таҳлил қилинадиган моддаларнинг ҳам хоссаларига боғлиқ бўлади. Масалан, ҳаво унча юқори бўлмаган ҳароратларда альдегидларни, олефинларни оксидлайди, лекин газ шароитда тўйинган углеводородларга, фторли бирикмаларга ва нолинчи гуруҳ элементларига нисбатан инерт бўлиб қолади. Водород тўйинмаган бирикмаларни гидрогенлаши мумкин. Бундан ташқари, водороднинг портлаш хавфи бўлгани сабабли уни ишлатиш анча чекланган.

Ташувчи газларга асосан қуйидаги талаблар қўйилади. Улар: 1) колонканинг самарадорлигини белгиловчи зарурий диффузион хусусиятларни таъминлаши; 2) талаб қилинувчи сезгирликка ва детекторнинг ишлаш принципига мос бўлиши; 3) текширилувчи моддалар ва колонка ҳамда детектор материалига нисбатан инерт бўлиши; 4) мумкин қадар камроқ ютиладиган бўлиши; 5) арзон, осон топиладиган ва етарли даражада тоза бўлиши керак.

Ташувчи газлар сифатида ишлатиш мумкин бўлган газлар гелий, азот, аргон, углерод диоксид; камроқ ҳолларда ҳаво, неон, криптон, метан ва бошқалардир. Кейинги вақтларда ташувчи газ сифатида сув буғлари ишлата бошланди.

Мавзуни мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Юзага чиқариш ва сиқиб чиқариш хроматографиясини айтиб беринг.
2. Адсорбцион хроматография усулида сифат ва миқдорий таҳлиллар ўтказиш учун қандай параметрларни аниқлаш керак?
3. Газ ва газсуюқлик хроматографияларининг моҳияти нимада?

4. Газ хроматографиясининг қандай турларини биласиз?
5. Адсорбцион, газ ва газ- суюқлик хроматографиясининг афзаллик-лари, камчиликлари ва қўлланиш соҳаларини айтиб беринг.
6. Газ ва газ-суюқлик хроматографиясида компонентларнинг миқдори-ни аниқлашда асосий ўлчаш усулларини келтиринг.
7. Хроматографияда кўпроқ қўлланиладиган адсорбентлар ва эритувчиларни айтиб беринг.
8. Тақсимланиш хроматографиясининг асоси нимадан иборат ва қандай вариантларда олиб борилади?
9. Тақсимланиш хроматографиясида сифат ва миқдорий таҳлил усули нимага асосланган?
10. Газ-суюқлик хроматографиясида ишлатиладиган асбобининг принципиал схемасини чизинг.
11. Колонкали хроматография билан қоғоздаги хроматография орасида қандай фарқ бор?

17- МАЪРУЗА

ХРОМАТОГРАФИЯДА ИШЛАТИЛАДИГАН КОЛОНКА ВА ДЕТЕКТОРЛАР

Режа:

- 1. Хроматографик колонканинг конструкцион талаблари.**
- 2. Детекторларнинг турлари.**

Таянч сўзлар: Адсорбентлар, хроматография, детекторлар, катарометр, дифференциал, интеграл, алангали ионланиш, координаталар

Хроматографик колонкага конструкцион жиҳатдан ҳам, ишлатишга оид ҳам талаблар қўйилади. Конструкцион талабларга колонканинг узунлиги, ички диаметри, шакли, қандай материалдан тайёрлангани киради. Ишлатишга хос талабларга ичига адсорбентнинг жойлаштирилиш зичлиги, ювиб ўтадиган суюқликнинг ҳаракатланиш тезлиги, босим градиенти, ҳарорат, намунанинг ҳажми киради.

Колонканинг узунлиги ажратиш шароитларини танлашда муҳим аҳамиятга эга, чунки у колонканинг самарадорлигига ва танловчанлигига, таҳлилнинг давом этиш муддатига таъсир кўрсатади. Колонканинг узунлиги икки марта оширилганда таҳлил вақти ҳам икки марта ортади, ажратиш мезони эса колонка узунлигининг квадрат илдиздан чиқарилган қийматига мутаносиб равишда ортади. Хроматографик қурилмаларда ишлатиладиган колонкаларнинг узунлиги 15-150 см гача (10 м гача етадиганлари ҳам бор), диаметри 2 дан 12-15 мм гача бўлади. Диаметрни камайтиришга тўлдириш қийинлашиши детектор сезгирлигининг пасайиши халақит беради, орттиришга эса ҳаракатчан фаза силжиш тезлигининг камайяши халақит беради.

Калта колонкалар одатда тўғри ёки U симон шаклда тайёрланади. Уларни узунлиги 3-4 м дан ортиқ бўлганда спиралсимон қилиб тайёрлаш тавсия этилади.

Колонкалар юпқа деворли шиша найлардан ёки зангламайдиган пўлатдан ясалади. Шиша найлар ишлатиш колонкаларнинг сорбент билан тўлдирилишини кўз билан кўриб назорат қилиш имконини беради.

Колонкани адсорбент билан бир текисда ва бир хил зичликда тўлдириш муҳим аҳамиятга эга. Шунинг учун адсорбент доначалари сферик шаклга ҳамда бир хил диаметрга (10-20 мкм) эга бўлиши керак. Бундай доначалар колонканинг барча ҳажми бўйлаб бир текисда ва зичроқ жойлашади. Адсорбент колонкада зич жойлашганда ҳаракатчан фаза ва намуна кўндаланг йўналишда яхши силжийди, шунингдек, суюқлик оқимининг тезлиги ўзгармай бир хилда сақланиб туради.

Колонкага киритилувчи намунанинг ҳажми адсорбентнинг жойлашиш зичлигига ва доначаларининг ўлчамига боғлиқ. Доначалар ўлчамининг кичрайиши ва жойлаштириш зичлиги ортиши билан намуна ҳажми ортади ва одатда 1 дан 10 см/с ни ташкил қилади. Намуна колонкага дозатор ёрдамида киритилади. Дозатор намунани аниқ миқдорда ўлчаб олиб, хроматографик колонкага киритиш учун ишлатиладиган асбоб. Дозаторга қўйиладиган асосий талаблардан бири киритиладиган намуналар ўлчамини ва уларни колонкага киритиш шароитларини бир хилда сақлашдан иборат. Бундан ташқари, колонкага намуна киритиш колонканинг хроматографик қурилма бошқа қисмларининг ишлаш шароитини кескин ўзгартирмаслиги, дозаторнинг ички юзаси эса намунага нисбатан адсорбцион ва каталитик фаол бўлмаслиги керак.

Газсимон ва суюқ намуналар хроматографик колонкага, одатда, махсус шприцлар воситасида, киритиш жойида каучук мембранани (пардани) тешиш йўли билан киритилади. Бунда газсимон намуналар учун газ шприцлари ва суюқ намуналар учун микрошприцлар ишлатилади. Микрошприцлар хроматографга микролитрнинг улушларидан тортиб, то ўнлаб микролитрлар ҳажмида намуна киритишга имкон беради. Баъзан лаборатория амалиётида дозатор сифатида медицина шприцларидан фойдаланилади.

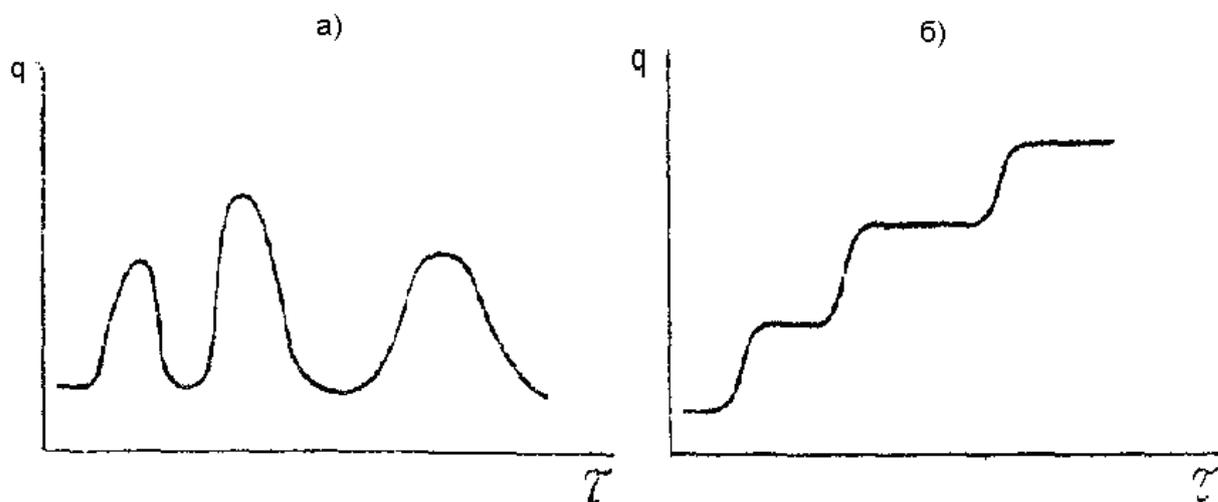
Қаттиқ ҳолатдаги намуналар хроматографга уларни олдиндан суюқликда эритиш йўли билан киритилади ёки дозаторнинг ўзида бевосита қиздириб бўғлатилгандан кейин киритилади.

Хроматографик колонкага тўлдириладиган адсорбентга бир қатор талаблар қўйилади: улар зарурий танловчанликка, етарли даражада механик пишиқликка эга бўлиши, текширилувчи аралашма компонентларига нисбатан кимёвий инерт ва осон топиладиган бўлиши керак.

Адсорбентларни танлашда фазаларнинг агрегат ҳолатига, хроматографиялаш усулига ва бошқа омилларга эътибор берилади.

Детекторлар. Хроматографик колонкадан чиқиш жойида концентрациянинг тақсимланиши детектор деб аталувчи махсус асбоблар воситасида қайд қилинади. Газ хроматографларда детектор газ оқими йўлида бевосита колонкадан чиқиш жойига ўрнатилади. Детекторнинг вазифаси колонкадан чиқиш жойида концентрациянинг вақтга боғлиқлигини узлуксиз қайд қилиб туришдан иборат. Хроматографиялаш натижалари детектор турини, унинг конструкциясини тўғри танлашга боғлиқдир. Детекторни танлашда унинг хроматографияланувчи аралашманинг компонентларига нисбатан юқори сезгирлиги, инерционлиги

камлиги; сигналининг намуна миқдорига тўғри чизиқли боғланишда бўлиши, такрорий ўлчашларда бир хил натижа бериши, кўрсатишларининг барқарорлиги, қурилмани соддалиги, ишлатишда қулайлиги ва арзон-лиги асосий аҳамиятга эга. Икки турдаги дифференциал ва интеграл детекторлар ишлатилади. Дифференциал детекторлар хоссалардан бирининг (концентрация ёки оқим) вақт бўйича оний қийматларини қайд этади (38-расм, а). Интеграл детекторлар маълум вақт срасида чиққан модданинг умумий миқдорини қайд этади (38-расм, б). Дифференциал детекторларни ўз навбатида икки турга бўлиш мумкин: концентрацион детекторлар колонкадан чиқаётган модда концентрациясини қайд қилади ва оқим детекторлари модда концентрациясининг оқим тезлигига кўпайтмасини қайд қилади. Баъзан детектор ишининг асосида ётувчи жараённинг хусусиятига асосланган классификациялашдан ҳам фойдаланилади.



38-расм. Дифференциал (а) ва интеграл (б) детекторлар:
 c — концентрация; d — модда миқдори; τ — вақт

Масалан, детекторлар кимёвий, физик-кимёвий, физикавий ва биологик детекторларга бўлинади. Детекторда ҳосил бўлувчи сигнал ва уни ёзиш шакли детектор турига боғлиқ бўлгани сабабли детекторларни турига қараб классификациялаш принципиал аҳамиятга эга. Хусусан интеграл детекторлар ўзидан ўтувчи модданинг умумий миқдорини қайд этади. Шунинг учун интеграл детекторда элюент усулида олинadиган ҳамда «вақт-сигнал» координатларида ифодаланadиган ёзиш поғонали эгри чизиқ шаклида бўлади (38-расм, б). Бунда поғонанинг баландлиги хроматографик колонкадан маълум вақт оралиғида чиққан модданинг массасига мутаносибдир. Интеграл детекторларни даражалаш дифференциал детекторларни даражалашга нисбатан анча осон бўлади.

Энг кўп тарқалган дифференциал детекторлардан бири **катарометр** бўлиб, унинг ишлаш принципи қиздирилган платина ёки вольфрам толанинг қаршилигини ўлчашга асосланган, у ювиб ўтувчи газнинг иссиқлик ўтказувчанлигига боғлиқ бўлади. Бир хил шароитда қиздирилган толадан ажралувчи иссиқлик миқдори газ (таркибига боғлиқ). Аралашмадаги аниқланувчи компонентларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ташувчи-газнинг иссиқлик ўтказувчанлигидан қанча катта фарқ қилса катарометрнинг сезгирлиги шунча катта бўлади. Шу нуқтаи назардан энг қулай ташувчи-газ водороддир, чунки

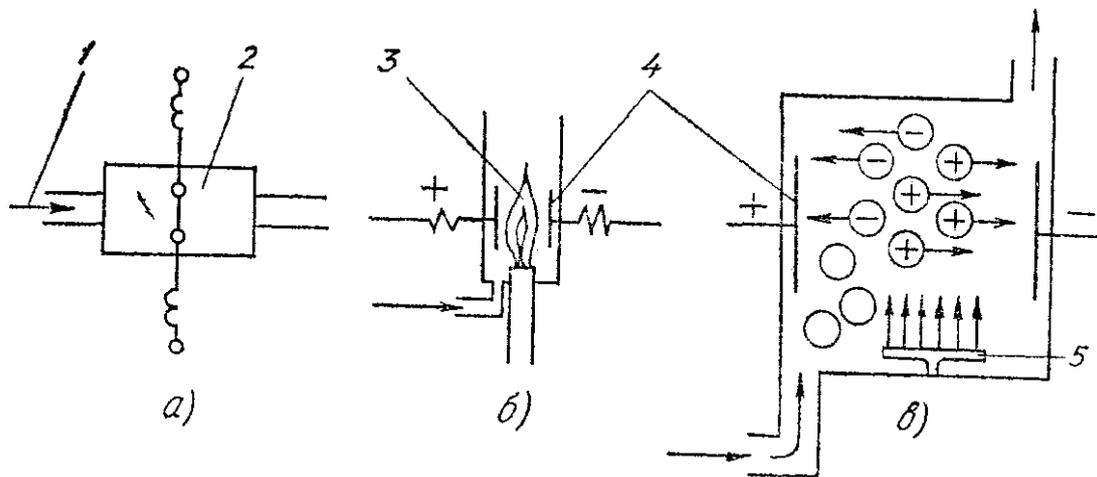
унинг иссиқлик ўтказиш хусусияти кўпчилик бошқа газларнинг иссиқлик ўтказишдан анча каттадир. Аммо хавфсизлик техникасини назарда тутиб, кўпинча, иссиқлик ўтказиши етарли даражада юқори бўлган гелий ишлатилади. Қейинги вақтларда катарометрларда металл толалар ўрнига электр ўтказувчанлигининг ҳарорат коэффициенти металлларникига нисбатан юқорироқ бўлган термостатлар ишлатила бошланди. Катарометрнинг афзалликлари унинг оддийлиги, етарли даражада аниқлиги ва ишончли ишлашидир. Лекин сезгирлиги кучли бўлмагани туфайли у микро аралашма-ларни аниқлашда ишлатилади.

Термохимёвий детекторнинг ишлаши платина симининг қаршилигини ўлчашга асосланган. Бу қаршилиқ ёнувчан газлар ёнганида ҳароратнинг ўзгариши натижасида ўзгаради. Газлар хроматографик колонкадан чиқишда қиздирилган платина симга тегиб каталитик равишда ёнади. Термохимёвий детекторнинг сезгирлиги катарометрникига нисбатан юқорироқдир. Термохимёвий детекторнинг ишлатилиши ёнувчан моддаларга боғлиқ равишда чекланган.

Алангали детекторнинг ишлаш принципи горелканинг водород алангаси унга органик моддалар киритилганда ўзгаришига асосланган. Ионизацион детекторларнинг сезгирлиги энг юқори бўлади. Масалан, алангали-ионизацион детектор (АИД) 10^{-12} гача моддани аниқлашга имкон беради. Бу детекторларда водород горелкаси алангасининг электр ўтказувчанлиги ўлчанади. Тоза водород алангасининг электр ўтказувчанлиги жуда кичик бўлади. Водородда органик бирикмаларнинг аралашмалари пайдо бўлганида аланга ионланади, ионланиш даражаси аралашманинг концентрациясига мутаносиб бўлади ва уни осон ўлчаш мумкин. Бу турдаги детекторларнинг жуда сезгирлиги уларнинг кенг қўлланилишига сабаб бўлади. Лекин аланга-ионизацион детекторлар (АИД) нинг жуда сезгирлиги фақат органик бирикмаларга нисбатан хос бўлиб, аммиак, водород сульфид, олтингурут оксидлари, кислород, азот ва бошқа аорганик моддаларга нисбатан унинг сезгирлиги кескин пасаяди.

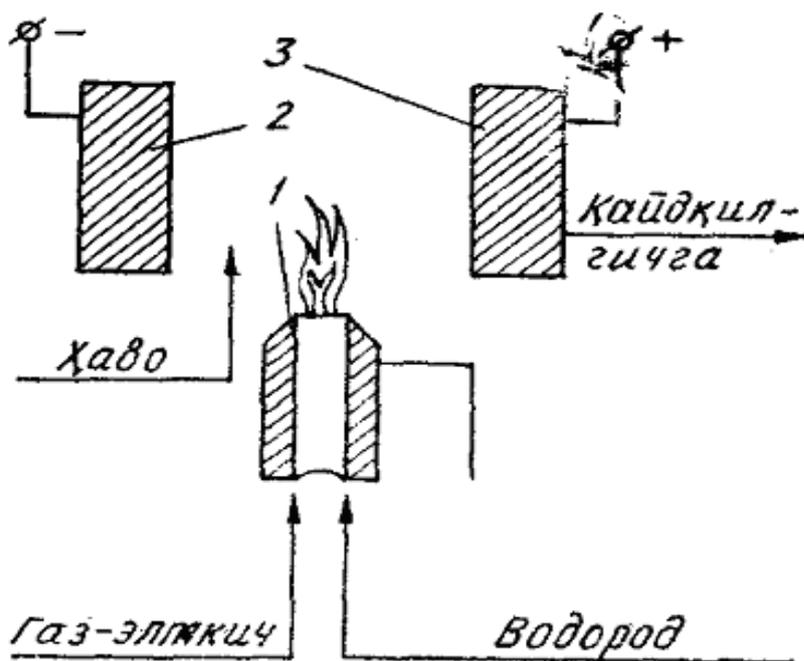
Аргонли детекторнинг сезгирлиги жуда кучли бўлиб, уларда аниқланувчи модда молекулалари β нурланиш таъсирида метастабил ҳолатга келган аргон атомлари билан тўқнашганда ионланиш содир бўлади.

Термоион детекторда горелка алангасига ишқорий металлларнинг тузлари киритилади. Бундай алангага фосфор бирикмалари кирганида фосфор атомлари миқдорига мутаносиб ионлар оқими ҳосил бўлади. Бу ниҳоятда сезгир селектив фосфорли детектордир. Ультратовуш детекторида ультратовушнинг газнинг таркиби ва зичлигига боғлиқ бўлган тезлиги ўлчанади. Шу сабабдан ташувчи газ сифатида молекуляр массаси аниқланувчи бирикмаларникидан анчагина фарқланадиган газлардан фойдаланиш керак. Сезгирлик чегараси 10^{-8} дан 10^{-9} моль/с гача. Бу детекторда ҳар қандай газни ҳам детекторлаш мумкин. Бундай турдаги детекторларнинг муҳим камчилиги уларнинг электр схемаси мураккаблиги ва уларга ҳарорат ўзгаришлари жуда тез таъсир этишидир. Бошқа турдаги масалан, диаграммали, гелийли детекторлар ҳам маълум.



39- расм. Хроматографик детекторлар:
 (а)-катарометр, (б)-ионизацион детектор, (в)- электрон детектор.
 1-газ оқими; 2-чўғланган сим; 3-аланга; 4- электродлар; 5-β нур
 (электронлар) тарқатувчи манба

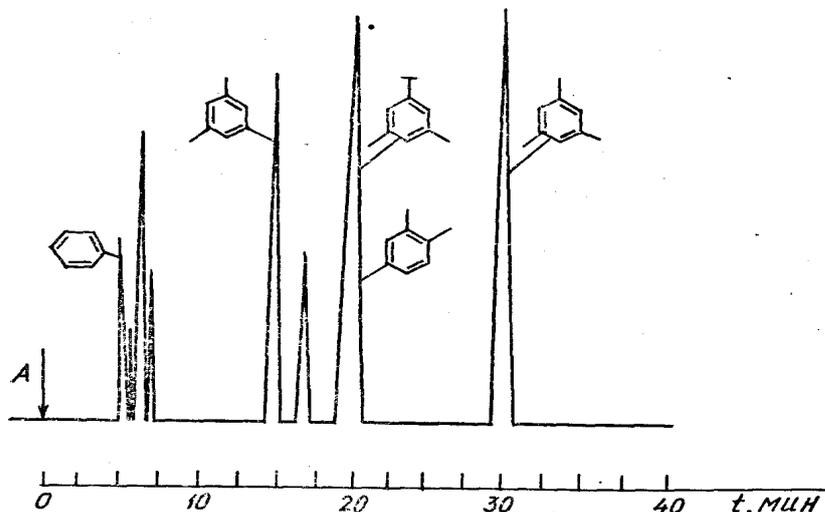
Ионизацион детекторларнинг сезгирлиги анча катта бўлади. Уларнинг ишлаш принципи ток кучини ўлчашга асосланган. Энг кўп тарқалгани алангали-ионизацион детектор бўлиб, унда алангага киритилган моддаларни ионлаштирувчи электродлар орасида ҳосил бўлувчи ток кучи ўлчанади. Электродларга кучланиш берилгач, алангада электродлар орасида ионлар пайдо бўлиб, ионланиш токини ҳосил қилади (39; 40-расмлар).



40- расм Алангали-ионланиш детекторнинг тузилиши:
 1-горелка; 2,3-электродлар.

Электронни қамраб олувчи детекторнинг ҳам сезгирлиги каттадир. Аланга таъсирида газда радикаллар ва эркин электронлар ҳосил бўлади. Аниқланувчи модда алангага киритилганда ионлар ҳосил бўлиш тезлиги кескин ортади ва детекторда сигнал токи пайдо бўлади, бу ток кучайтирилиб рўйхат қилувчига узатилади.

Детектордан чиқувчи импульсларни ўлчаш ёки ёзиб олиш учун сезгир кўрсатувчи милливольтметрлар ва потенциометрлардан фойдаланилади. Сигнални қайд қилиб, детектор сигналини ташувчи-газ ҳажми V ёки унинг сорбцион колонкадан ўтиш вақтига t боғлиқлик графиги олинади. Бу график хроматограмма дейилади (41- расм). Хроматограммада таҳлил қилинаётган намунанинг ҳар бир таркибий қисмига мос келувчи чўққилар бўлади.



41-расм. Хроматограмма:

A- текширилаётган моддани асбобга киритиш; t- ўтиш вақти

Намуна киритилган пайтдан то чўққи ёзиб олингунча ўтган вақт аини модданинг тутилиб туриш вақти дейилади. Бундан ташқари, ҳаракатчан фазанинг тутилиб турувчи ҳажми тушунчасидан ҳам фойдаланилади. Тутилиб туриш вақти ва тутилиб турувчи ҳажми модданинг сифат белгиларидир.

Мавзунини мустаҳкамлаш учун назорат саволлар

1. Чўқтириш хроматографиясининг моҳиятини тушнтириб беринг.
2. Юқори самарали суяқлик хроматографиясини вазифаси ва газ-суяқлик хроматографиясидан афзаллик тарафлари қандай?
3. Юзлатилган фазали суяқлик хроматографиясини нормал фазали хроматографиядан қандай фарқи ва афзаллиги бор?
4. Юқори самарали суяқлик хроматографиясида қандай колонкалар ишлатилади ва уларнинг улчамлари қандай?
5. Юқори самарали суяқлик хроматографиясида нечанчи йилдан ривожланган?
6. Юқори самарали суяқлик хроматографияси детектори қанча миқдордаги моддани аниқлай олади?
7. Нормал фаза деб қандай фазага айтилади?
8. Юзланган фаза деб қандай фазага айтилади?
9. Суяқлик хроматографиясини принципиал схемаси нечта бўлақдан иборат?
10. Хроматографияда детектор нима вазифани бажаради?
11. Юқори самарали хроматография қандай ишлайди?
12. Фронтал усул қандай усул?
13. Ковачнинг тутилиб туриш индексидан қачон фойдалинилади?

14. Нормаллаш усули тўғрисида тушунча беринг?
15. Даражалаш графиги қандай чизилади?
16. Мутлақ даражалаш усули моҳияти нимадан иборат?
17. Суюқлик-адсорбцион хроматографик таҳлил усули ҳақида тушунча беринг?

18- МАЪРУЗА.

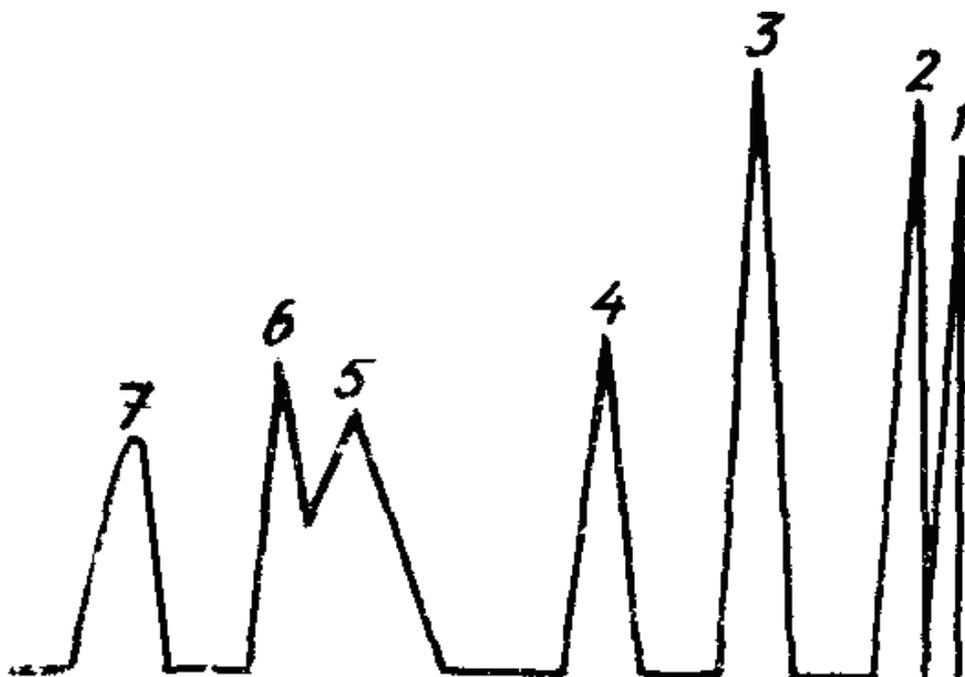
ХРОМАТОГРАФИЯДА СИФАТ ВА МИҚДОР ТАҲЛИЛИ

Режа:

1. Хроматографияда сифат ва миқдор таҳлили
2. Суюқлик-адсорбцион хроматографик таҳлил усули
3. Юпка қатламдаги хроматография усули (юқх)
4. Суюқлик-суюқликда тақсимланиш хроматография усули
5. Қоғозда тақсимланиш хроматографияси
6. Газ хроматографияси таҳлил усули. амалда ишлатилиши ва афзаликлари
7. Гель хроматографияси
8. Ион алмашилиш хроматографияси

***Таянч сўзлар:** Хроматография, суюқлик адсорбцион, суюқлик суюқлик хроматографияси, гел хроматографияси, ион алмашилиш, юпка қатламли хроматографияси, газ хроматографияси*

Газ хроматографиясида колонканинг вазифаси аралашмани алоҳида таркибий қисмларга ажратишдан иборат. Уларнинг сифат таркибини эса колонкадан ташқарида ҳам аниқлаш мумкин. Хроматографик колонкада ажратилган аралашмани сифат таркибини аниқлашнинг икки усули бор: тутилиб туриш характеристикалари бўйича ва бошқа таҳлилий усуллардан фойдаланиш орқали аниқлаш. Биринчи усулда аралашманинг хроматографик колонкадан чиқаётган таркибий қисмлари детектор орқали ўтади ва хроматограмма шаклида қайд этилади. Хроматограмма аралашманинг сифат ва миқдорий таҳлиliga асос бўлади. Иккинчи усулда аралашманинг таркибий қисмлари колонкадан чиқишида бирор таҳлилаторга юборилади ва кимёвий ёки физик-кимёвий усуллар ёрдамида таҳлил қилинади. Типик хроматограмма 42-расмда келтирилган. Расмдан кўриниб турибтики, етти та компонентдан иборат бўлган аралашмани: хроматографик усулда таркибий қисмларга ажратишга муваффақ бўлинган. Бунда аралашманинг ҳар бир қисмига хос чўққи мавжуд бўлиб, хроматограммада чўққиларнинг пайдо бўлиш изчиллиги маълум қонуният асосида бўлиб, гомологик қаторда кислоталарнинг бирин кетин жойлашишига мос келади.



42-расм. Сув ва кислоталарни а аралашмасининг хроматограммаси (115 °С) да

1- сув; 2- чумоли кислота; 3-сирка кислота; 4-пропион кислота; 5- изомой кислота; 6-н. мой кислота; 7-изовалериан кислота

Аслида хроматографик сифат таҳлили тутилиб туриш характеристикаларидан тутилиб туриш вақтидан ва унга муносиб бўлган тутилиб туриш ҳажми ҳамда тутилиб туриш индексидан фойдаланишга асосланган.

Сифатни тавсифлаш учун тутилиб туришнинг мутлақ ва нисбий қийматларидан фойдаланилади. Лекин тутилиб туришнинг мутлақ қийматларидан масалан, солиштирма тутилиб туриш ҳажми V_g дан фойдаланилганда олинган натижа ишончли бўлмаслиги мумкин, чунки бир хил сорбатларнинг бир хил адсорбентларга бир хил шароитда хроматографияланганда ҳам тутилиб туришнинг мутлақ қийматларига тасодифий омиллар (ҳароратнинг ўзгариши ва бошқа.) таъсир кўрсатиши мумкин.

Нисбий қийматлардан фойдаланиш, масалан, нисбий тутилиб туриш ҳажмидан фойдаланиш тасодифий омилларнинг салбий таъсирини анча камайтиришга ва демак, такрорлаганда ҳам бир хил чиқадиган натижалар олишга имкон беради. Бу ҳолда аниқланувчи модданинг келтирилган тутилиб туриши ҳажми- $v'_{R,i}$ ёки соддароғи келтирилган тутилиб туриш вақти $\tau'_{R,i}$ стандарт деб қабул қилинган модданинг бир хил шароитда олинган тутилиб туриш ҳажми- $v'_{R,ст}$ ёки тутилиб туриш вақти $\tau'_{R,ст}$ га нисбатан олинади:

$$v_{нисб.} = v'_{R,i} / v'_{R,ст.} = \tau'_{нисб.} = \tau'_{R,i} / \tau'_{R,ст} \quad (33)$$

Нисбий тутилиб туриш ҳажмлари қийматини жадваллардан топиш ва текшириладиган моддаларнинг сифат таркибини аниқлаш учун тажрибадан олинган қийматларни жадвалдан олинганлари билан таққослаш мумкин. Равшанки, танланган адсорбент, тажриба ўтказиш шароити ва стандарт сифатида олинган модда жадвалда ушбу модда учун келтирилганларига тўла мос келиши керак. Модданинг сифат таркибини унинг хроматограммаси бўйича таққослаб аниқлашни тестерлар усули билан ҳам ўтказиш мумкин. Бунда текшириладиган

модданинг тутилиб туриш қийматлари (тутилиб туриш вақти) шу шароитда хроматографияланган тоза моддалар (тестерлар) нинг тутилиб туриш қийматлари билан таққосланади. Таққосланувчи қийматларнинг бир-бирига яқинлиги, кўпинча, шу моддаларнинг бир хиллигини тасдиқлайди. Лекин баъзида табиати бўйича турли хил моддалар ҳам хроматограммада бир хил тутилиб туриш қийматларини кўрсатиши мумкин. Бундай ҳолларда таҳлил колонкага бошқа адсорбент тўлғазиб такрорланади. Тутилиб туриш қийматлари такрорий тажрибада ҳам бир хил бўлса, демак, таҳлил қилинаётган модда тестер моддаси билан бир хил бўлади. Ҳозирги пайтда хроматографик усул билан моддаларни таҳлил қилишнинг турли кўп босқичли схемалари ишлаб чиқилган ва муваффақият билан қўлланилмоқда. Бундай схемаларда аралашма биринчи колонкада таркибий қисмларга ажратилгач, унинг фракциялари иккинчи босқичдаги колонкага юборилади, унда таркибий қисмлар янада тўларок ажралади ва моддаларни таққослаш ҳам осонлашади.

Газ-суюқлик хроматографиясида моддаларнинг сифат таҳлилинини ўтказиш учун, кўпинча, Ковачнинг тутилиб туриш индекси- I дан фойдаланилади:

$$I = 100 \frac{\lg(t'_{r,i} / t'_{r,n})}{\lg(t'_{r,(n+1)} / t'_{r,n})} + 100n \quad (34)$$

бу ерда: t' - келтирилган (шартли) тутилиб туриш вақти; n - тўйинган углеводород (алкандаги) углерод атомлари сони; I - аниқланувчи модда.

Тутилиб туриш индексини аниқлашда стандарт тарзида нормал тузилишдаги иккита кўшни (гомологик қаторда) алкан олинади. Улардан бири текширилувчи моддадан олдин, иккинчиси эса кейин элютланади (хроматограммадан эритувчи ёрдамида ювиб чиқарилади):

$$t'_{r,n} < t'_{r,i} < t'_{r,(n+1)} \quad (35)$$

Ҳарорати программалаганда тутилиб туриш индекси тутилиб туриш ҳарорати — T_r орқали ҳисоблаб чиқарилади:

$$I_T = \frac{T_{r,i} - T_{r,n}}{T_{r,(n+1)} - T_{r,n}} \quad (36)$$

Тўпланган тажриба материали моддаларнинг хроматографик характеристикалари билан физик-кимёвий хоссалари орасидаги баъзи қонуниятлар ҳамда боғлиқликларни аниқлашга имкон беради. Масалан, моддаларни тутилиб туриш индекслари ва тутилиб турувчи ҳажмлари гомологик қатордаги моддалар молекуласидаги углерод атомлари сони, уларнинг қайнаш ҳароратлари ва бошқа хоссалари билан оддий боғланиш орқали боғланган. Бу боғланишлар хроматографиянинг имкониятларини анча кенгайтиради. Масалан, тутилиб турувчи ҳажмнинг модданинг қайнаш ҳароратига боғлиқлигини кўрсатувчи тегишли графиклар деярли тўғри чизикли бўлиб, улардан аралашма компонентларини таққослаб аниқлашда кўп фойдаланилади. Агар компонентнинг гомологик қаторга мансублиги маълум бўлса, бундай график орқали топилган қайнаш ҳарорати ёки бошқа хоссаси шу моддани таққослаб аниқлаш учун кифоядир. Ҳар қандай гомологик қаторда кўшни аъзоларнинг тутилиб туриш индекси бир-биридан тахминан 100 га фарқ қилиши аниқланган. Изомерларнинг тутилиб туриш ҳарорати орасидаги фарқ ΔT_r уларнинг қайнаш ҳароратлари

орасидаги фарқ ΔT_K нинг 5 га кўпайтмасига тенглиги қайд этилган: $\Delta I_T = 5 \Delta T_K$. Тутилиб туриш индексига дахлдор бошқа қонуниятлар ҳам маълум.

Хроматографик ажратиш маҳсулотларини мустақил идентификация-лашда газ хроматографиясини бошқа тадқиқот усуллари (ИК спектроскопия, масс-спектрометрия) билан биргаликда олиб бориш, шунингдек, кетма-кет ишловчи селектив детекторлардан фойдаланиш яхши натижалар беради. Масс-спектрометрия усули билан аралашма таркибий қисмларининг узлуксиз сифат таҳлилини ўтказиш мумкин. Бунда таҳлил учун модданинг жуда кам миқдорлари ҳам кифоя қилади. Бундай кўшма усул хроматомасс-спектрометрия деб аталди. Шунингдек, ядро магнит резонанси, аланга фотометрияси, абсорбцион спектроскопия ва бошқа, шу жумладан кимёвий усуллардан ҳам фойдаланиш мумкин.

Хроматографик миқдорий таҳлил чўққининг хроматографияланувчи моддалар концентрациясига боғлиқ турли параметрларини чўққининг баландлиги, кенглиги, сатҳини ҳамда модданинг тутилиб туриш ҳажмини ёки тутилиб туриш ҳажмининг чўққи баландлигига кўпайтмасини аниқлашга асосланган. Хроматографиялаш ва детекторлаш шароитлари анча барқарор бўлганда аниқловчи параметр сифатида чўққининг баландлигини олиш мумкин. Чўққининг сатҳи бўйича ҳисоблашларда хроматографиялаш шароитларининг барқарор бўлишига чўққининг баландлигини ҳисоблашдагига нисбатан камроқ талаблар қўйилади. Лекин чўққи ҳажмини ўлчашнинг ўзида янги хато манбалари пайдо бўлади. Чўққи тор бўлган ҳолларда тутилиб туриш ҳажмининг чўққи баландлигига кўпайтмасидан фойдаланиш маълум афзалликка эга.

Чўққилар тўлиқ кескин ажралиб турмаганда хатолик кўпаяди, чунки чўққи контурлари аниқ бўлмайди ва баъзан устма-уст тушиб қолади. Бундай хроматограмма билан ишланганда, асосан, чўққиларнинг баландлигини ўлчаш билан боғлиқ бўлган махсус усуллардан фойдаланилади.

Миқдорий хроматографик таҳлилда қуйидагилар асосий усуллар ҳисобланади: нормалаш, калибрлаш (даражалаш) коэффициенти билан бирга нормалаш, ички стандартлаш, мутлақ калибрлаш усуллари.

Нормалаш усулидан фойдаланилганда чўққилар параметрларидан бирининг, масалан, барча чўққилар баландлиги ёки юзасининг йиғиндиси 100% деб олинади. Бунда алоҳида чўққининг баландлигининг баландликлар йиғиндисига нисбати ёки битта юзасининг барча чўққилар юзасига нисбатининг 100 га кўпайтмаси аралашмадаги компонентнинг фоизларда ифодаланган масса улушини кўрсатади:

$$A_i = \frac{Ю_i}{\sum_1^i Ю_i} \cdot 100 \quad (37)$$

бу ерда: A_i -модданинг фоизларда ўлчанган миқдори; $Ю_i$ – текширилувчи i компонент чўққисининг юзаси.

Бу усулда ўлчанувчи параметр қийматининг концентрацияга боғлиқлиги аралашмадаги барча компонентлар учун бир хил деб тахмин қилинади.

Калибрлаш (даражалаш) коэффицентлари билан бирга нормалаш усулида чўққилар параметрларининг йиғиндиси детекторнинг сезгирлигини ҳисобга олиб

100% деб қабул қилинади. Детектор сезгирлигидаги фарқлар аралашманинг ҳар бир компоненти учун тузатиш коэффиценти орқали ҳисобга олинади. Калибрлаш қуйидагича ўтказилади. Аралашмада доимий иштирок этувчи ва кўпроқ улушни ташкил этувчи компонентлардан бири таққослаш учун олинади ва унинг тузатиш коэффиценти бирга тенг деб қабул қилинади. Бунда аралашмадаги бошқа компонентнинг калибрлаш коэффицентларини топиш учун хроматограммадан тегишли параметрлар, масалан-чўққисининг баландлиги h юзаси Ю ёки чўққи баландлигининг аралашма киритила бошлаган пайтдан чўққи максимуми ҳосил бўлгунигача бўлган оралиқ l га кўпайтмаси ўлчанади, сўнгра қуйидаги формулалардан ҳисоблаб топилади:

$$k_h = \frac{h_{CT} \cdot C_1}{h_i \cdot C_{CT}}; \quad k_{ю} = \frac{Ю_{CT} \cdot C_i}{Ю_i \cdot C_{CT}}; \quad K_{lh} = \frac{(lh)_{CT} \cdot C_i}{(lh)_i \cdot C_{CT}} \quad (38)$$

бу ерда «ст»-стандарт тарзида қабул қилинган моддага дахлдор; i -аралашманинг аниқланувчи компоненти i га таалуқли эканини билдиради.

Калибрлаш коэффицентлари аралашманинг фоизларда ифодаланган таркибини ҳисоблаш учун ишлатилади. Масалан, агар ҳисоб чўққининг сатҳи бўйича юритилса, аралашмадаги I компонентнинг фоизлардаги миқдорини қуйидаги формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$A_i = k_{ю,i} \cdot \frac{Ю_i}{\sum_1^i k_{ю,i}} \cdot 100 \quad (39)$$

Калибрлаш усулларига боғлиқ равишда тузатиш коэффицентлари модданинг масса, ҳажмий ёки моляр улушларига дахлдор бўлиши мумкин. Бунда тузатиш коэффицентларининг биридан иккинчисига ўтиш учун қуйидаги нисбатлардан фойдаланилади:

$$\frac{k_{иммас} \cdot k_{ст.мол}}{k_{ст,масс} \cdot k_{i,мол}} = \frac{M_i}{M_{CT}} \quad (40)$$

бу ерда M_i ва $M_{ст}$ -текширилувчи ва стандарт модданинг молекуляр массаси

$$K_{ст,масс} / K_{ст,мол} = 1 \text{ десак}, \quad \frac{K_{иммас}}{K_{иммо}} = \frac{M_i}{M_{CT}} \quad (41)$$

Ҳар хил турдаги детекторларнинг ишлаши турли принципларга асосланган, шунинг учун бир хил моддаларнинг турли детекторларда олинган тузатиш коэффиценти қийматлари ҳам турлича бўлади.

Тузатиш коэффицентлари билан нормалаш усули киритилувчи намуна миқдорини аниқ ўлчашни, шунингдек, нисбий тузатиш коэффицентларидан фойдаланишни талаб қилмайди, шу сабабли тажриба шароитидаги кичик ўзгаришлар ўлчаш аниқлигига кам таъсир кўрсатади. Усулнинг камчиликларига ҳар бир чўққини алоҳида таққослаш зарурлигини киритиш мумкин.

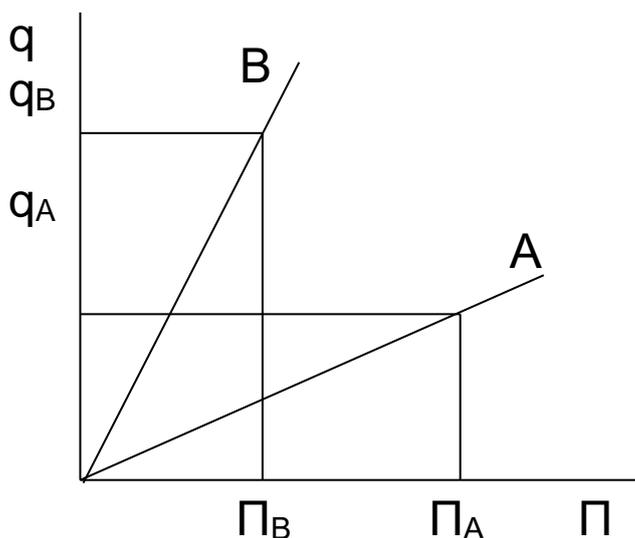
Маълум камчиликлари борлигига қарамай, тузатиш коэффицентлари билан нормалаш усули хроматографик таҳлилда кенг қўлланилади. Бунинг сабаби шуки, таҳлил натижалари тақрорий аниқлашларда бир хил чиқади ва тоза стандарт моддаларсиз ҳам ишлаш мумкин.

Ички стандарт усули текширилувчи аралашмага стандарт модданинг аниқ ўлчанган миқдорини киритишга асосланган. Стандарт модда тарзида ўзининг физик-кимёвий хоссалари бўйича текширилувчи аралашма таркибидаги моддаларга яқин бўлган модда танланади. У аралашма таркибидаги моддалардан бири бўлиши шарт эмас. Хроматографиялангандан кейин аниқланувчи моддага ва стандартга хос чўққиларнинг параметрлари ўлчанади. Компонентнинг масса улуши (% ҳисобида) қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$A_i = \frac{k_i \cdot y_i}{k_{CT} \cdot y_{CT}} \cdot Q_z \cdot 100 \quad (42)$$

бу ерда $0,2$ -стандарт массасининг аралашманинг барча компонентлари массаларига нисбати; k_i k_{CT} , - аниқланувчи ва стандарт моддалар учун детектор сезгирлигига тузатиш коэффициентлари. Усулнинг афзалликларига тажриба натижаларининг етарли аниқликда такрорланиши, жуда аниқлиги, тажриба шароитларидаги баъзи ўзгаришларнинг ўлчанаётган катталикларга таъсир этмаслиги киради. Камчиликларига эса стандартни аниқ ўлчаш зарурлиги, стандарт чўққисини аниқланувчи модда чўққиларидан кескин ажратиш зарурлиги киради.

Мутлақ даражалаш усули. Бу усулда аниқлик катта бўлгани сабабли микроаралашмаларни аниқлашда ва аралашмадаги компонентларнинг айримларинигина аниқлаш зарур бўлганда жуда қўл келади. Турлича, лекин аниқ дозаларда олинган маълум моддаларнинг хроматограммалари бўйича параметрлардан бирининг олинган намуна массасига боғлиқлик графиги тузилади. Текширилувчи аралашманинг тахмин этилувчи ҳар бир компоненти учун ўз графиги чизилади. Калибрлаш графигига мисол 43-расмда келтирилган. Графикдан кўришиб турибтики, танланган детекторнинг, аралашманинг А ва В компонентларига нисбатан сезгирлиги турличадир.



43- р а с м. Калибрлаш графиги

Текширилувчи аралашма хроматографияланганда ҳар бир чўққи идентификация қилинади, хроматограмманинг параметрларидан бири ўлчанади ва олдин калибрлаш графикларидан фойдаланилади. Шундай қилиб, i компонентдан таркиб топган аралашмани таҳлил қилиш учун i та график чизиш талаб қилинади. Агарда киритилган аралашманинг миқдори аниқ бўлса, калибрлаш графикларидан

ҳар бир компонентнинг миқдориға доир олинган маълумотлар асосида унинг фоиз ҳисобидаги миқдори ҳисоблаб топилади.

Хроматограмма бўйича ўлчанган биринчи компонент чўққисининг юзасини Y_A деб тахмин қилайлик. 3.8 расмдаги калибрлаш графигига биноан ушбу юзасига мос келувчи биринчи компонентнинг миқдори q_A ни топамиз. Колонкага киритилган аралашманинг умумий миқдори q ни билган ҳолда аралашма таркибидаги биринчи компонентнинг миқдори C_A ни ҳисоблаб топиш мумкин:

$$C_A = \frac{q_A}{q} \cdot 100 \quad (43)$$

Бошқа компонентларнинг миқдорлари ҳам шу йўсинда топилади.

Усулнинг афзалликлари компонентлар миқдори жуда катта аниқликда топилиши билан бирга аралашмани барча компонентларга ажратиш шарт эмаслигидадир, бунда фақат текширилиши зарур компонентларни ажратишнинг ўзи кифоя. Усулнинг камчиликлари шундан иборатки, ҳар гал намунани аниқ миқдорда киритиш зарур, шунингдек, калибрлаш ҳам кўп меҳнат талаб қилади.

СУЮҚЛИК-АДСОРБЦИОН ХРОМАТОГРАФИК ТАҲЛИЛ УСУЛИ

50 йилларнинг охирида детекторлашнинг жуда сезгир усуллари пайдо бўлиши ва полимерлар асосида янги селектив адсорбентлар яратилиши натижасида суюқлик-адсорбцион хроматография эритмалардаги кўп компонентли аралашмаларни ажратиш ва текширишнинг жуда сезгир, анча танловчан ва тезкор усули бўлиб қолди. Юқори босимларни қўллаш жорий этилиши билан усулнинг амалий аҳамияти янада ошди.

Суюқлик-адсорбцион хроматография ишлатилувчи асбоблари бўйича икки вариантда: колонкали ва юпқа қатламли вариантларда бажарилиши мумкин. Улар бир қатор муҳим хусусиятлари бўйича бир-биридан кескин фарқланади.

Суюқлик хроматографияси газ хроматографиясидаги каби принципларга асосланган бўлиб, бунда ташувчи газ ўрнига колонкадаги қўзғалмас фаза билан аралашмайдиган суюқлик оқимидан фойдаланилади. Хроматографик колонкадаги суюқ ташувчи оқимига текширилувчи материал намунаси киритилганда моддаларнинг қўзғалмас ва ҳаракатчан фазалар орасида қайта тақсимланиши содир бўлади ва аралашма алоҳида бирикмаларга ажралади. Детекторда алоҳида моддаларга тегишли чўққилар қайд этилади. Суюқлик хроматографияси амалда моддаларнинг бирор эритувчида эрийдиган ҳар қандай аралашмаларини таҳлил қилишга имкон беради.

Суюқлик хроматографиясида ишлатиладиган асбобларнинг тузилиши бўйича бир неча ўзига хос хусусиятлари бўлади. Хроматографик колонка оқимга катта қаршилиқ кўрсатиши туфайли суюқ ташувчини хроматографга маълум босим остида киритиш керак. Шунинг учун суюқлик колонкага поршенли насослар ёки газ босими остида ишловчи мембранали мосламалар ёрдамида киритилади. Газ ва суюқликни ажратиб турувчи мембрана (тўсиқ) газнинг суюқликда эришининг олдини олиш учун ишлатилади. Намунани киритиш учун икки йўлли жумраклар ёки микрошприцлардан фойдаланилади. Колонкаларнинг диаметри кичик (2-6 мм) ва узунлиги 1 метргача бўлади. Улар шишадан,

зангламайдиган пўлат ва тефлондан ясалади. Суюқлик- қаттиқ модда хроматографиясида адсорбентлар сифатида алюминий оксид, фаоллантирилган кўмир, капрон, кизельгур ва бошқалар ишлатилади.

Суюқлик-суюқлик хроматографиясида суюқ фазани ташувчилар газ хроматографиясидаги ташувчилар сингари бўлади. Бунда кўзгалмас фаза ҳаракатчан фазага аралашмаслиги керак, у колонкага учувчан эритувчидаги эритмаси тарзида киритилади ва эритувчи азот газини юборилганда буғланиб чиқиб кетади, Ҳаракатчан фазани колонкага киритиб, ташувчи қатламларининг ҳар хиллигини йўқотиш учун колонкадан ўтказилади.

Детекторлар. Газ хроматографиясидаги каби ҳозирги суюқлик хроматографиясида ҳам колонкада оқиб чиқувчи суюқлик оқимидаги аниқланувчи модда концентрациясини узлуксиз қайд этиб турувчи детекторлар ишлатилади. Детекторлар намунадан кетма-кет олиш ва сўнгра таҳлил қилишга ёки узлуксиз таҳлил ўтказишга имкон беради. Концентрация автоматик ёзиб бориладиган узлуксиз таҳлил қилиш усулининг кўп афзалликлари бор. Суюқлик хроматографиясида уч турдаги детекторлар ишлатилади:

1. Эритманинг маълум хоссаси ўзгаришидан таъсирланувчи рефрактометриқ детекторлар ва ўтказувчанликнинг ҳамда диэлектрик сингдирувчанликнинг ўзгаришини сезувчи детекторлар.

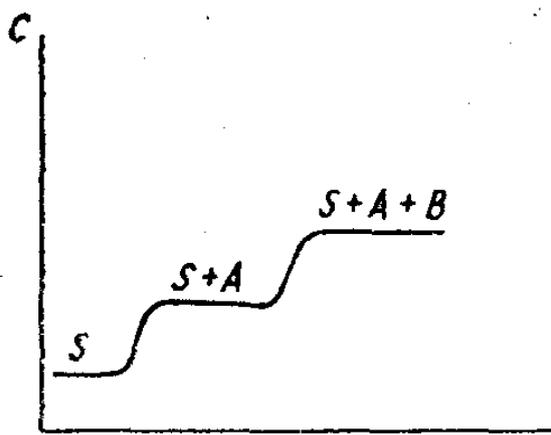
2. Эриган моддалар хоссаларининг ўзгаришидан таъсирланувчи детекторлар, бундай детекторлар эриган модданинг эритувчида бўлмайдиган хусусиятлар ўзгаришини сезади. Кўринувчи, ультрабинафша ёки инфрақизил нурларни ютишга асосланган спектрометриқ детекторлар шунингдек полярографик, микроадсорбцион, радиоактивликни қайд қилувчи детекторлар.

3. Эритувчи чиқариб юборилгандан кейин ишловчи детекторлар. Бунга алангали- ионизацион ҳаракат детектори мисол бўла олади. Суюқлик хроматографияси учун ягона, универсал детектор бўлмайди. Ҳар бир аниқ ҳолда мос детектор танланади.

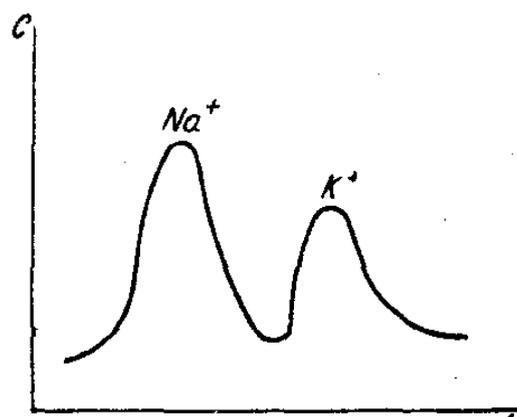
Ҳаракатланувчи турдаги детекторларда хроматографик колонкадан чиққан эритма узлуксиз ҳаракатланувчи транспортер лентасига тушади ва печга киритилади. Печда элюент (эритувчи) буғланиб кетади, қолдиқ лента ёрдамида реакторга киритилиб, учувчан бирикмага айлантиради ва сўнгра газ хроматографияси усуллари билан таҳлил қилинади.

Суюқлик-адсорбцион хроматографиясининг колонкали турида хроматографик жараёни ўтказишнинг маълум усуллари-фронтал хроматография, очилтириш (элюент)-чиқариш хроматографияси ва сиқиб чиқариш хроматографияси усуллари қўллаш мумкин.

Фронтал усул. Бу хроматографиянинг бажарилиши жиҳатидан энг содда варианты бўлиб, бунда адсорбентли колонкадан текширилувчи аралашма (масалан, эритувчидаги А ва В компонентлар) узлуксиз ўтказиб турилади. Колонкадан оқиб чиқувчи эритмада ҳар бир компонент концентрацияси аниқланади ва модда концентрацияси-колонкадан ўтган эритма ҳажми координаталар системасида график тузилади. Бу боғлиқлик чиқиш эгри чизиғи (хроматограмма) тарзида тасвирланади (44- расм).



44- р а с м. Фронтал таҳлил
эгри чизиғи



45-расм. Очилтириш таҳлили
эгри чизиғи

А ва В моддалар адсорбентга ютилиши сабабли колонкадан дастлаб эритувчи S чиқади, сўнгра эритувчи билан ёмон ютиладиган компонент А ва шундан кейин В компонент чиқади. Шундай қилиб, маълум вақт ўтгач, колонкадан ўтувчи эритманинг таркиби ўзгармай қолади. Фронтал усул анча кам қўлланилади. Ундан эритмани асосий компонентларига нисбатан анча яхши ютиладиган аралашмалардан тозалаш учун ёки аралашмадан яхши ютилмайдиган моддани ажратиш учун фойдаланилади.

Очилтириш (элюент) усулида колонкага таркибида эритувчида эриган А ва В компонентлар бор текшириладиган аралашмадан киритиб, колонка эритувчи билан узлуксиз ювилади. Бунда текширилувчи аралашманинг компонентлари зоналарга ажралади: яхши адсорбиланадиган В модда колонканинг юқори қисмини, яхши ютилмайдиган А компонент эса пастки қисмини згаллайди. Бунга хос эгри чизиқ 45-расмда ифодаланган.

Колонкадан оқиб чиқувчи эритмада аввал А компонент пайдо бўлади, кейин тоза эритувчи ва сўнггида В компонент чиқади. Компонентнинг концентрацияси қанча катта бўлса, чўққининг баландлиги шунча баланд ва юзаси катта бўлади, бу эса микдорий хроматографик таҳлилнинг асосини ташкил этади. Очилтириш усули мураккаб аралашмаларни таҳлил қилиш имконини беради ва шу сабабли амалда жуда кенг қўлланилади. Усулнинг камчилиги чиқувчи эритмалар концентрациясининг эритувчи таъсирида суюлиб камайиб кетишидир.

Сиқиб чиқариш усули. Ушбу усулда А ва В моддаларнинг эритувчи S даги аралашмаси колонкага киритилиб, сиқиб чиқарувчи Д модданинг эритмаси билан ювилади. Д модда текширилувчи аралашма компонентларига нисбатан яхшироқ адсорбиланадиган бўлади.

Очилтириш усулидан фарқли равишда бу усулда хроматография жараёнида эритманинг концентрацияси пасаймайди. Сиқиб чиқариш усулининг энг катта камчилиги бир модданинг зонасини иккинчи модда зонаси қоплаб кетишидир, чунки бу усулда компонентлар зоналари эритувчи билан ажратилган эмас.

Ҳаракатчан фазага-эритувчига муайян талаблар қўйилади. У текширилувчи аралашманинг барча компонентларини яхши эритиши, эриган моддаларга, адсорбентга, ҳаво кислородига нисбатан кимёвий инерт, қовушоқлиги кам

бўлиши, таркибида кўшимчалар бўлмаслиги, детектор ишига халақит бермаслиги ва арзон бўлиши керак.

Аралашмани элютирлаш учун, одатда, алоҳида эритувчилар эмас, бир ёки бир неча модданинг эритувчидаги эритмаси ишлатилади. Бунда эритувчининг ўзи кам адсорбиланадиган, эриган моддалар эса текширилувчи аралашма таркибидаги кўпчилик ёки барча компонентларга нисбатан яхшироқ адсорбиланадиган бўлиши керак. Ҳаракатчан фазанинг таркибини унинг сиқиб чиқариш қобилияти узлуксиз кучайиб борадиган қилиб ўзгартириш мумкин. Буни градиент хроматография дейилади.

Сифат ва миқдорий таҳлил. Узлуксиз ишловчи детекторли суяқлик хроматографиясида моддаларнинг сифат ва миқдорий таҳлили газ хроматографиясидаги каби принципларга асосланган. Модданинг таҳлили унинг тутилиб туриш қийматларини, миқдорий таҳлили эса хроматограммалардаги чўққиларнинг баландлигини ёки юзасини аниқлашга асосланган.

Суяқлик хроматографиясига хос хусусият колонкадан оқиб чиқувчи эритмани кимёвий, физик-кимёвий ёки физик усуллар билан таҳлил қилишдан иборат. Бунда колонкадан оқиб чиқувчи эритма алоҳида фракциялар тарзида йиғилади. Одатда фракцияларни йиғиш учун автоматик равишда ишловчи махсус коллекторлар қўлланилади.

Суяқлик хроматографияси кўпинча нефт ва газ маҳсулотлари таркибини ўрганишда, органик кимё технологияси ва таҳлилида қўлланилади. Масалан, бу усул билан нефть, керосин, бензин углеводородларнинг таркиби аниқланади, цис ва транс изомерлар, алкалоидлар ва бошқалар яхши ажратилади. Суяқлик хроматографияси буғланмайдиган ва беқарор бирикмаларни ажратиш, таҳлил қилиш ва текшириш усулларини ишлаб чиқишда айниқса катта аҳамият касб этади.

1970 йилларнинг бошларида юқори самарали суяқлик хроматографияси-ЮССХ (юқори босимли суяқлик хроматографияси, тезкор суяқлик хроматографияси) ривожлана бошлади. ЮССХ усулларини ишлаб чиқишга газ хроматографияси усуллари билан таркибий қисмларга ажратишнинг иложи бўлмаган, юқори ҳароратда (400° дан юқори) қайнайдиган ва беқарор бирикмаларни таҳлил қилиш зарурати, шунингдек, колонкали суяқлик хроматографияси самарадорлигини ошириш зарурати туртки бўлди.

Амалда Россиянинг «Химавтоматика» бирлашмасининг Держжинский шаҳридаги филиали томонидан ишлаб чиқарилган «Цвет-300», «Цвет-3000» серияли хроматографлар кулай ва самарали эканлигини кўрсатди.

Хроматографни тармоққа улаш ва иш режимига ўтказиш асбобнинг ҳар бир конкрет маркаси учун тузилган йўриқномага биноан бажарилади. Асбоб қуйидагича ишлайди: юқори босим насоси термостатга ўрнатилган колонка орқали элюентнинг ростланадиган оқими ўтишини таъминлаб боради. Текширилувчи намуна шприц ёрдамида жумрак орқали элюент оқимига киритилади. Бунда намуна киритиш пайтида асбобнинг тузилишига қараб элюент оқими ё тўсилади ёки тўсилмайди. Намуна киритилиб бўлгач, элюент 12 МПа гача босим остида колонкага киритилади, колонкада аралашма таркибий қисмларга ажратилади. Колонкадан чиқувчи оқим детекторга йўналтирилади ва

унда аралашмадаги ҳар бир компонентнинг оптик зичлиги ёки нур синдириш кўрсаткичи қайд этилади. Хроматографик чўққиларни автомат электрон потенциометр ёзиб боради.

ЮПҚА ҚАТЛАМДАГИ ХРОМАТОГРАФИЯ УСУЛИ (ЮҚХ)

Юпқа қатламдаги хроматография усули рус олимлари Н. А. Измайлов ва М. С. Шрайберлар томонидан 1938 йилда ишлаб чиқилган бўлиб, ҳозирги замонда нефт ва газ таркибини шунингдек органик кимёда қўлланилувчи таҳлил усуллариининг энг муҳимларидан бири ҳисобланади ва анорганик бирикмалар таҳлилида ҳам тобора жадал қўллана бошламоқда.

Агарда сорбент колонкада эмас, пластинкада юпқа қатлам ҳолида жойлаштирилган бўлса, хроматография турларидан бири бўлган юпқа қатламдаги хроматография вужудга келади.

Шиша, металл ёки пластмассада тайёрланган пластинка юзасига сорбент юпқа қатлам ҳолида жойлаштирилади. Сўнгра пластинка четидан 2-3 см қолдириб, таркибида таҳлил қилинадиган модда бор суюқлик томизилади, суюқлик томизилган жой **старт чизиги** дейилади. Пластинканинг старт чизигидан пастки чети ҳаракатчан фаза вазифасини бажарувчи эритувчига ботирилади. Капилляр кучлар таъсирида эритувчи сорбентнинг юпқа қатлами бўйлаб силжийди ва текширилувчи аралашманинг компонентларини сорбент-сорбат системасининг хоссаларига мос равишда турли тезликда силжитади. Бунинг натижасида моддалар аралашмаси таркибий қисмларга ажралади.

Сорбентнинг юпқа қатламидаги хроматографик кўчириш колонкадаги сингари ҳаракатчан суюқ фазанинг кўзғалмас ташувчи қатлами бўйлаб ўтиши ва ажратилаётган аралашма компонентларининг қатлам бўйлаб турли тезликда кўчиши туфайли содир бўлади. Аммо юпқа қатламда ажратилаётган аралашма моддалари колонкадаги сингари фақат бўйлама йўналишда эмас, балки кўндаланг йўналишда ҳам диффузияланади. Бундан ташқари, ҳаракатчан фаза юпқа қатламда капилляр кучлар туфайли силжийди.

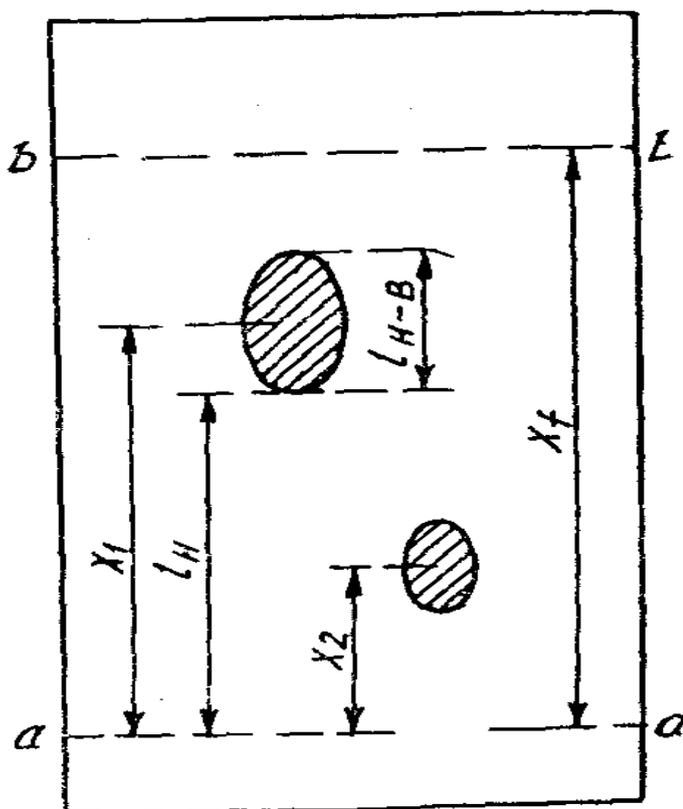
Юпқа қатламдаги жараёни икки ўлчамли деб ҳисоблаш керак. Бунда кўндаланг йўналишдаги диффузион масса узатиш бўйлама диффузия билан деярли бир хил бўлади.

Юпқа қатламдаги хроматография (ЮҚХ) нинг асосий хусусиятлари. Юпқа қатламдаги сорбентсорбат системасининг сорбцион хоссаларини тавсифлаш учун ҳаракатчанлик R_f тушунчаси киритилади. Ҳаракатчанлик қатламдаги модда зонаси марказининг ҳаракатланиш тезлиги u_k нинг эритувчининг ҳаракатланиш тезлиги (a_f) га нисбати билан аниқланади:

$$R_f = \frac{u_k}{a_f} \quad (44)$$

Бу катталикларни бевосита ўлчаш қийин бўлгани сабабли модда зонасининг старт чизигидан то зона марказигача ўтган масофа x_l нинг эритувчи томонидан шу вақтнинг ўзида ўтилган масофа X_f га нисбати R_f деб олинади (46-расм). X_f старт чизигидан бошлаб тажриба охирида эритувчи етган чегарагача бўлган масофага тенг:

$$R_f = \frac{x_1}{x_f} \quad (45)$$



46-расм. Юпқа қатламда хроматографиялаш катталикларини ўлчаш схемаси.

Равшанки, x_1 x_f дан катта бўлиши мумкин эмас. Шу сабабли қийматлари ноль билан бир орасида бўлади.

Агар турли моддалар учун x_1 нинг қийматлари бир хил бўлмаса, унда R_f нинг қийматлари ҳам турлича бўлади. Демак, R_f сорбат-сорбент системаси учун сорбцион характеристика вазифасини ўташи мумкин ва тажриба шароитида айни сорбент ҳамда эритувчи учун ўзгармас катталиқдир.

Берилган модданинг ҳаракатчанлигини стандарт тарзида қабул қилинган маълум модданинг ҳаракатчанлиги билан таққослаш мумкин, бунда:

$$R_{f.исб.} = R_{f.x} / R_{f.ст.} \quad (46)$$

Колонкали хроматографияда колонканинг самарадорлиги назарий тарелкалар сони n орқали аниқланади, R_f қийматини n қийматлари билан боғлаш мумкин, бу ҳолда:

$$k_f = \frac{R_{f1x1} - R_{f1x2}}{\sqrt{R_{f1x1}} - \sqrt{R_{f2x2}}} \sqrt{n} \quad (47)$$

бўлади. Бунда: R_{f1x1} ва R_{f1x2} -ажратилувчи аралашмадаги икки қўшни компонентлар ҳаракатчанликларининг қийматлари; k_f -юпқа қатламда ажратиш коэффициентини; n аралашмадаги икки қўшни компонентнинг ажралиш даражасини кўрсатади. Агар $R_{f1x1} = R_{f1x2}$ бўлса, унда $k_f = 0$ бўлади.

Назарий тарелкалар сони n ЮКХ усули билан аниқланиши мумкин. Бунинг учун айни модданинг старт чизиғидан то шу модда зонасини ҳосил қилган доғнинг қуйи чегарасигача бўлган масофа l_n ни ўлчаш ва шу доғнинг қуйи

чегарасидан юқори чегарасигача бўлган масофа $l_{n-в}$ ни ўлчаш керак. (46-расмга қаранг). Бунда назарий тарелкалар сони n қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$n = 16 \cdot \left(\frac{\ln}{\ln - \epsilon} \right)^2 \cdot (48)$$

Назарий таҳлил R_f нинг қиймати кичкина бўлганида ва таҳлил вақти қисқартирилганда сорбентдаги модда зонасининг ювилиб кетиши максимал бўлишини, демак, модда концентрацияси максимал бўлишини ва таҳлилнинг сезгирлиги ортишини кўрсатади. Юпқа қатламдаги донача диаметрининг кичрайиши таҳлил вақтининг чўзилишига олиб келади ва диффузион ювилиб кетишини кучайтиради.

ЮҚХ қурилмаларининг асосий қисмлари. Юпқа қатламда хроматографиялаш бир неча вариантда амалга оширилиши мумкин. Биринчидан, сорбент қатлами пластинка юзасига мустаҳкамланмаган ёки мустаҳкам ўрнатилган бўлиши мумкин. Мустаҳкамланмаганда куқун ҳолидаги сорбентни пластинка юзасига юпқа бир текис қатлам қилиб жойлаштирилади. Иккинчи ҳолда сорбент олдиндан бирор қовуштирувчи модда билан аралаштирилади, сўнгра паста ҳолида пластинка юзасига юпқа бир текис қатлам қилиб суркалади. Қовуштирувчи модда сифатида, одатда, тиббиёт гипси, тозаланган крахмал ва бошқалар ишлатилади. Мустаҳкамланган адсорбент қатламли пластинкалар камерада ҳар қандай ҳолатда (тик ҳолатда ҳам) ўрнатилиши мумкин.

Сорбентга асос бўлиб хизмат қилувчи пластинкалар сифатида, кўпинча шиша, алюминий зарқоғоз ёки полиэфир плёнка ишлатилади. ЮҚХ да ишлатилувчи ҳар қандай эритувчилар, реагентлар таъсирига чидамлилиги туфайли шишадан ясалган пластинкалар энг универсал ҳисобланади. Алюминий ва пластмассадан ясалган пластинкалар эгилувчан бўлгани сабабли уларни турли шаклларга киритиш мумкин. Полиэфир плёнкалар 320 нм гача бўлган ультрабинафша нурларни яхши ўтказади, демак, уларда доғларни бевосита қатламнинг ўзида фотометрлаш мумкин.

Силикагелнинг юпқа қатлами билан қопланган ва у билан кимёвий боғланишлар орқали боғланган шиша пластинкалар ишлаб чиқарилади. Бунинг учун пластинка юзасига сепилган силикагель юқори ҳароратда куйдирилади. Бундай пластинкаларни сорбент (силикагель) қатламини алмаштирмай туриб кўп марта ишлатиш мумкин, бунда пластинка ҳар гал ишлатилгандан кейин эритувчилар билан ёки хромат кислота билан ювилади, сўнгра сув билан чайилади.

Эритувчи ҳам қатлам бўйлаб турлича ҳаракатланиши мумкин. Кўтарилиб боровчи хроматографияда эритувчи пастдан юқорига кўтарилади, бундай ҳаракатига капилляр кучлар сабаб бўлади. Аралашманинг компонентлари эса адсорбент қатламида доғлар ҳолида қолади.

Пастга тушувчи хроматографияда эритувчи қатлам бўйлаб юқоридан пастга капилляр ва гравитация кучлари эвазига ҳаракатланади.

Горизонтал хроматографияда эритувчи доира бўйлаб эркин буғланади. Доира хроматографиясида горизонтал ўрнатилган пластинканинг марказига текширилувчи аралашмадан томизилади ва узлуксиз эритувчи бериб турилади. Бунда эритувчи капилляр кучлар таъсирида пластинка марказидан четлари томон

радиал йўналишда ҳаракатланади, аралашманинг компонентлари қатламда концентрик ҳалқалар шаклида жойлашади.

Агар аралашмани бир мартали хроматографиялашда таркибий қисмларга ажратиш бўлмаса икки ўлчамли хроматография қўлланилади. Бу ҳолда биринчи хроматографиялашдан кейин пластинкани камерадан олиб, эритувчиси буғлатилади ва 90°C га айлантириб, шу эритувчининг ўзида ёки бошқасида олдинги ҳолатига тик йўналишда такрорий хроматографияланади. Натижада аралашмани таркибий қисмларга анча яхши ажратишга эришилади.

Хроматографиялаш жараёнида эритувчининг, сорбентнинг таркибини ёки тажриба шароитини ўзгартириш мумкин. Агар бу ўзгартиришлар босқич билан амалга оширилса, бу босқичли хроматография дейилади. Агар ўзгартиришлар узлуксиз давом этса, градиентли хроматография деб юритилади.

ЮҚХ усулида моддалар аралашмасини таркибий қисмларга яхши ажратишнинг муҳим омилларидан бири сорбентни тўғри танлашдир. У адсорбент, ионит, сувоқ фазани ташувчи, молекуляр элак ва бошқа вазифасини бажариши мумкин. ЮҚХнинг адсорбцион вариантыда одатда алюминий оксид, крахмал, яхшилаб майдаланган целлюлоза ва адсорбцион хоссаси кучли бўлган бошқа моддалар ишлатилади.

Гидрофил ва лиофил моддалар аралашмаларини юпқа қатламда ажратишни полиамид сорбентларда олиб бориш яхши натижалар беради. Улар органик полимерлар бўлиб, занжир учидан амин ва карбоксил гуруҳлари бўлади, ана шулар нитрилларни адсорбилайди, нитробирикмалар альдегидларнинг адсорбиланишига сабаб бўлади. Занжир учидан карбоксил гуруҳлар бўлса, полиамидлар катионалмашиш хоссаларини, аминогуруҳлар бўлганда анион алмашиши хоссаларини намоён қилади.

ЮҚХда сефадекслар-тикилган декстранлар асосидаги ионитлар ҳам ишлатилади. Булар диэтиламиноэтилсульфоэтил, карбоксиметил ва фосфоэтил-сефадекслардир. Бу бирикмалар молекуляр электр хусусиятига ҳам эга. Шунинг учун молекуляр массалари 30.000 гача бўлган оксид ва пептидлар аралашмаларини ажратишда сефадекслар ишлатилади.

Эритувчилар. Моддалар аралашмасини ажратиш ва таҳлил қилишда яхши натижаларга эришиш учун эритувчини танлаш ҳам аҳамиятга эга. Бу иш биринчи галда аралашмани таркибий қисмларга ажратишни таъминловчи адсорбент табиатига ва таҳлил қилинаётган бирикмаларнинг хоссаларига боғлиқ. ЮҚХда эритувчи танлаш ҳам колонкали хроматографиядаги сингари принципларга асосланган.

Сифат таҳлили. Агар аниқланувчи моддаларнинг ўзи хроматограммада ўзига хос рангли доғлар ҳосил қиладиган ёки бирор рентгент билан таъсирланиш натижасида ранг ҳосил бўладиган ҳолларда хроматограмма бўйича сифат таҳлилинини ўтказиш қийинчилик туғдирмайди. Аммо кўпчилик моддалар (айниқса органик моддалар) бундай хоссалар намоён қилмайди. Пластинкага тегишли реагентларни пуркаш натижасида рангли доғлар олишга эришилса ҳам улар, одатда, органик бирикмаларнинг маълум синфларига хос бўлиб, тегишли функционал гуруҳнинг белгиси ҳисобланади ва битта синфга кирувчи барча бирикмалар шундай ранг ҳосил қилади.

Кўпчилик ҳолларда сифат таҳлилини ўтказиш учун пластинкадаги моддани ювиб чиқариб, сўнгра шу эритмани (ювиндини) мос келувчи физик, физик-кимёвий ва кимёвий усуллар билан таҳлил қилинади ёки хроматограммалар бўйича ҳаракатчанлик R_1 қийматларини ўлчаш ва уларни жадваллардаги қийматлар билан таққослаш ёки маълум модда (гувоҳ) учун шу шароитда олинган қийматлар билан таққослаш орқали аниқланади. Булардан энг ишончлиси «гувоҳлар» усули бўлиб, бунда старт чизиғига намуна билан ёнма-ён аралашманинг тахмин этилувчи компонентларига мос келувчи алоҳида моддалар томизилади. Турли омилларнинг барча моддаларга таъскри бир хил бўлади ва шунинг учун намуна компоненти билан гувоҳлардан бири учун топилган қийматларнинг бир хил бўлиши уларнинг бир хил модда эканлигидан далолат беради. R_1 ларнинг мос келмаслиги намунада тегишли компонент йўқлигини билдиради.

Юпқа қатламдаги хроматографияни бошқа усуллар билан бирга қўшиб олиб бориш яхши натижалар беради. ЮҚХ газ хроматографияси билан қўшиб олиб борилганда пластинка ўзига хос детектор вазифасини бажаради. Бунда колонкадан чикувчи газ пластинканинг старт чизиғига йўналтирилади ва танланган эритувчи воситасида ЮҚХ усули билан хроматографияланади. Юпқа қатламли хроматограммаларни таҳлил қилиш аралашма компонентларини мустақил усулда таққослашга имкон беради ва таҳлилнинг ишончилигини орттиради. Газ колонкасида чиққан моддаларни ЮҚХ усули билан хроматографиялаш аралашма таркиби ҳақида қўшимча ахборот бериши мумкин, жумладан газ хроматографияси усулида тўла ажратилмаган аралашманинг таркиби ҳақида қўшимча маълумот беради. ЮҚХ ни газ хроматографияси билан бирга олиб бориш колонкадаги аралашманинг барча компонентлари ювилганми ёки йўқлигини, хроматографиялашда кимёвий ўзгаришлар содир бўлиш бўлмаслигини аниқлашга ва баъзи бошқа масалаларни ечишга имкон беради.

ЮҚХни электрофорез билан қўшиб олиб бориш, хусусан аорганик ионлар аралашмасини таркибий қисмларга ажратиш имконини оширади ва ажратиш жараёнини анча тезлаштиради. ЮҚХни экстракция ва бошқа кимёвий ҳамда физик-кимёвий таҳлил усуллари билан ҳам бирга олиб бориш мумкин.

Микдорий таҳлил. Юпқа қатламдаги хроматограмма доғидаги модданинг микдорини аниқлаш таҳлилнинг масъулиятли қисми ҳисобланади. У икки йўл билан -бевосита пластинка юзасида ёки моддани пластинкадан чиқариб олиб амалга оширилиши мумкин. Пластинканинг ўзида бевосита аниқлашда бирор усулда (масалан, миллиметрли калька ёрдамида) доғ юзаси ўлчанади ва олдиндан тузилган даражалаш графиги бўйича модда микдори аниқланади. Пластинкани спектроденситометр воситасида спектрофотометрлаш усулидан ҳам фойдаланилади. Бунда ҳам микдорий ҳисоблашлар учун доғнинг ўртасидаги оптик зичликдан фойдаланиб, даражаланган график тузилади.

Модда таркибий қисмларга ажралгандан кейин пластинка юзасидан чиқариб олиб спектрофотометрлаш ёки бошқа усул билан таҳлил қилиш энг аниқ натижа олинадиган усул ҳисобланади. Моддани пластинка юзасидан чиқариш одатда механик йўл билан бажарилади, баъзида эса мос келувчи эритувчи билан ювиб чиқариш ҳам қўлланилади.

Ҳозирги вақтда ЮҚХ аналитик кимёнинг муҳим усулларида бири ҳисобланади. У мураккаб аралашмаларни таҳлил қилишда тенги йўқ усулдир. Бажариш услуги ва ишлатилувчи асбоблари жиҳатидан содда, тезкор бўлиб, таҳлил қилиш учун модда кўп миқдорда талаб этилмайди.

СУЮҚЛИК-СУЮҚЛИҚДА ТАҚСИМЛАНИШ ХРОМАТОГРАФИЯ УСУЛИ

Сууюқлик-сууюқлик хроматографияси моҳияти бўйича газ-сууюқлик хроматографиясига яқиндир. Бунда ҳам қаттиқ ташувчи юзасида сууюқ фаза пардаси ҳосил қилинади ва шундай сорбент билан тўлдирилган колонка орқали сууюқ эритма ўтказилади. Хроматографиянинг бу тури сууюқлик-сууюқликда тақсимланиш хроматографияси ёки соддароқ қилиб, **тақсимланиш хроматографияси** дейилади. Қуруқ ташувчи юзасидаги сууюқлик кўзғалмас сууюқ фаза, сорбент орқали ўтадиган эритувчи эса сууюқ ҳаракатчан фаза деб аталади. Сууюқлик-сууюқлик хроматографияси колонкада (колонкали варианты) ёки қоғозда ўтказилиши (қоғоздаги хроматография) мумкин.

Сууюқлик-сууюқлик хроматографияси (ССХ) нинг асосий тавсифи. Газ-сууюқлик тақсимланиш хроматографиясидаги каби бунда ҳам моддалар аралашмасини ажратиш иккита бир-бирига аралашмайдиган сууюқлик орасида тақсимланиш коэффициентлари турличалигига асосланган. Сууюқлик-сууюқлик хроматографиясида тақсимланиш коэффициенти қуйидаги формула билан аниқланади:

$$k_{т.х.} = \frac{C_x}{C_k} \quad (49)$$

бу ерда: C_k ва C_x моддаларнинг кўзғалмас ва ҳаракатчан фазадаги концентрациялари.

Битта гомологик қаторнинг аъзолари учун тақсимланиш коэффициентлари – $R_{т.х.}$ - қийматлари орасида маълум қонуният борлиги исботланган. Хусусан, битта гомологик қаторда $R_{т.х.}$ -қийматлари углерод атомлари сонига боғлиқлиги аниқланган.

ССХ нинг колонкали вариантыда аралашмайдиган фазалар жуфттини кўзғалмас фазанинг қаттиқ ташувчисини тўғри танлаш муҳимдир. Бундай фазалар сифатида молекуляр табиати турлича бўлган моддалар: сувни тутиб турувчи гидрофиль моддалар, силикагель, целлюлоза ҳамда гидрофоб, сув билан аралашмайдиган, органик бирикмаларни тутиб турувчи моддалар- фторопласт, тефлон ва бошқа полимерлар ишлатилиши мумкин. Колонкали вариантда ташувчиларга қуйидаги асосий талаблар қўйилади: улар ўз сиртида кўзғалмас сууюқ фазани мустақкам тутиб туриши, сирти етарли даражада катта бўлиши, кимёвий инерт бўлиши, текширилувчи моддаларни ютмаслиги ва ишлатилган эритувчиларда эримаслиги керак.

Аралашмани таркибий қисмларга ажратишни таъминловчи, бир-бири билан аралашмайдиган фазаларни излаш, одатда, ўтказилган тажрибалар асосида эмпирик йўл билан олиб борилади. Икки сууюқ фазанинг танловчанлигини ўзгартириш учун учинчи компонент киритилади. Тақсимланиш

хроматографиясида учламчи системалар кенг тарқалган бўлиб, улар иккита бир-бирига аралашмайдиган эритувчи билан иккала фазада ҳам эрийдиган суюқликдан иборат. Учинчи суюқликни турли нисбатларда киритиш эвазига турли танловчанликка эга бўлган, бир-бирига аралашмайдиган фазалар тўпламини олиш мумкин. Масалан, бир-бири билан мутлақо аралашмайдиган сув ва гептани олиб, бу системага турли миқдорларда этанол қўшилса, этил спирти сувда ҳам, гептанда ҳам эриши натижасида турли танловчанликка эга бўлган икки фазали системала тўплами ҳосил бўлади.

Қўзғалмас ва ҳаракатчан фазалар сифатида ўзаро аралашмайдиган эритувчилар танланганига қарамай, кўпчилик системаларда уларнинг маълум даражада бир-бирида эриши кузатилади. Хроматографиялаш жараёнида суюқликларнинг ўзаро эришининг олдини олиш учун ҳаракатчан суюқ фаза олдиндан қўзғалмас фаза суюқлиги билан тўйинтирилади. Фазаларнинг таркибини ўзгармас ҳолда сақлаб туриш учун қўзғалмас фазани сорбентда кимёвий йўл билан мустаҳкамлаш усулидан ҳам фойдаланилади. Бунда эритувчининг ташувчи юзасидаги —ОН гуруҳлари билан ўзаро таъсирдан фойдаланилади. Юзасида суюқ фаза мустаҳкамланган бундай адсорбентлар саноатда ишлаб чиқарилади.

Қолонканинг самарадорлиги суюқликларнинг қовишқоқлигига, диффузия коэффициентига ва бошқа физикавий хоссаларига боғлиқ. Ҳаракатчан фазанинг қовушоқлиги камайиши билан таҳлил давомийлиги қисқаради, қовушоқлик ортганда эса самарадорлик бирмунча кўпаяди. Амалда қовушоқлик ортиши билан колонка самарадорлиги айтарли ортмагани сабабли қовушоқлиги кичик бўлган эритувчилардан фойдаланилади.

ҚОҒОЗДА ТАҚСИМЛАНИШ ХРОМАТОГРАФИЯСИ

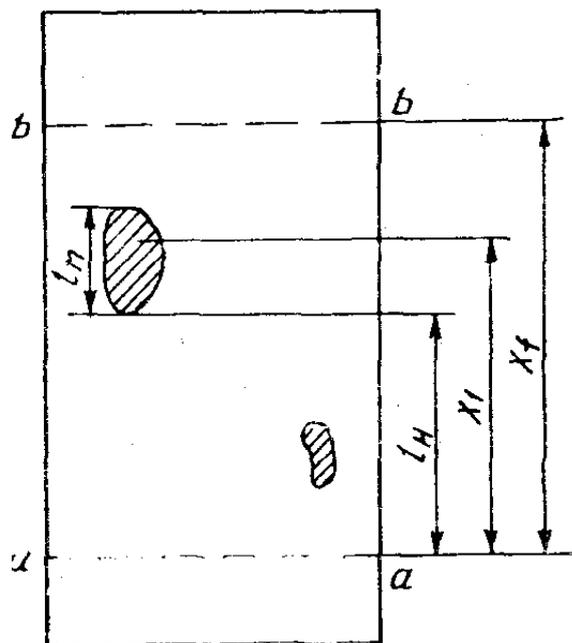
Қоғозда хроматографиялашда қўзғалмас суюқ фаза ташувчиси сифатида ўзининг ғовақларида анчагина миқдорда суюқликни тутиб тура олувчи қоғознинг махсус навлари ишлатилади. Қолонкали вариантдаги сингари бунда ҳам икки турдаги қоғоздан: ғовақларида сувни тутиб турадиган гидрофил ва махсус йўл билан тайёрланган ҳамда кутбсиз органик суюқликларни тутиб турадиган гидрофоб қоғоздан фойдаланилади.

Қоғозда хроматограммалар олиш усуллари юпқа қатламдаги хроматография усулларига ўхшаш бўлади.

Қоғозда тақсимланиш хроматографиясининг муҳим характеристикаси юпқа қатламли хроматографиядаги сингари ҳисобланади, $R_f = X/X_f$ бу ерда x - компонент зонасининг аралашishi, x_f - эритувчининг аралашishi. Қоғоздаги хроматографияда R_f ни аниқлаш услуги ЮҚХ нинг ўлчашларга асосланган усуллари (47-расм) фарқ қилмайди. Хроматографияланувчи намуна хроматографиялашнинг бошланишида қоғоз тасмасининг бошланғич (старт) чизиғига жойлаштирилади ва унга ҳаракатчан фаза (эритувчи) маннинг тажриба якунидаги чегараси таъсир эттирилади. Агар намуна компонентлари рангли бўлса маълум вақт ўтгач, хроматограммада алоҳида-алоҳида рангли

доғларни кўриш мумкин. Биринчи компонент учун $R_{f1} = \frac{x_1}{x_f}$, иккинчиси учун

$R_{f2} = \frac{x_2}{x_f}$ бўлади ва ҳоказо.



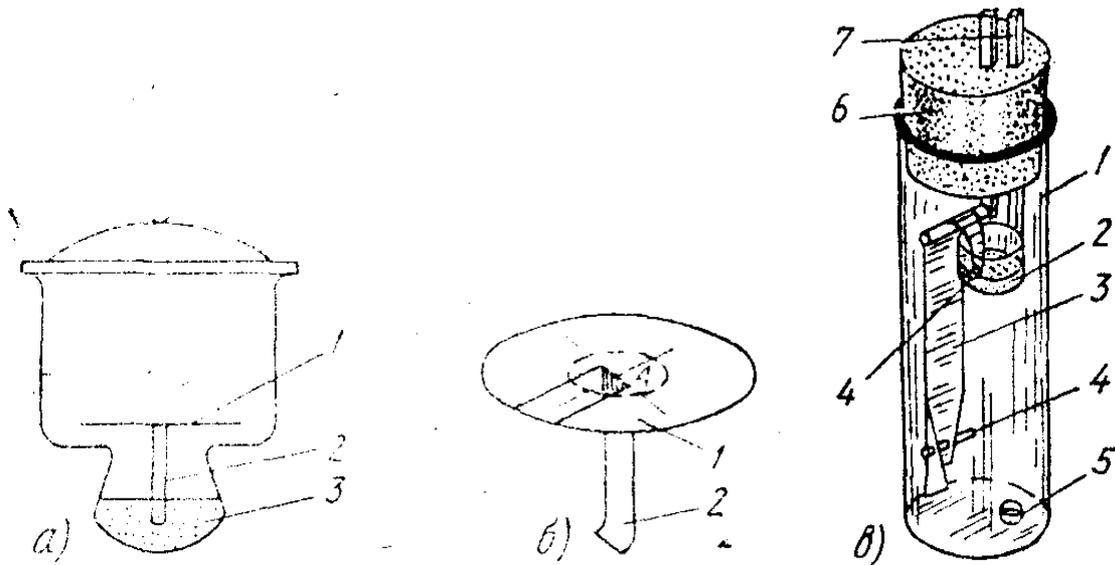
47-расм. Юпқа қатламда хроматографиялаш схемаси:

$a - a$ - дастлабки чизик; $b - б$ - эритманинг тажриба якунидаги чегараси

Идеал шароитда тақсимланиш коэффициенти R_f модданинг табиати, қоғоз параметрлари ва эритувчининг хоссалари орқали аниқланади, лекин бошқа компонентлар иштирокида модданинг концентрациясига боғлиқ бўлмайди. Амалда эса R_f коэффициент маълум даражада шу омилларга ҳам, тажрибани ўтказиш техникасига ҳам боғлиқ бўлади. Шунга қарамай, тажриба шароитлари унча ўзгармаганида ва аралашманинг таркиби барқарор бўлганда бу коэффициентлар бир хил қийматга эга бўлади ва аралашма компонентларини таққослаш учун кифоя қилади. Қоғоздаги хроматографияда таҳлил ўтказиш услуби ЮҚХ да қўлланилган усуллар сингари бўлади. Таҳлил махсус қоғоз тасмасида юқорига кўтарилиувчи ёки пастга тушувчи усулда бажарилиши мумкин.

Бундан ташқари, бошланғич аралашма дастлаб доира марказига жойлаштирилади ва кейин марказдан қоғоз четлари томон ҳаракатланиб, концентрик халқалар ҳосил қилади. Бу ҳолда доира шаклидаги хроматограмма олинади. Доира шаклидаги хроматограммани олиш асбоби 48 a расмда, шундай хроматограммани олиш учун мосланган қоғоз эса 47(б)- расмда тасвирланган.

Ҳаракатчан фазани киритиш учун қоғоздаги доира ўртасида расмда кўрсатилганидек пилик кесилади ва унинг учи ҳаракатчан фазали идишга ботирилади. Пасайиб боровчи хроматографияда 48-расмда тасвирланган асбобдан фойдаланилади. Бу ҳолда старт чизиғи қоғоз тасмасининг юқори қисмида жойлашган бўлади.



48-расм. Доиравий хроматограмма олиш асбобининг схемаси:

а), б) 1-қоғоз филтър; 2- пилик; 3- ҳаракатланувчи фаза; в) хроматограмма камерасининг тузилиши: 1- цилиндр; 2- ҳаракатланувчи фаза солинган идиш, 3- қоғоз бўлаги; 4- юк; 5- ҳаракатланмайдиган фазали бюкс; 6 -ғовак пробка; 7- шиша таёқча

Агар танланган таркибли ҳаракатчан фаза ёрдамида текширилувчи аралашмани таркибий қисмларга ажратиб бўлмаса, икки ўлчамли хроматографиялаш усулидан фойдаланилади. Бу усулда хроматограмма олиш учун хроматографиялаш икки марта, қарамақарши йўналишларда ўтказилади. Бунда намунага биринчи эритувчи билан ишлов берилгандан кейин хроматограмма 90° га айлантирилади ва иккинчи марта бошқа эритувчи билан хроматографияланади. Бу усул аралашмани таркибий қисмларга тўлароқ ажратиш имконини беради.

Қоғоздаги хроматографиянинг муваффақиятли қўлланилиши тақсимланиш коэффициентини турлича бўлган суюқ фазалар хилининг кўплиги ва баъзи бошқа афзалликларидан ташқари ажратилувчи аралашмага бир вақтнинг ўзида ёки кетма-кет электр майдонини таъсир эттириш мумкинлиги туфайлидир. Бу усул *электрофоретик хроматография* деб аталади.

Хроматографиялаш электрофорез билан бирга олиб борилганда текширилувчи аралашма томчиси томизилган қоғоз тасмасига электролит эритмаси шимдирилади ва доимий ток манбаига уландиган электродлар орасига жойлаштирилади. Бир вақтнинг ўзида ҳаракатчан фаза ҳам силжий бошлайди. Электрофорез тугагач, қоғозни асбобдан чиқариб қуритилади ва кўтарилиб борувчи ёки пасаяувчи хроматография усулида хроматографиялаш камерасига ўтказилади. Хроматографиялаш тугагандан сўнг қоғоз очилтирилади ва миқдорий ҳамда сифат таҳлили ўтказилади. Бундай усул таҳлил вақтини анча қисқартиради ва аралашмани таркибий қисмларга яхшироқ ажратилишини таъминлайди.

Хроматографиялаш қоғози. Хроматографиялаш қоғози кимёвий тоза ва нейтрал бўлиши, текширилувчи аралашмани ва ҳаракатланувчи фазани адсорбилмаслиги, зичлиги бир хил бўлиши ва ҳаракатчан фазаннинг маълум тезликда силжишини таъминлаши керак. Қоғознинг ички тузилиши ва ундаги

толаларнинг қандай йўналишда жойлашганлиги муҳим аҳамиятга эга. Одатда ишлатилувчи қоғознинг навлари гидрофил бўлади куруқ ҳолатда таркибида 20 - 22% сув бўлади, бу миқдор кўзгалмас фаза сифатида сув ишлатиладиган тажрибалар учун етарлидир. Бунда ҳаракатчан фаза сифатида сувда эримайдиган суюқликлар ишлатилади.

Гидрофоб қоғоз олиш учун одатдаги гидрофил қоғозга махсус ишлов берилади, масалан, турли гидрофоб моддалар шимдирилади ёки ацетилланади, Гидрофоб қоғозда хроматограммалар олиш усули сувда эримайдиган моддалар таҳлилида қўлланилади: текширилувчи аралашмани таркибий қисмларга ажратиш учун ҳаракатчан фаза сифатида органик эритувчи, кўзгалмас фаза сифатида эса сув ишлатилади. Агар модда органик эритувчиларда эрувчан бўлса, сув ҳаракатчан фаза қилиб олинади, органик эритувчи эса кўзгалмас фаза вазифасини бажаради. Буни *айлантирилган фазалар усули* дейилади.

Эритувчиларга, одатда, қуйидаги талаблар қўйилади: кўзгалмас ва ҳаракатчан фаза эритувчилари бир-бири билан аралашмаслиги, хроматографиялаш жараёнида эритувчининг таркиби ўзгармаслиги, эритувчилар қоғоздан осон чиқиб кетадиган, инсон соғлиғига беэиён ва топилиши осон бўлиши керак.

Тақсимланиш хроматографиясида алоҳида якка эритувчилар деярли кам ишлатилади. Кўпинча бу мақсадда эритувчилар аралашмаси масалан, бутил ёки амил спиртининг метил ёки этил спирт билан аралашмаси, фенолнинг сувдаги тўйинган эритмалари ва бошқалар ишлатилади. Эритувчиларнинг турли аралашмаларини ишлатиш R_f ни бир меъёрда ўзгартиришга ва демак, аралашманинг таркибий қисмларга ажралниши учун қулай шароитлар туғдиришга имкон беради.

Текширилувчи намунанинг сифат таркиби қоғозда тақсимланиш хроматографияси усулида ҳам ЮҚХ даги каби алоҳида доғларнинг ўзига хос ранги бўйича ёки ҳар бир компонент R_f нинг сон қиймати бўйича аниқланади.

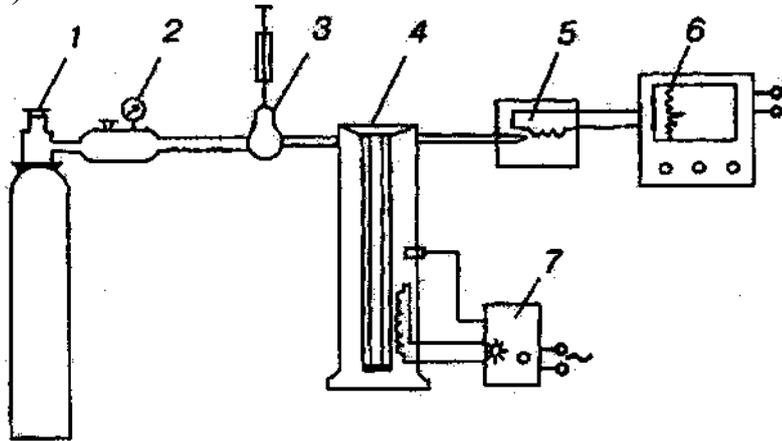
Қоғоз хроматографиясида миқдорий аниқланишлар ҳам ЮҚХ даги сингари ё хроматографик характеристикалар (хроматограммадаги доғ сатҳи ва унинг бўйлиш жадалликлиги) бўйича ёки ювиб чиқариш усули билан бажарилади. Кўпинча, хроматограмма доғлар сонига қараб бир неча алоҳида қисмларга кесиб олинади, ҳар бир доғ тегишли эритувчида эритилади ва ажралиб чиққан модда эритмаси мос келувчи (фотометрик, полярографик ва бошқа.) усул билан аниқланади.

Даражаланган график $S - I_g C$ бўйича аниқлаш усули яхшироқ натижалар беради. Бунда S -доғ сатҳи, C -модда концентрацияси. Кўрсатилган координаталарда график тўғри чизиқли бўлади. Шунингдек, доғ рангининг жадалликлигидан ҳам фойдаланилади, у модда концентрациясига мутаносиб бўлади.

Суюқлик тақсимланиш хроматографияси усули билан аорганик сифат таҳлилида катионлар аралашмаси, аминокислоталар аралашмаси ва бошқа органик кислоталар, бўёқлар аралашмаси ва бошқалар ҳам муваффақиятли таҳлил қилинади.

Газ хроматографияси таҳлил усули. Амалда ишлатилиши ва афзаликлари

Ҳозирги пайтда энг муҳим хроматография усуллари газ-қаттиқ модда хроматографияси, газ-адсорбцион хроматография (ГАХ, бунда қўзғалмас фаза сифатида қаттиқ адсорбент ишлатилади) ва газ-суюқлик хроматографиясидир (ГСХ, бунда қаттиқ сорбент доначалари юзасидаги суюқлик пардаси қўзғалмас фаза бўлади).



49-расм. Газ хроматографа схемаси.

1-ташувчи газнинг доимий оқим манбаи, 2-газ оқим ростлагичи, 3-текширилувчи намуна миқдорини ўлчаб киритиш учун дозаловчи мослама (дозатор), 4-термостатланган хроматография колонкаси, 5-детектор, 6-ўзиёзар мослама, 7-колонкали иситиш блоки.

Газ хроматографиясида текширилувчи аралашманинг таркибий қисмлари (компонентлари) газ фаза билан қаттиқ ёки суюқ фазалар орасида тақсимланади. Газ хроматографиясида ҳаракатчан фазани газ ёки буғ ташкил қилади.

Газ хроматографиясини ўтказишда маълум ҳароратгача қиздирилган ташувчи газ оқимига таҳлил қилинадиган намуна киритилади. Намуна таркибидаги моддалар ташувчи газ оқимида буғланиб, термостатланган, қўзғалмас фазали (адсорбентли) колонкага киради. Колонкадаги адсорбентда газсимон моддалар аралашмасининг кўп марта такрорланувчи адсорбция ва десорбция (ёки суюқлик пардасида эриш ва ажралиб чиқиш) жараёнлари содир бўлади. Бунда мураккаб аралашманинг таркибий қисмларга ажратилиши текширилувчи моддаларнинг фазалар орасида тақсимланиш коэффициентини ёки адсорбцияланиш коэффициентини билан аниқланади. Колонкадан чиқишда аралашма алоҳида моддаларга ажралаиб, газ оқими билан бирга детекторга киради.

Ҳар қандай хроматографик колонка баъзи ҳолларда аралашма компонентларини ажратилгандан кейин тутиб қолувчи мосламалардан ташкил топган бўлади.

Ташувчи газ баллондан редуктор орқали берилади. Ташувчи газнинг сарфи махсус сарф ўлчагич-ротамерлар ёрдамида аниқланади. Газни намлик ва бошқа аралашмалардан тозалаш учун кальций хлорид ёки силикагель тўлдирилган шиша идишлар ёки U шимон найлардан фойдаланилади. Улар дозатордан олдин жойлаштирилади. Намуна хроматографага махсус дозаторлардан ўлчаб

киритилади. Лаборатория амалиётида бу мақсадда махсус шприцлардан фойдаланилади. Катта ҳажмдаги газ намунасини киритиш учун ажратувчи бюреткалар ишлатилади. Хромотографда киритилган намунани ташувчи газ билан аралаштириш ёки уни буғлатишга мўлжалланган мосламалар бўлади. Ташувчи газ оқими намуна билан бирга колонкага киради. Газ хромотографиясида термостатланган тўғри, U симон ва спирал шаклидаги колонкалар ишлатилади. Хромотографияни тўғри ўтказиш учун колонкани адсорбент билан бир меъёردа яхши тўлдириш ҳамда ҳароратини ўзгармас ҳолда тутиб туриш жуда катта аҳамиятга эга ва шунинг учун хромотографик колонка термостатланади.

Детектор газ хромотографининг энг муҳим қисми бўлиб, у чиқиш пайтида газ таркибининг ўзгаришини сезади ва маълумотларни қайд этувчи асбобга узатади. Интеграл детекторнинг сигнали газ оқимидаги модданинг умумий массасига мутаносиб бўлади. Детектордан аралашма компонентлари ўтганда ўзи ёзар мосламанинг пероси силжиб, поғоналар чизилади. Шундай қилиб, интеграл детектор ёрдамида олинган хромотограмма поғоналардан иборат бўлади ва поғоналарнинг баландлиги ушбу поғонага тўғри келувчи компонентнинг массасига тўғри мутаносиб бўлади.

Катарометрда газ оқимига ўрнатилган қиздирилган симнинг электр қаршилиги ўлчанади. Симнинг ҳарорати ва қаршилиги газ оқимидаги ажралган модда концентрациясига боғлиқ равишда ўзгаради. Катарометр универсал асбоб бўлишига қарамай, унчалик сезгир эмас.

1952 йилда газ-суюқлик хромотографияси кашф этилган кейин газ фазадаги аралашмани хромотографик усулда таркибий қисмларга ажратиш имкони анчагина ошди. Бу усул билан таҳлил қилишда текширилувчи газ аралашмаси юзасига юпқа суюқлик пардаси қопланган ташувчи-қаттиқ сорбент тўлдирилган колонкадан ўтказилади. Қаттиқ ташувчининг микроговаклиги кам бўлиши керак ($20 \text{ м}^2/\text{г}$ гача), чунки микроговаклар суюқликнинг киришига халақит беради ва натижада аралашмани тўлиқ ажратиш қийин бўлади. Қаттиқ ташувчилар сифатида модификацияланган турли хил кумтупроқлар ва гилларни ҳам ишлатиш мумкин.

Шундай қилиб, газ-суюқлик хромотографиясида текширилувчи аралашманинг таркибий қисмлари билан суюқлик пардасидаги модда ўзаро таъсирлашади. Лекин амалда аралашма компонентлари қаттиқ сорбент билан ҳам қисман ўзаро таъсирлашади.

Қаттиқ адсорбент юзасида суюқлик пардасининг пайдо бўлиши хромотографик колонкада содир бўладиган физик-кимёвий жараёнлар табиатининг ўзгаришига сабаб бўлади. Колонкада газнинг қаттиқ адсорбентга ютилиш жараёни ўрнига, газнинг қаттиқ ташувчи юзасидаги суюқлик пардасига ютилиш (эриш) жараёни содир бўла бошлади. Аралашмани таркибий қисмларга ажратиш самарадорлиги газ-адсорбцион хромотографиядаги каби адсорбция-десорбция жараёнлари билан эмас, балки газнинг суюқлик пардасида эриши ва унинг ажралиб чиқиш жараёнлари билан аниқланадиган бўлди. Газларнинг эрувчанлиги орасидаги фарқ уларнинг адсорбцион хоссалари орасидаги фарқ уларнинг адсорбцион хоссалари орасида фарққа қараганда муҳимроқ бўлиб

колди. Шунинг учун газ-суюқлик хроматографияси кўп компонентли аралашмаларни таркибий қисмларга ажратиш ва текширишда кенг имкониятлар яратди.

Газ-суюқлик хроматографиясида аралашмани таркибий қисмларга ажратиш самарадорлиги суюқ фазани тўғри танлашга боғлиқ. Суюқ фаза аралашма компонентларига нисбатан инерт, анча танловчан, термик барқарор бўлиши, ташувчи газни ўзида эритмаслиги, қовушоқлиги кичик ва буғланмайдиган (тажриба шароитида) бўлиши керак.

Газ-суюқлик хроматографиясида суюқ фаза сифатида термик жиҳатдан анча барқарор бўлган вазелин мойи, силикон мойлари, фталатлар (дибутилфталат, диоктилфталат ва бошқалар), диметилформаид ва силикон полимерлардан фойдаланилади. Суюқ кристаллар, масалан:



типидаги азооксиэфирлар ўзига хос хусусиятларни намоён қилади. Бундай суюқ кристаллар чизиқли молекулаларга нисбатан танлашга мойиллиги кучлироқ бўлади. Суюқ фазанинг миқдори системанинг хоссаларига боғлиб бўлиб, қаттиқ ташувчи массасининг 1 дан 30-50% ини ташкил этади. Кизельгур ёки диатомит асосида олинган ташувчилар энг кўп ишлатилади. Шунингдек, шишадан ясалган микросоккачалар ҳам ишлатилади. Баъзан тефлондан фойдаланилади.

Хроматографик жараённинг ҳарорат режими турлича бўлиши мумкин. Программаланган ҳароратли газ хроматографиясида аралашмани таркибий қисмларига ажратиш даражаси юқори бўлади. Бундай хроматографиялашда колонка ҳарорати секин-аста ошириб борилади ва колонка орқали аввал энг учувчан компонентлар, сўнгра ҳарорат кўтарилган сари камроқ учувчанлари ўтади ва моддалар анча тўлиқ ажратилади.

Бир неча ўнлаб маркали турли хил хроматографлар ишлаб чиқарилган, булардан лабораторияларда «Цвет» (Цвет -5, Цвет -6, Цвет -100), ЛХМ (ЛХМ -4, ЛХМ-8 МД, Газохром ХГ) серияли хроматографлар кўпроқ ишлатилади.

Газ хроматографиясининг бир тури бўлган капилляр хроматографияда аралашмани таркибий қисмларга ажратиш самарадорлиги анча катта бўлади. Бу усулда хроматографик колонка сифатида диаметри ОД-0,5 мм ва узунлиги бир неча ўнлаб метр бўлган капиллярлардан фойдаланилади. Бунда капиллярлар қаттиқ ташувчи вазифасини бажаради. Уларнинг ички деворлари қўзгалмас суюқ ёки қаттиқ фаза пардаси билан қопланган бўлади. Капиллярлар узунлигининг катталиги ва диаметрининг кичиклиги аралашмаларнинг таркибий қисмларга яхши ажратилишини, хроматографиялашни катта тезликда олиб боришни ва газ хроматографиясининг жуда сезгир бўлишини таъминлайди.

Капилляр хроматографиянинг асосий қийинчиликлари катта узунликдаги ингичка капиллярларни тайёрлаш, уларнинг деворларида суюқ ёки қаттиқ фазанинг юпқа қатламини ҳосил қилиш ва намуна компонентларининг микро миқдорларини детекторлашдан иборат.

Капиллярлар мисдан, алюминийдан, шишадан, зангламайдиган пўлатдан, пласстмассалардан ясалади. Кимёвий моддалар таъсирига барқарорлиги, тозаллиги ва тайёрлаш осонлиги туфайли шишадан тайёрланган капилляр калонкалар амалда кўп ишлатилади. Зарурий узунликда тайёрланган капилляр барабан ёки

кассетага ўралиб, ички юзасига қўзғалмас суюқ фаза қопланади ва газ хроматографиянинг термошкафига жойлаштирилиб, асбобнинг газ занжирига уланади.

Капилляр колонка деворининг ички юзасига қоплаш учун дастлаб суюқ фаза танланади, у деворни яхши хўллайдиган ва аралашманинг таркибий қисмлари яхши ажратилишини таъминлайдиган бўлиши керак. Аввал капилляр калонка ҳаракатчан органик эритувчи билан босим остида ювилади, сўнгра курук азот оқимида қуритилади. Капилляр калонканинг ички юзасини қоплаш учун ишлатиладиган қўзғалмас фаза учувчан эритувчида эритилади ва эритманинг озгина миқдори газ босимидан фойдаланиб калонка орқали ўтказилади. Эритма капиллярнинг ички деворини хўллайди, ва азот оқими билан ювилгандан кейин эритувчи буғланиб кетгач капилляр девори қўзғалмас суюқ фазанинг юпқа қатлами билан қопланиб, қолади. Суюқ қўзғалмас фазалар сифатида юқори ҳароратларда қайнайдиган углеводородлар-сквалан, октадецен, вазелин мойи, кремний-органик бирикмалар силикон мойлари силоксанлар ва бошқалар ишлатилади.

Капилляр хроматографиясида детекторлаш системаларнинг сезgirли юқори (10^{10} г/с гача), ишчи камерасининг ҳажми кичик бўлиши керак. Кўпинча, алангали –ионизацион турдаги микродетекторлар (сезgirлиги 10^{-15} г/с гача), крокатарометрлар (10^{-12} г/с гача) ва электрокондуктометрик микродетекторлар (сезgirлиги 10^{-12} г/с гача) ишлатилади.

Амалда қўлланилиши. Газ хроматографиясининг амалда кенг қўлланилиши ва катта аҳамиятга сабаб шуки, унинг ёрдамида мураккаб газ аралашмаларнинг алоҳида компонентларини таққослаб аниқлаш ва миқдорий жиҳатдан аниқлаш мумкин, таҳлилни бажариш кўп вақт талаб этмайди ва усул етарли даражада универсалдир. Газ хроматографияси препаратив мақсадларда физик-кимёвий тадқиқотлар ва бошқа соҳаларда қўлланилганда яхши натижалар беради.

Газ хроматографияси усули билан нефть газлари, кон газлари, ҳаво, асосий кимёвий маҳсулотлар, органик синтез саноатининг маҳсулотлари, нефт ва уни қайта ишлаш маҳсулотлари таҳлил қилинади. Газ хроматографияси усуллари баъзи элементларнинг изотопларини ажратиш учун ҳам яроқлидир. Газ хроматографиясидан биологияда, тиббиётда, ёғочни қайта ишлаш технологиясида, озиқ-овқат саноатида, баъзи юқори ҳароратли жараёнлар технологиясида фойданилади.

Газ хроматографиясидан суюқликларни хроматографик колонкада Буг ҳолига айлантириб таҳлил қилиш учун ҳам фойдаланиш мумкин. У ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштиришда ҳам қўлланилади.

Газ хроматографияси, шунингдек, адсорбентларнинг турли хоссалари (солиштира сиртини) ва адсорбатлар (ютилувчи газлар) хоссаларининг (диффузия коэффициенти) ҳамда адсорбент-адсорбат системалар хусусиятларини (адсорбция иссиқлиги ва изотермаси), моддаларнинг бошқа хоссаларини, реакциялар кинетикасини ва бошқаларни аниқлашда кенг қўлланилади.

Газ хроматографиясидан кўп компонентли мураккаб аралашмаларини таҳлил қилишда, микрокушимчаларини аниқлашда, учувчан бўлмаган бирикма

(полимерлар) таҳлилида элемент таҳлили ва бошқаларда ҳам фойданилади.

Капилляр хроматография усулида жуда нозик аралашмаларни ҳам таркибий қисмларга ажратиш мумкин. Масалан, капилляр хроматография усули воситасида 15-20 бирикмадан ташкил топган изомер углеводородлар аралашмасини бир неча минутда таркибий қисмларга ажратиш ва миқдорий аниқлаш мумкин.

Капилляр хроматографиянинг афзалликларидан яна бири жараённи амалга ошириш учун газдан жуда оз ҳажмда зарур бўлишидир.

ГЕЛЬ ХРОМАТОГРАФИЯСИ

Бу хроматографиянинг мутлақо ўзига хос тури бўлиб, молекулаларнинг ўлчамлари орасидаги фарқдан фойдаланишга асосланган. У гел хроматографияси ёки элак хроматографияси дейилади.

Гель хроматографиясида тақсимланиш хроматографиясидан фарқли равишда кўзгалмас ва ҳаракатчан фаза сифатида битта суюқлик-эритувчининг ўзи хизмат қилади. Бунда қаттиқ ташувчи қатлами- гел доначаларини ютиб ўтадиган суюқлик ҳаракатчан фаза вазифасини ўтаб, ажратилувчи аралашма компонентларини колонка бўйлаб силжитади. Шу суюқликнинг бошқа қисми гел доначаларининг ғовакларига жойлашиб, кўзгалмас фаза вазифасини бажаради.

Аралашма таркибидаги молекулалар ўлчамлари жиҳатдан турлича, гел ғовакларининг диаметри эса ўзгармас бўлганида моддалар аралашмаси таркибий қисмларга ажралади. Бунда ўлчамлари гел ғовакларининг диаметридан кичикроқ бўлган молекулалар гелда тутилиб қолади. Текширилувчи аралашма филтрланганда майдароқ молекулалар гел ғовакларига кириб, шу ғоваклардаги эритувчида тутилиб қолади ва гел қатлами бўйлаб ғовакларга киролмаган йирикроқ молекулаларга нисбатан секинроқ ҳаракатланади. Гель хроматографияси моддалар аралашмасини шу моддалар молекулаларининг ўлчамлари ва массаларига боғлиқ равишда ажратиш имконини беради. Аралашмаларни ажратишнинг бу усули анча оддий, тезкор ва энг муҳими бошқа хроматографик усуллардан осонроқ шароитларда амалга оширилиш имкони билан фарқланади.

Гель хроматографиясида табиати ва хоссалари жиҳатдан турлича бўлган ҳар хил геллардан фойдаланилади. Улар юмшоқ, ярим қаттиқ ва қаттиқ гелларга бўлинади. Буларнинг ҳар бири гидрофил ёки гидрофоб бўлиши мумкин.

Юмшоқ геллар. Булар молекуласида кўндаланг боғлар оз бўлган органик юқори молекуляр бирикмалардир. Улар анчагина миқдор эритувчини ютиб бўқиши ва ҳажми катталашини мумкин. Уларнинг суюқликни ютиш қобилияти ғовакларига мутаносиб равишда ортиб боради. Юмшоқ геллар қуйи молекуляр моддалар аралашмаларини суюқлик оқимининг тезлиги кичик бўлганда тақрибий қисмларга ажратиш учун қўлланилади. Юмшоқ гелларнинг самарадорлиги катта бўлади. Уларнинг сиғим омили, яъни гел ичидаги эритувчи ҳажми V_1 нинг гелдан ташқаридаги ҳажми V_2 га нисбати 3 га тенг. Булар сефадекслар ёки декстрин, крахмал ва бошқа геллар бўлиб, аралашмаларини юпқа қатламли

вариантда ажратиш учун ишлатилади. Юмшоқ гелларда хроматография-лаш гелъ филътрлаш деб аталади.

Ярим қаттиқ геллар полимерлаш йўли билан олинади. Улар етарли даражада юқори сингдирувчанликка эга бўлиб, ўртача сиғими катта ва ғовакларининг ўлчамларига боғлиқ бўлмайди. Юмшоқ геллардан фарқли равишда ярим қаттиқ геллар бўкканида ҳажми озгина-1,1-1,8 марта ортади. Улар учун сиғим фактори 0,8-1,2 бўлади. Ярим қаттиқ геллар юқори босимга яхши бардош беради ва шаклини ўзгартирмайди (деформация-ланмайди). Улар гидрофобдир. Уларни гидрофиллаш кимёвий (сульфат-лар) ёки физикавий йўл билан амалга оширилади. Кенг кўламда ишлатилувчи ярим қаттиқ геллардан стирогеллар стиролни дивинилбензол билан сополимерлаш натижасида олинади. Ярим қаттиқ гелларда хроматографиялаш сингувчи гелъ хроматографияси деб аталади.

Қаттиқ геллар қаторига силикагеллар, ғовак шишалар (гелъ бўлмаса ҳам) киради. Қаттиқ геллар ғовакларининг ўлчамлари ҳеч қандай шароитда ўзгармайди, бу эса колонкаларнинг юқори ўтказувчанлиги таъминлайди. Бу турдаги гелларнинг сиғим омили катта эмас-0,8-1,1. Қаттиқ геллар гидрофил ҳам, лиофил ҳам бўлиши мумкин. Уларни юқори босимда олиб бориладиган гелъ хроматографиясида ишлатилади.

Гелъ хроматографиясида ишлатиладиган эритувчилар аралашманинг барча компонентларини эрита олиши, гелъ сиртини хўллайдиган бўлиши ва гелда адсорбиланмаслиги керак. Гелъ ғовакларини ва гелъ доначалари орасидаги, бўшлиқни тўлдирувчи эритувчилар хроматографияланувчи моддаларнинг молекулалари билан бир хилда ўзаро таъсир этиши керак. Шунда эриган моддаларнинг ғовакларга кириши фақат диффузияланиш туфайли бўлади.

Эритувчининг қовушоқлиги ҳам катта аҳамиятга эга, масса алмашиниши тезлиги ана шунга боғлиқ. Диффузияланиш коэффиценти кичик бўлган юқори молекуляр бирикмаларнинг эритмалари учун эритувчининг қовушоқлиги айниқса кичик бўлиши керак. Гелъ хроматографиясида эритувчи танлаш қўлланилувчи детекторлаш системасига ҳам боғлиқ.

Гелъ хроматографияси амалда юқори молекуляр бирикмалар аралашмаларини таркибий қисмларга ажратишда қўлланилади. Лекин ундан қуйи молекуляр бирикмалар аралашмаларини таркибий қисмларга ажратишда ҳам баъзан фойдаланилади, чунки бу усулда аралашмаларни хона ҳароратида ҳам ажратиш мумкин.

ИОН АЛМАШИНИШ ХРОМАТОГРАФИЯСИ

Ион алмашиш хроматографияси суюқ ҳаракатчан фаза ионларини кўзғалмас фазадаги қаттиқ ёки суюқ моддаларнинг ионлари билан қайтар стехиометрик алмашинишига асосланган. Алмашина оладиган ҳаракатчан ионлари бор бундай моддалар ионитлар ёки ион алмашувчи смолалар деб аталади. Улар қаттиқ ва суюқ моддалар бўлиши мумкин. Ион алмашиниш хроматографиясида кўпчилик ҳолларда қаттиқ ионитлар ишлатилади. Алмашинувчи ионларнинг зарядига қараб ионитлар катионитлар (ёки катион алмашувчилар) ва анионитларга (анион

алмашинувчилар) ажратилади. Амфотер ионитлар ҳам мавжуд бўлиб, улар бир вақтнинг ўзида ҳам катионларини, ҳам анионларини алмаштира олади.

Ион алмашувчи смолаларнинг турлари. Турли табиий ва синтетик бирикмаларнинг кўпчилиги ионитлар хоссасига эга. Улардан энг муҳимлари синтетик полимер смолалар, кўмирлар ва баъзи минерал ионитлардир. Минерал ионитлар табиий бирикмалар бўлиб, улардан ионитлар сифатида катион алмашина оладиган кристалл силикатлар, цеолитлар ишлатилади. Цеолитлар ички тузилиши мустаҳкам бўлгани сабабли яхши букилмайди, уларнинг ионлари эса кам ҳаракатчандир. Катионлар ва катта ўлчамли молекулалар цеолитлар панжарасига кира олмайди, шу сабабли цеолитлар элаксимон хусусиятга эга бўлиб, ион ва молекуляр элаклар сифатида ишлатилади.

Синтетик аорганик ионитларга суюқлантирилган ва гелсимон пермутитлар, активланган алюминий оксиди, титан ва цирконий асосидаги ионитлар киради. Активланган алюминий оксиди олиниш усулига қараб катионит ҳам, анионит ҳам бўлиши мумкин. Катионит олиш учун натрий алюмнат эритмасига мўл углерод (IV) оксид юбориб, алюминий гидроксид тўла чўктирилади ва сўнгра олинган алюминий гидрооксид қиздирилади. Бу усулда олинган катионитга $[(Al_2O_3)_xAlO_3^-] Na^+$ формула мос келади. Унга нитрат кислотанинг 2 М эритмаси билан ишлов бериб, $[(Al_2O_3)_xAlO^+] NO_3^-$ формулани анионит олинади. Цирконий иониглари орасида куйидаги формулага эга бўлган цирконий фосфат энг кўп ишлатилади: $ZrO_2 \cdot P_2O_5 \cdot 5H_2O$. У урани парчаланишида ҳосил бўлувчи элементлардан ажратиш учун ишлатилади.

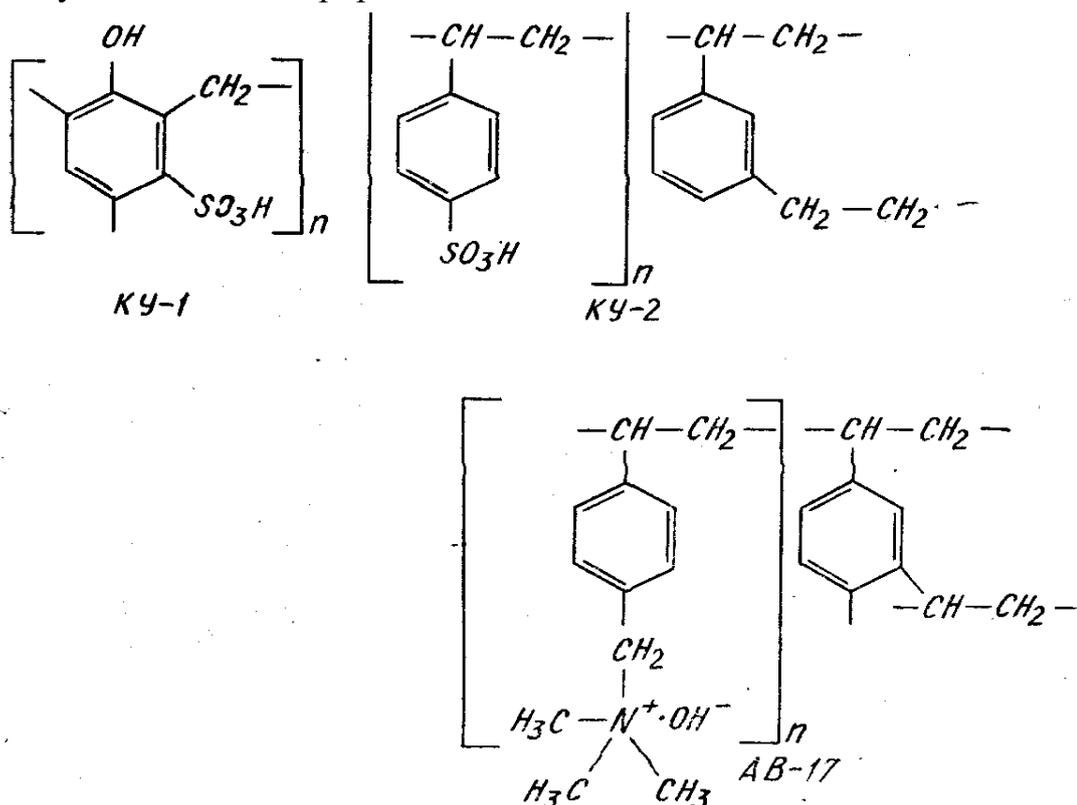
Кўмирлар асосида олинган ионитлар. Кўнғир тошкўмирларни ва антрацитларни тутовчи сульфат кислота билан сульфолаш кўмирлар таркибига ҳаракатчан сульфогуруҳлар киритиш имконини беради. Кўмирларни оксидлаш натижасида уларда карбоксил гуруҳлар пайдо бўлади. Шундай қилиб, кўмирлар ионалмашувчи бирикмаларга айланади. Сульфогуруҳ киритиш поликонденсатланиш реакциялари содир бўлишига имкон яратади ва кўмирнинг гелга айланишига сабаб бўлади. Сульфогуруҳлар киритилган кўмирлар (сульфо-кўмирлар) асосидаги ионитлар ўз хоссалари жиҳатидан органик ионитларга яқинлашади. Оксидланган кўмирларга юқори танловчанлик хос бўлиб, у айниқса заряд қиймати бир хил бўлган катионлар аралашмасини таҳлил қилишда намоён бўлади.

Синтетик полимер моддалар- смолалар асосидаги ионитлар. Полимер моддалар- синтетик смолалар асосида олинган синтетик органик ионитлар энг катта амалий аҳамиятга эга, чунки улар кимёвий жиҳатдан жуда барқарор, механик пухта, танловчан бўлиб, алмашилиш сифими катта бўлади.

Синтетик ион алмашинувчи смолалар тичўкки геллар бўлиб, уларнинг катионларида кислотали функционал гуруҳлар- SO_3^- , $-COO^-$, $-PO_3^{2-}$, $-AsO_3^{2-}$ бўлади. Катионитларнинг каркасларида манфий зарядли мустаҳкам боғланган гуруҳлар бўлганлиги сабабли катионит ўзаги манфий зарядланган бўлади. Узакнинг манфий зарядлари қарши ионларнинг мусбат зарядлари билан таъсирланиб туради ва шу сабабли катионитнинг макромолекуласи электронейтрал бўлади. Лекин қарши ионлар айна ҳолда катионлар ўзақдаги функционал гуруҳлардан фарқли равишда ҳаракатчан бўлади ва эритмадаги ионлар билан эквивалент

микдорда алмашиниши ҳамда эритмага ўтиши мумкин. Бундай алмашиниш смола фазасидаги ионлар билан эритувчи таркибидаги ионлар орасида ҳаракатчан мувозанат вужудга келишига сабаб бўлади.

Катионитлардан энг кўп ишлатилувчилари сульфокислоталар бўлиб, улар стирол билан дивинилбензолни бирга полимерлаш орқали олинган маҳсулотга сульфогуруҳлар киритиш йўли билан олинади. Бизда улар КУ-2, СДВ-3 ва бошқалар, чет элларда эса дауэкс-50, амберлит УР-120 ва бошқа маркаларда чиқарилади. Уларнинг тузилиш схемаси 50-расмда келтирилган. Сульфокатионитлар кимёвий жihatдан барқарор, механик пишиқ бўлиб, уларда ионланиш мувозанати тез қарор топади.



50-расм. Катионитларнинг тузилиши

Анионитларнинг ўзагида функционал гуруҳлар тўртламчи- RNH_3^+ , учламчи - R_2NH_2^+ , иккиламчи - RNH_3^+ ва бирламчи - NH_4^+ ёки H_3NH^+ аммоний, пиридин, ёки бошқа асослардан иборат бўлиб, ҳаракатчан қарши ионлар сифатида анионлар хизмат қилади. Анион алмашинувчи смолалар полимерлаш ёки поликонденсатлаш реакциялари йўли билан ҳам олинади. Бунда турли аминокбирикмалардан (фенилдиамин, полиэтилен-полиамин), формальдегиддан фойдаланилади. Шундай йўл билан АН-1, АН-2Ф, амберлит деб аталган анионитлар олинган. Молекуласида турли хил аминлар (шу жумладан тўртламчилари ҳам) бўладиган полифункционал анионит ЭДЭ-10П кенг тарқалган.

Амфотер ионитлар, бошқача айтганда амфолитлар бир вақтнинг ўзида ҳам катион, ҳам анионларини алмашина олади. Диэтилентриамин, фенол ва формальдегидлардан поликонденсатлаш усули билан олинган ионит биполяр ёки амфолит бўлади, чунки унинг таркибига аминокгуруҳлар билан бир қаторда кучсиз кислота хоссасига эга бўлган фенол гуруҳлари ҳам қиради. Таркибида

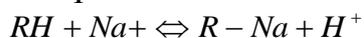
комплексонлар қолдиғи бўладиган смолалар, масалан ЭДТА амфотер ва комплекс ҳосил қилиш хоссаларига эга бўлади.

Ионитларнинг алмашилиш сиғими. Ионитларнинг энг муҳим хоссаларидан бири уларнинг алмашилиш сиғимидир. Бу катталик ионит ўзагидаги функционал гуруҳларнинг сони ва уларнинг эритманинг ушбу рН ида ионланиш даражаси билан аниқланади. Ионитнинг алмашилиш сиғимини сон жиҳатидан смоланинг масса ёки ҳажм бирлигига тўғри келадиган қарши ионларнинг моль-эквивалент сони билан ифодалаш мумкин. Таҳлилий кимёда ионитнинг сиғими одатда, 1г куруқ смоланинг катионит учун H^+ шаклидагисига ва анионит учун Cl^- ёки OH^- шаклидагисига тўғри келадиган алмашинувчи ионнинг моль-эквивалентлари сони билан аниқланади. Одатда, алмашилиш сиғими 1 г смолага бир неча (3 дан, 10 гача) мольэкв. ионга тўғри келади. Айни ионитнинг, тўла алмашилиш сиғими ўзгармас катталикдир. Идеал шароитда тўла алмашилиш сиғими ионитнинг ҳолатига ва қарши ионнинг табиатига боғлиқ бўлмайди, фақат ионитнинг ўзининг табиатигагина боғлиқ бўлади.

Одатдаги шароитда бу сиғим қатор омилларга: ҳароратга, эритма рН ига боғлиқ бўлади. Бундан ташқари, статик шароитда аниқланган алмашилиш сиғими динамик шароитда аниқланган қийматлардан фарқланади.

Динамик алмашилиш сиғимининг икки тури бор: айни ионнинг колонкадан ўтиб, оқиб чиқувчи эритмада пайдо бўлишигача аниқланувчи динамик алмашилиш сиғими (ДАС) ва тўла динамик алмашилиш сиғими (ТДАС)-колонкадаги ионитнинг айни ион билан бутунлай тўйингунга қадар кузатилувчи сиғими.

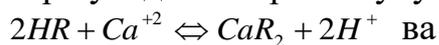
Ион алмашилиш мувозанати. Ион алмашинувчи смоланинг электролит эритмаси билан ўзаро таъсирида бир неча мураккаб жараёнлар содир бўлади. Улардан энг муҳимлари ион алмашилишнинг ўзи, ионлар ва молекулаларнинг смолага физик адсорбиланиши ва эритувчининг ютилиши ҳамда электролитнинг смола ичига сингиши натижасида смоланинг бўкишидир. Ион алмашилиш жараёни стехиометрик равишда содир бўлади. Масалан, агар водород шаклидаги RH катионит таркибида Na^+ ионлари бор эритмага киритилса, системада мувозанат қарор торади. Жараёни массалар таъсири қонуни ёрдамида тавсифлаш мумкин. Алмашилиш реакцияси.



шаклида ифодаланса, унда мувозанат константаси қуйидагича бўлади:

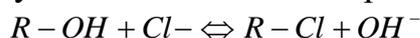
$$K_{H^+/Na^+} = \frac{[H^+] \cdot [RNa]}{[Na^+] \cdot [RH]}$$

Таркибида икки валентли ионлар бўладиган эритма учун:



$$K_{H^+/Ca^{+2}} = \frac{[H^+] \cdot [CaR_2]}{[Ca^{+2}] \cdot [HR]^2}$$

Таркибида хлорид ион Cl^- бўладиган эритма ROH анионит билан ўзаро таъсирлашганида ҳам худди шундай алмашилиш жараёни содир бўлади:



Ҳар бир ионнинг смола ва эритма орасида тақсимланишини тақсимланиш коэффициенти орқали ифодалаш мумкин:

$$P_{Ca^{+2}} = \frac{[CaR_2]}{[Ca^{+2}]}; \quad P_{Cl^-} = \frac{[R - Cl]}{[Cl^-]}; \quad P_{Na^+} = \frac{[R \cdot Na]}{[Na^+]}$$

Ушбу мувозанат ион алмашиниш константаси орқали аниқроқ тавсифланади:

$$K^{\circ} = \frac{a^2 H^+ + a CaR_2}{a Ca^{+2} + a^2 HR}$$

бу ерда a - заррачалар активлиги.

Алмашиниш константалари тақсимланиш коэффициентлари билан қуйидаги нисбат орқали боғланган:

$$K_{H^+/Ca^{+2}} = \frac{P_{Ca^{+2}}}{P_H^2 +}$$

Мувозанат константаси орқали ионларнинг сорбцияланиш даражасини аниқлаш мумкин. Агар $K=1$ бўлса, сиқиб чиқарилувчи ва сиқиб чиқарувчи ионларнинг ютилиш даражаси бир хил бўлади., $K>1$ бўлганида сиқиб чиқарувчи ионнинг сорбцияси кучлироқ, $K<1$ бўлганда эса сиқиб чиқарилувчи ионнинг сорбцияси кучли бўлади. Агар ҳаракатчан фаза ион алмашинувчи смолага нисбатан силжиса, эритма билан ион алмашинувчи орасидаги мувозанат ҳолати қуйидагича мураккаб боғланишда бўлади:

$$K = V \cdot C^z / m^2 \cdot \alpha \cdot S \quad (50)$$

бунда V - сиқиб чиқарувчи эритманинг ҳажми, cm^3 ; C - эритмадаги сиқиб чиқарувчи ионнинг концентрацияси, моль/л. T - ионитнинг алмашиниш сиғими, моль/г; α - колонкадаги смола қатламининг баландлиги см; S - колонканинг қўндаланг кесими, cm^2 ; z - сиқиб чиқарилувчи ионнинг заряди.

Алмашиниш мувозанати константалари орасидаги фарқ қанча катта бўлса, катионларни ажратиш шунча самарали бўлади. Катионлар аралашмасини ажратиш имконияти ва самарадорлиги селективлик (танловчанлик) коэффициентлари ёрдамида аниқланади. Бу коэффициент ажратилувчи иккита ионнинг алмашиниш мувозанати константаларининг нисбатидан иборат:

$$K = \frac{K_1}{K_2} \quad (51)$$

Масалан, маълумотларига биноан Co^{+2} ва Ni^{2+} ионлари аралашмасини ажратишда танловчанлик коэффициенти

$$K = \frac{1,06}{2,16} = 0,49$$

бўлади.

Турли катионларнинг мувозанат константалари турлича бўлгани учун ион алмашиниш жараёнидан катионлар аралашмасини ажратиш учун фойдаланиш мумкин.

Ион алмашиниш хроматографиясининг усуллари. Элюэнт усулида ионлар адсорбиланган ион алмашиниш колонкасини сиқиб чиқарувчи суёқлик-электродит эритмаси билан ювиш назарда тутилади. Бунда энг кам адсорбиланадиган ионлар колонкадан биринчи бўлиб сиқиб чиқарилади, кучлироқ адсорбиланган ионлар кейинроқ чиқади. Колонкадан чиқувчи элюат фракцияларда алоҳида ионлар бўлади.

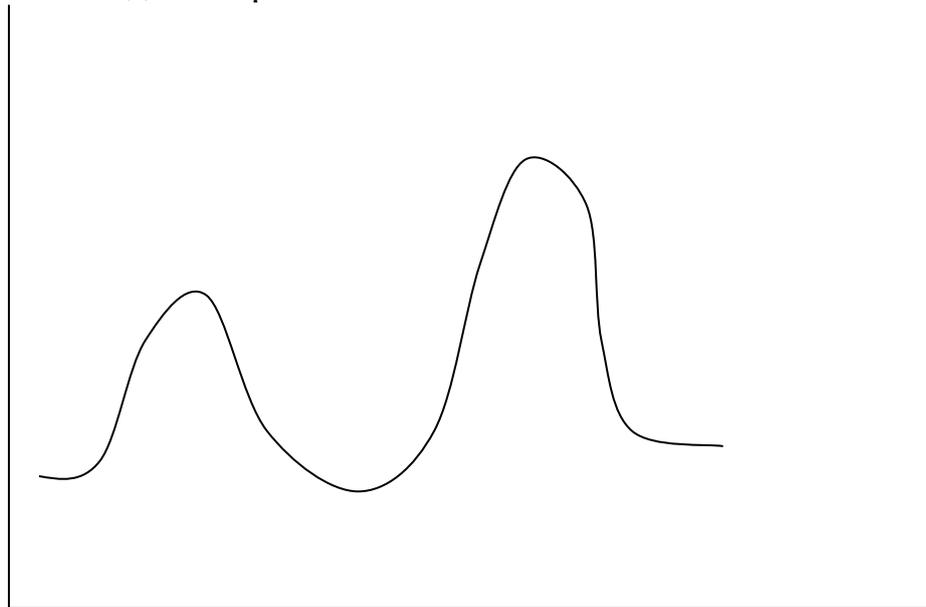
Элюэнт усулида сиқиб чиқарувчи электродит сифатида таркибида смоланинг ионоген гуруҳлари ажратиб чиқарадиган ионлар бўладиган моддалардан (катион-

алмашувчилар учун HCl , анионалмашувчилар учун эса NaCl дан- Cl^- ажратувчилардан) фойдаланилади. Ажратиш ва ювиш тугагандан кейин колонкада бошланғич шаклдаги ионит қолади ва уни қайтадан ишлатиш мумкин. Сиқиб чиқариш усули элюэнт усулининг бир тури ҳисобланади. Унда ишлатиладиган сиқиб чиқарувчи эритма таркибида смолага ажратилувчи аралашма ионларига нисбатан яхшироқ ютиладиган ионлар бўлади.

Ион алмашиниш хроматографияси колонкаларда ўтказилади, уларга олдиндан бўктирилган ион алмашинувчи смолалар тўлдирилади. Колонкалариинг бир меъёрада тўлиши учун смолаларнинг осмалари ишлатилади.

Колонкадаги смола қатлами юзасига юқоридан озгина намуна эритмаси туширилади, сўнгра элюэнт оқими юборилади. Агар колонканинг тагига идишлар қўйиб турилса таркибида алоҳида-алоҳида моддалар бўладиган фракцияларни йиғиб олиш мумкин. Аралашма таркибий қисмларга ажратилгандан сўнг компонентларнинг миқдорини ҳар қандай мос келувчи усул билан аниқласа бўлади.

Амалда қўлланилиши. Аралашмаларни ион алмашиниш усулида таркибий қисмларга ажратишнинг энг оддий усули аралашма таркибидаги ионларни смолага юттириш ва сўнгра ҳар бир алоҳида компонентни ўзига хос эритувчида эритиб ажратиб олишдан иборат.



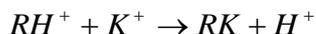
51-расм. Катионитда 0,1 н. HCl эритмаси ёрдамида Na^+ ва K^+ ионларини ажратиш эгри чизиғи.

Масалан, ишқорини K^+ ионларни ажратиш эгри металлларнинг катионларини чизиғи суюлтирилган хлорид кислота (0,1 М HCl) таъсирида ажратиб олиш мумкин. 51-расмдаги чиқиш эгри чизиғи шундай ажратишнинг самарадорлигини кўрсатади. Расмдан кўриниб туриптики, 0,1 М HCl билан элюириш Na^+ ва K^+ ионларини осон ажратишга имкон беради.

Ион алмашиниш хроматографиясини элюэнт сифатида лактат, цитрат, ЭДТА ва бошқа эритмалардан фойдаланиб лантаноидлар аралашмасини таҳлил қилиш учун татбиқ этиш бу элементларни ажратишнинг самарали усулини ишлаб чиқиш имконини яратди. Олинган маълумотлар асосида лантаноидлар рудаларини қайта ишлаш технологик схемаси таклиф қилинди ва муваффақият билан амалга

оширилди. Изотопларни бирбиридан ажратишнинг ион алмашиш усуллари ҳам бор.

Ион алмашишиш усулларида эритмадаги катион ва анионларнинг умумий миқдорини аниқлашда, тоза тузларни таҳлил қилишда ҳам фойдаланилади. H^+ шаклидаги катионитдан калий тузи эритмаси ўтказилганда қуйидаги ион алмашишиш жараёни:

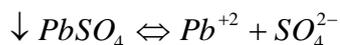


содир бўлади ва эритмада калий ионларига эквивалент миқдорда H^+ ионлари ҳосил бўлади. H^+ ионларининг концентрациясини титрлаш (масалан, потенциометрик) орқали аниқлаш ва шу орқали намунадаги K^+ ионларининг миқдорини ҳам аниқлаш мумкин.

Ион алмашишиш жараёнларидан қийин эрувчан бирикмаларни эритмага ўтказиш учун ҳам фойдаланилади. Ионитлар фақат электролитлар билангина эмас, балки қийин эрийдиган моддаларнинг (масалан кальций карбонат, кўрғошин хлорид, барий сульфат) чўкмалари билан ҳам маълум даражада реакцияга киришиши мумкин. Агар H^+ ёки Ca^+ шаклидаги катионит кўрғошин сульфат суспензияси билан бирга чайқатилса, кўрғошин сульфат секин эрийди ва, ниҳоят, сульфат кислота ёки натрий сульфат ҳосил бўлади.

Нитрат ионлар NO_3^- билан тўйинтирилган ионит ҳам шунга ўхшаш таъсир кўрсатади. Бунда кўрғошин нитрат эритмаси ишлатилади. Кўрғошин сульфат

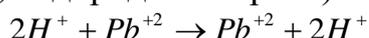
$PbSO_4$ чўкмаси Pb^{+2} ва SO_4^{2-} ионлари билан мувозанатда бўлади:



Эрувчанлик кўпайтмаси $\mathcal{E}K_{PbSO_4}$ га мувофиқ равишда эритмада жуда кичик концен-трацияда бўлса ҳам кўрғошин ионлари бўлади:

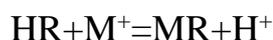
$$\mathcal{E}K_{PbSO_4} = [Pb^{+2}] \cdot [SO_4^{2-}] \quad \mathcal{E}K_{PbSO_4} = C_{Pb^{+2}} \cdot C_{SO_4^{2-}}$$

Бундай эритмага ионит киригилганда у кўрғошин ионларини эритмадан ютади ва бошқа катионларга (масалан, водород ионларига) алмаштиради:

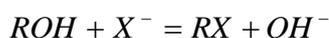


Бунинг натижасида мувозанат бузилади ва қаттиқ $PbSO_4$ диссоциланади. Чўкмадан эритмага қўшимча Pb^{+2} ва SO_4^{2-} ионлар ўтиб, эрувчанлик кўпайтмасининг қиймати тиклангунга қадар диссоциланиш давом этади. Ионитдан яна қўшиб туриш йўли билан чўкмани эритиш мумкин. Ҳозирги вақтда ионитлар ёрдамида $BaSO_4$, $AgCl$ ва бошқа чўкмаларни эритмага ўтказиш усуллари топилган.

Сувни тузлардан тозалаш деминераллашнинг ион алмашишишга асосланган усули катта амалий аҳамиятга эга. Унинг моҳияти шундан иборатки, тозалашга мўлжалланган сувга бир вақтнинг ўзида H^+ шаклидаги катионит ва OH^- шаклидаги анионит билан ишлов берилади. Катионитдаги алмашиш натижасида эритмада H^+ ионлари пайдо бўлади:



анионитда эса:



бўйича OH^- ионлари ҳосил бўлади. Ажралиб чиққан H^+ ва OH^- ионлари ўзаро таъсирлашиб сув ҳосил қилади:



Натижада тоза, деминералланган сув олинади. Ундан лабораторияларда дистилланган сув ўрнида фойдаланилади.

Кейинги вақтларда электрохимий мақсадлар учун махсус ион алмашувчи мембраналар тайёрланмоқда. Улар ҳам ион алмашувчи, ҳам мембрана- ярим ўтказгич парда хоссаларига эгадир. Аммо бу ион алмашувчи мембраналарнинг ион ўтказиш хусусияти танловчан бўлади.

Хроматография усулининг умумий хусусиятлари. Хроматография кўп компонентли аралашмаларни таркибий қисмларга ажратиш ва моддаларнинг физикхимий хоссаларини ўрганиш усули тарзида жуда кенг қўлланилади. Бу усул мураккаб таркибли суюқ ва газсимон аралашмаларни таҳлил қилишнинг самарали усулидир. Бу усулда қаттиқ моддалар суюқ ёки газсимон ҳолатга ўтказилгандан кейин таҳлил қилинади. Хроматография усули фақат кимёда ва биологиядагина эмас, балки фан ва техниканинг бошқа кўпчилики соҳаларида ҳам муваффақият билан қўлланилмоқда. Газ хроматографлари Венера (Зуҳра) атмосферасига туширилган асбобларда яхши ишлади. Таҳлилнинг хроматография усули ажратиш ва текшириш усули бўлибгина қолмай, у, шунингдек, илмий тадқиқот усули ҳамдир.

Мавзунини мустақамлаш учун назорат саволлар

1. Хроматограмманинг қандай ўлчамларини биласиз?
2. Хроматографик ажратишнинг самарадорлиги нимадан иборат?
3. Қандай адсорбентларни биласиз?
4. Хроматографик таҳлилда адсорбентлар қандай класификацияланади?
5. Полимер сорбентлар ҳақида маълумот беринг?
6. Хроматографияда ишлатиладиган колонкалар ва уларнинг турлари ҳақида тушунча беринг?
7. Очилтириш (элюент) усули моҳиятини тушунтиринг?
8. Хроматографияда сиқиб чиқариш усули қандай рол ўйнайди?
9. Градиент хроматография нима?
10. Юпқа қатламдаги хроматографик усул тўғрисида тушунча беринг?
11. Хроматографияда старт чизиғи нимани билдиради?
12. Суюқлик-суюқликда тақсимланиш хроматографияси ҳақида тушунча беринг?
13. Қоғозда тақсимланиш хроматография моҳияти нимадан иборат?
14. Электрофоретик хроматография тўғрисида нима биласиз?
15. Газ хроматографиясини қандай афзаллигини биласиз?
16. Гел хроматография нимага асосланган?
17. Ион алмашувчи хроматографик таҳлилни изоҳланг?
18. Ионитлар турлари тўғрисида нимани биласиз?
19. Ион алмашувчи хроматографиянинг қандай усулларини биласиз?

Хроматографик таҳлил усулининг ишлатилиши ва афзаликлари.

Хроматографик таҳлил усули оддийлиги, самарадорлиги ва ҳар томонлама

(универсал) лиги сабабли, органик ва анорганик кимё, биология, тиббиёт, физика, нефт ва газни қайта ишлаш ва бошқа соҳаларда турли хил масалаларни ҳал қилишда ишлатилади.

1. Мураккаб органик ва анорганик аралашмаларни алоҳида компонентларга ажратишда.

2. Ўсимлик ва ҳайвон организмида жуда кам миқдорда учрайдиган турли моддалар: витаминлар, пигментлар, гликозалар, алколоидларни ажтариш; нефт таркибидан тўйинган ва тўйинмаган углеводларни ажратишда, ер пўстлоғида кам тарқалган моддаларни, изотопларни бойитишда;

3. Моддаларни қўшимчалардан тозалашда;

4. Жуда суюлтирилган эритмаларни концентрлашда;

5. Моддаларнинг сорбцияланиш хусусияти билан тузилиши орасидаги боғланишга асосланиб молекуляр тузилишини аниқлашда;

6. Моддаларни айниқса нефт ва газ маҳсулотларини сифат ва миқдор таркибини идентификациялашда;

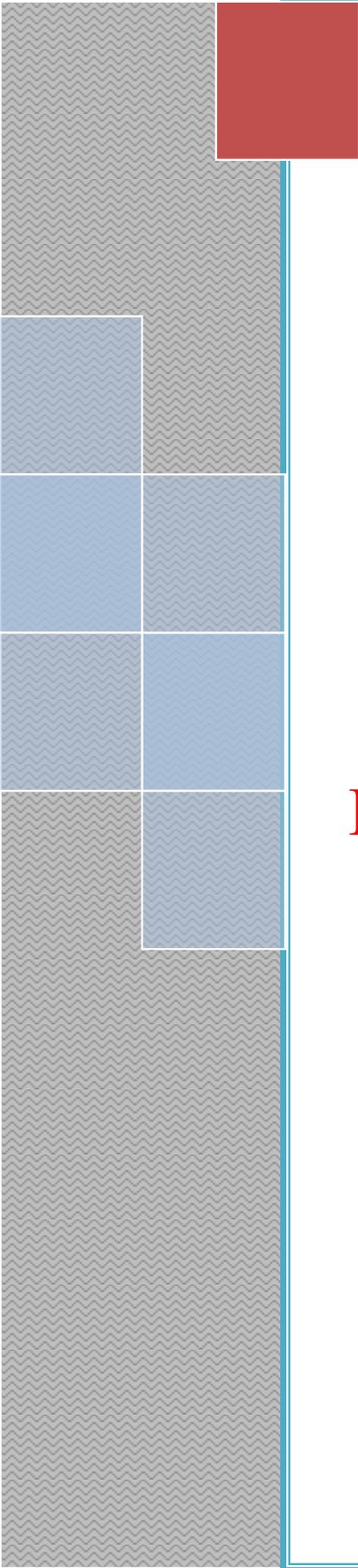
А). Спирт, коньяк, вино таркибидаги альдегидлар, карбон кислоталар, оксикислоталарни аниқлашда;

Б). Озиқ-овқат маҳсулотлари таркибидги аминокислоталар ва уларнинг хоссаларини аниқлашда;

В). Нефт ва ёғ таркибидаги тўйинган ва тўйинмаган углеводлар ва карбон кислоталарни аниқлашда ва ҳоказо.

Хроматография таҳлил усули қуйидаги афзалликларга эга.

1. Энг кам миқдордаги мода миқдорини (мкл, мкл) (10^{-6} 3, 10^{-6} мл), улушини яъни сезгирлиги катта,
2. Универсал яъни турли хил функционал гуруҳлари бўлган модда аралашмаларини таҳлил қилиш мумкин.
3. Физик-кимёвий хоссалари бир-бирига жуда яқин, ўхшаш модда (изомерлар аралашмасини таҳлил қилиш мумкин).
4. Модда аралашмаларини компонентларга ажратиш, уларни концентрациясини ошириш, селектив (танлаб ажратиш), тоза моддалар олиш (перепратив) имконини беради.

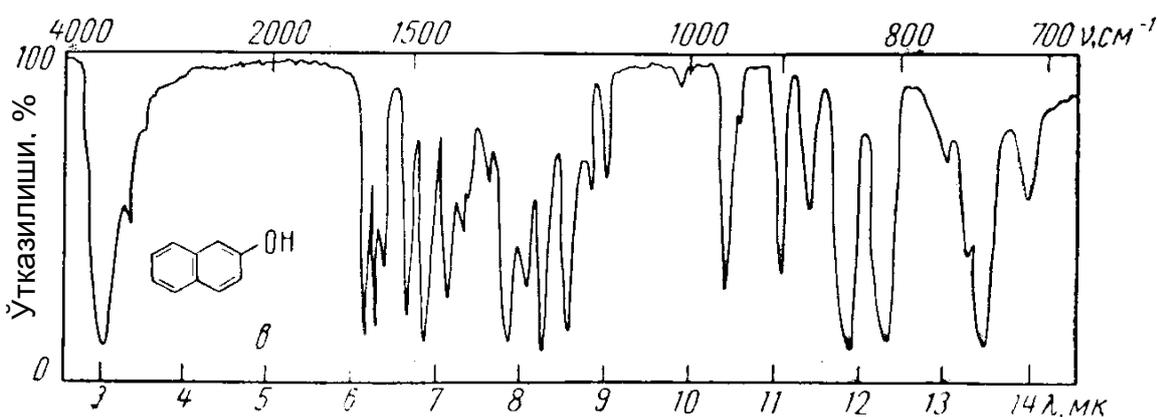
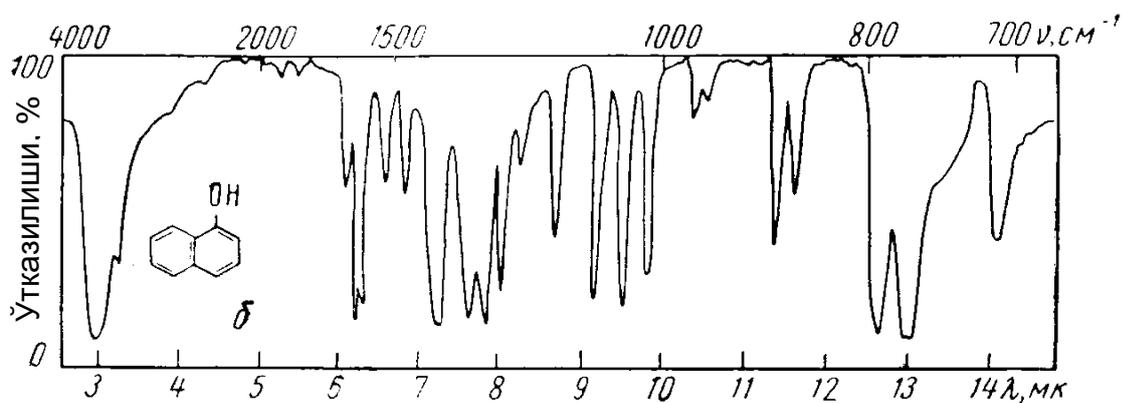
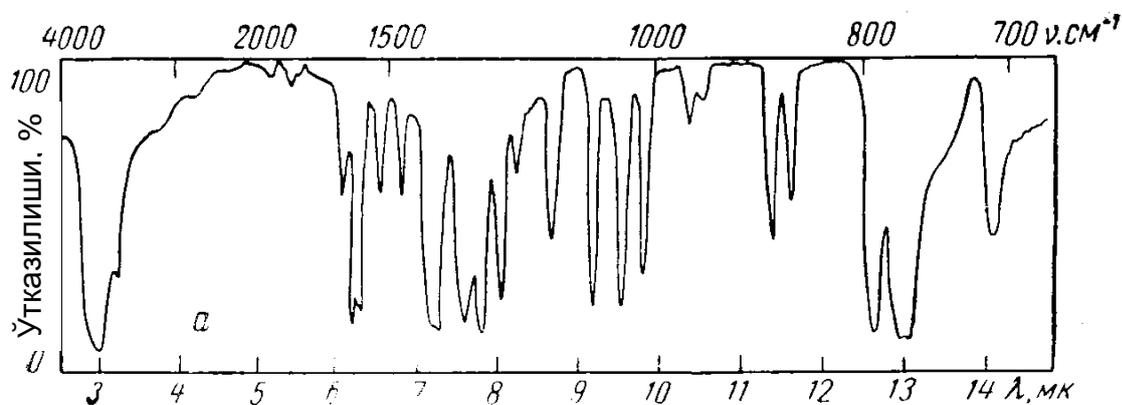


2. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ КЎРСАТМАЛАРИ



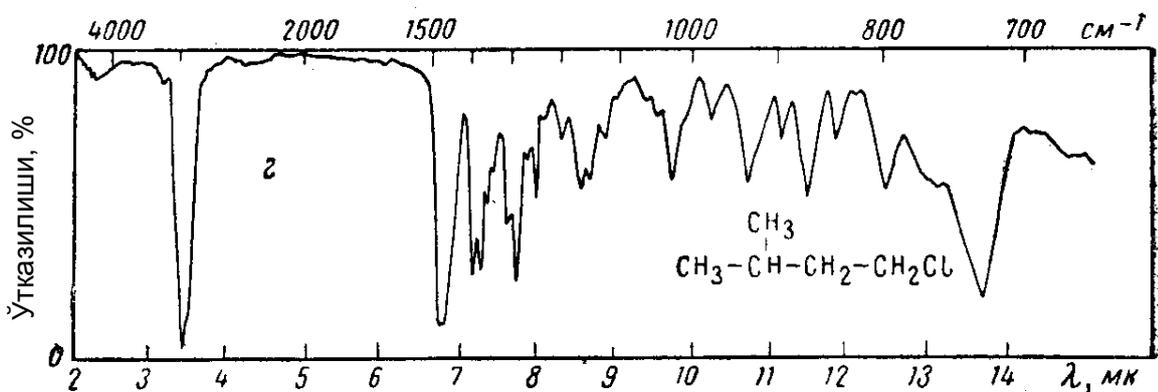
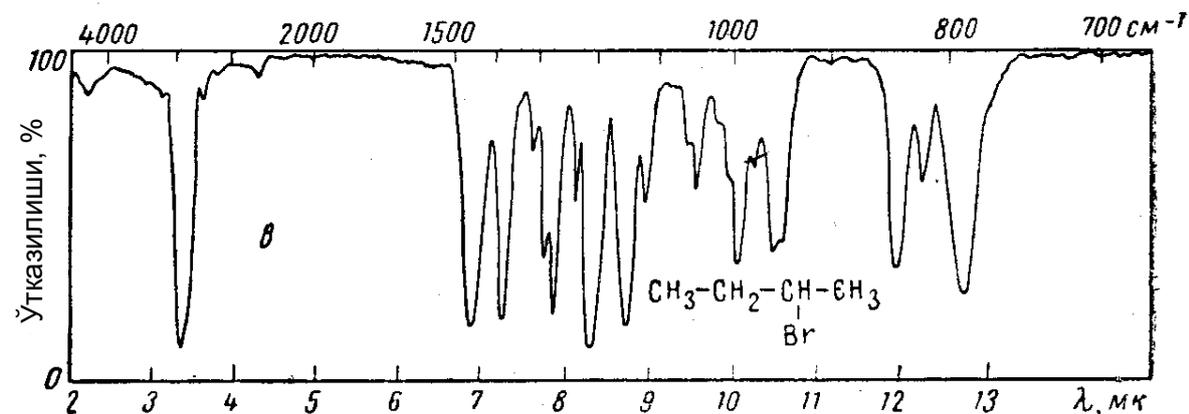
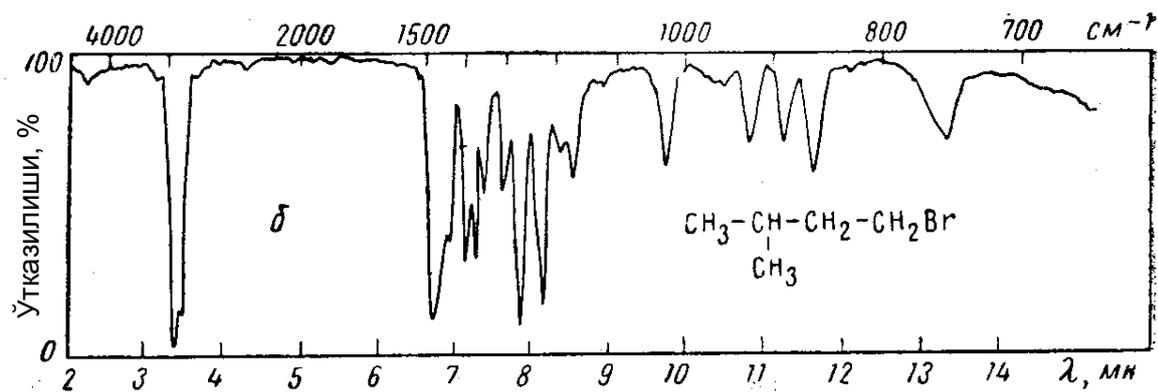
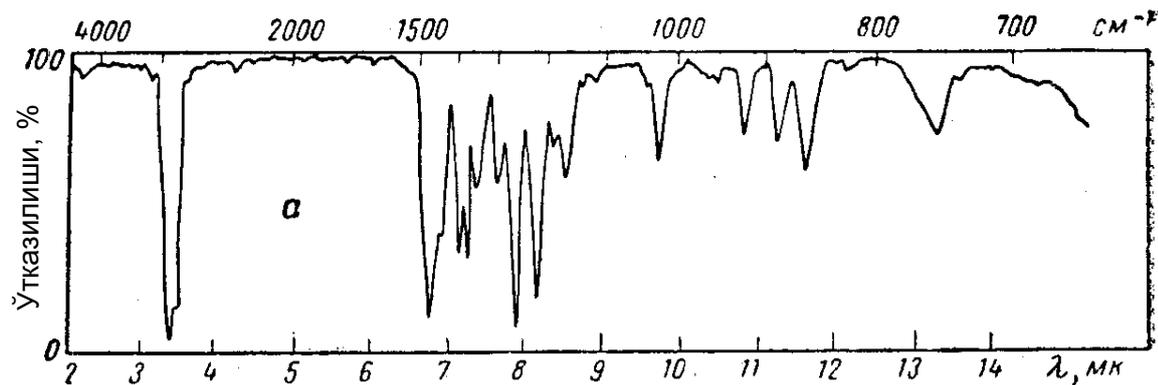
Нефт ва газ маҳсулотларидан олинган органик бирикмаларни физик-кимёвий таҳлилга доир масалалар ечиш.

1. Куйидаги расмнинг *a* сйда нафтолларнинг изомерлари спектрлари келтирилган, *б* ва *в* расмда α ва β - нафтолнинг спектрлари берилган. Келтирилган нафтолнинг қайси изомерлари *a* бирикмага берилган спектрларига ўхшашлигини аниқланг.



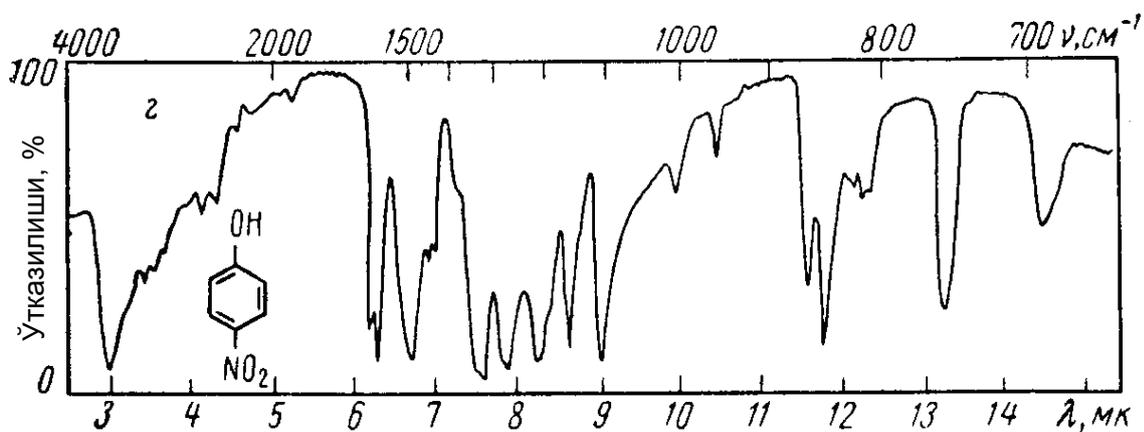
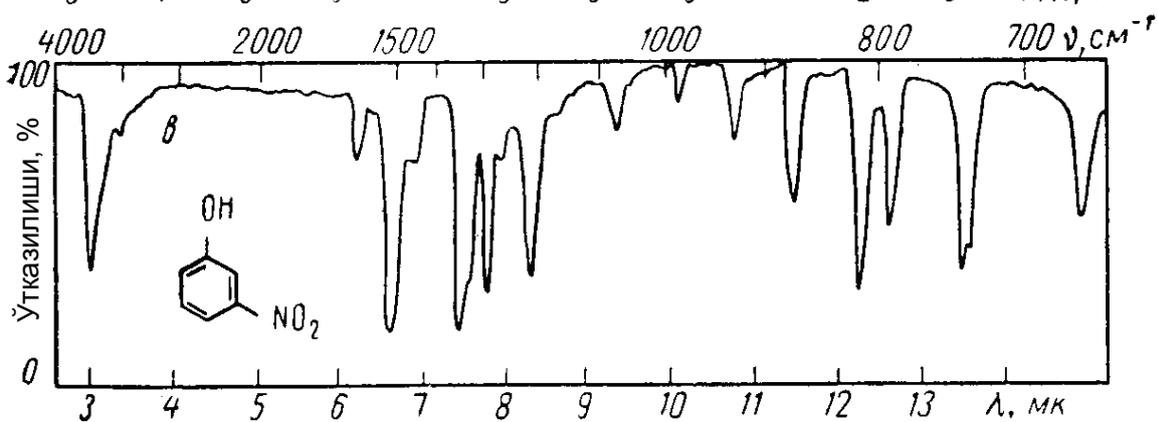
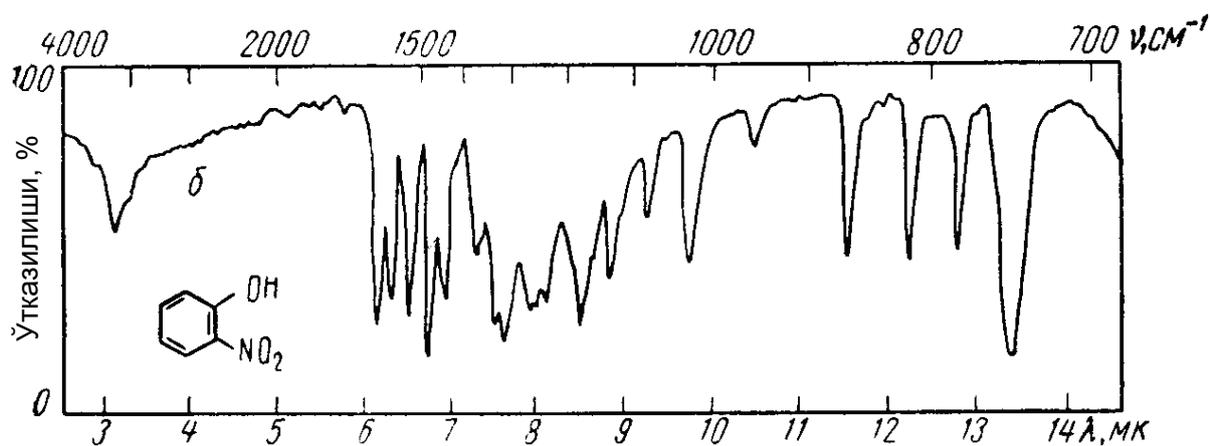
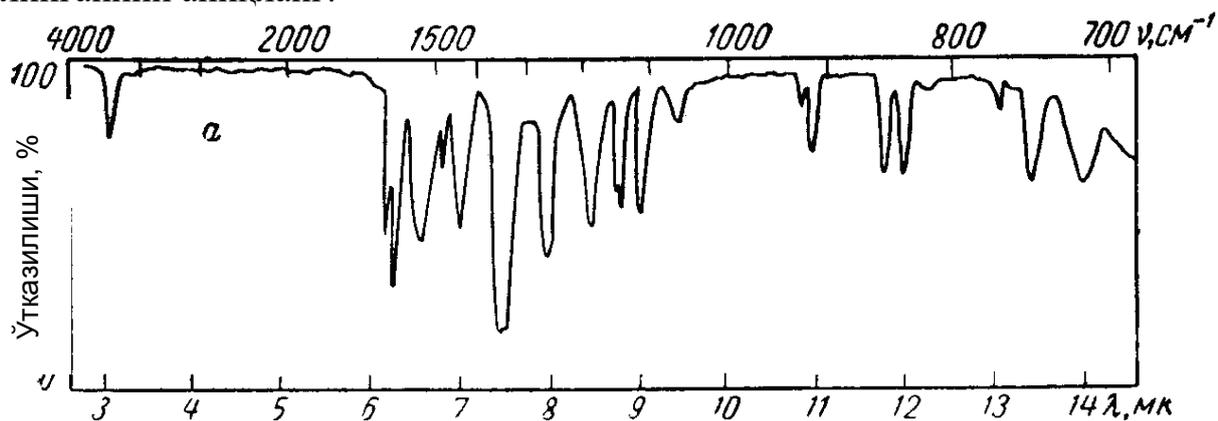
2. Расмда *a* да галогенланган углеводородлар аралашмасидан куйидаги спектрга эга бўлган модда ажратиб олинган. Расмнинг *б*, *в*, *г* лардаги

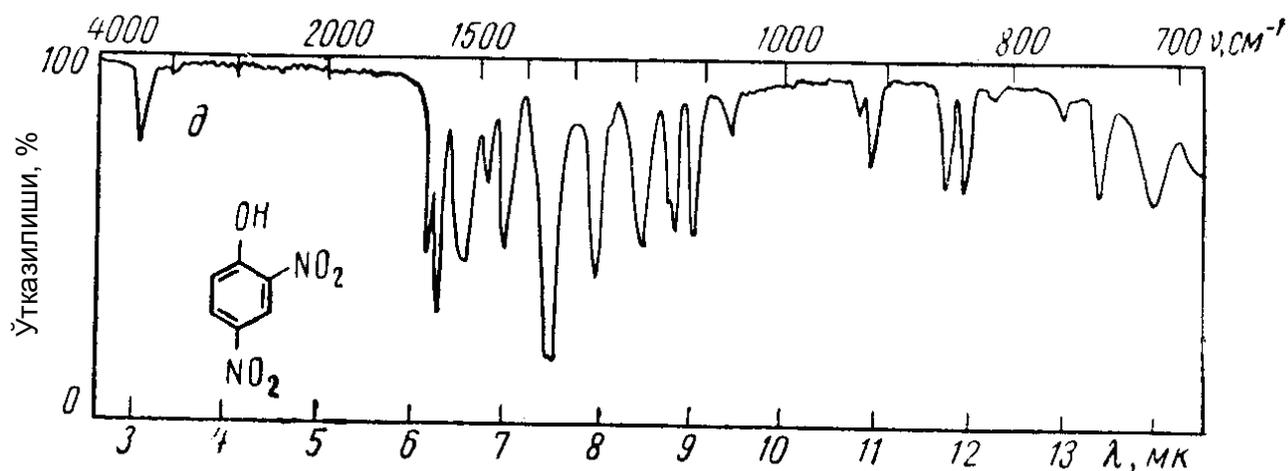
спектрлардан қайси бири *a* спектрга ўхшайди ва қандай модда эканлигини аниқланг.



3. Реакция натижасида олинган нитронафтолларнинг спектрлари *a*-расм келтирилган. Аниқ спектрлар *o*-, *m*- ва *p*- нитрофеноллар ва 2,4 динитрофеноллар

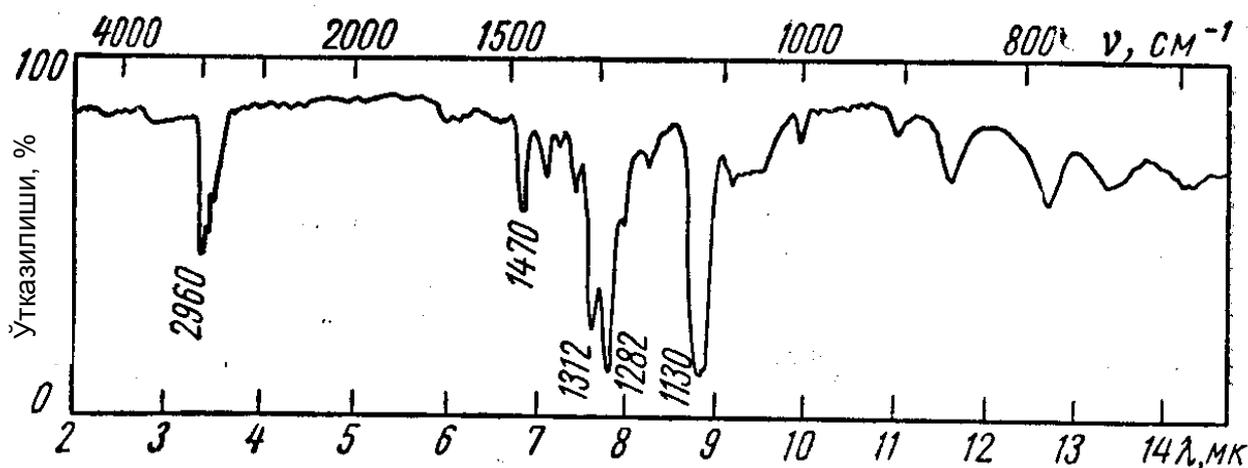
асосида расмдаги б, в, г, д лар тегишлича реакция натижасида қандай бирикма олинганини аниқланг.



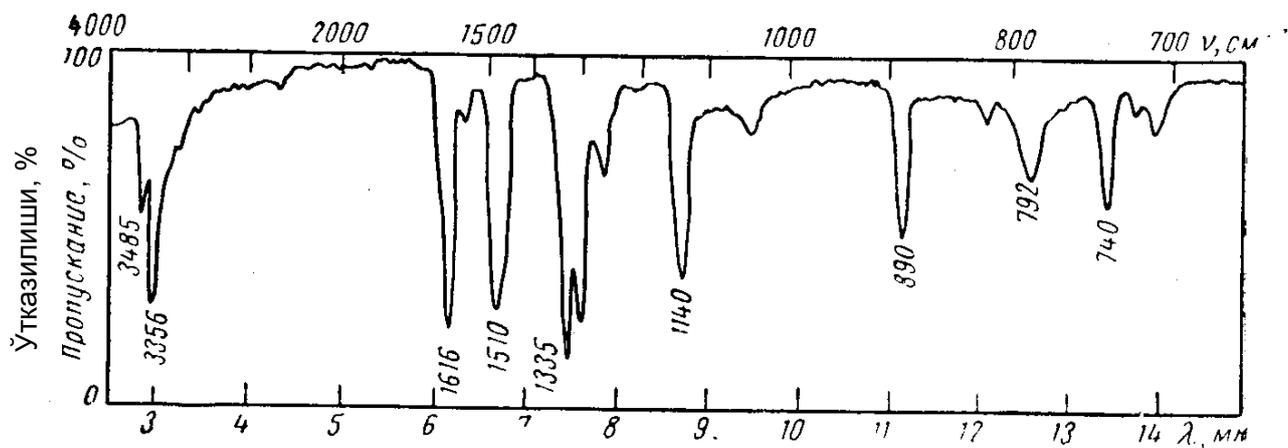


(3-расмнинг давоми)

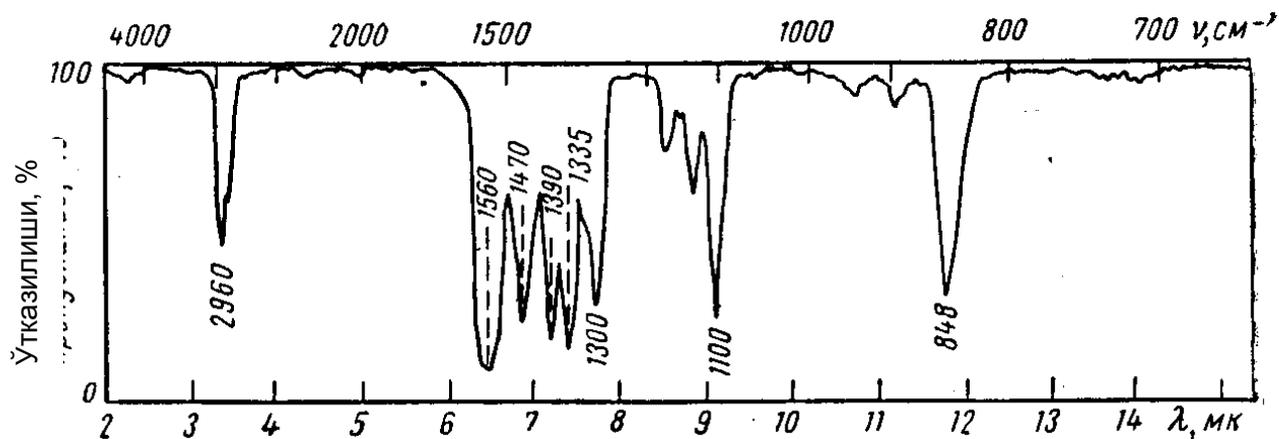
4. Қуйида келтирилган ИҚ спектр орқали $C_6H_{14}O_2S$ формулага бирикмадан кислород ва олтингугурт қайси функционал гуруҳларга киришини аниқланг (суюқ ҳолатда).



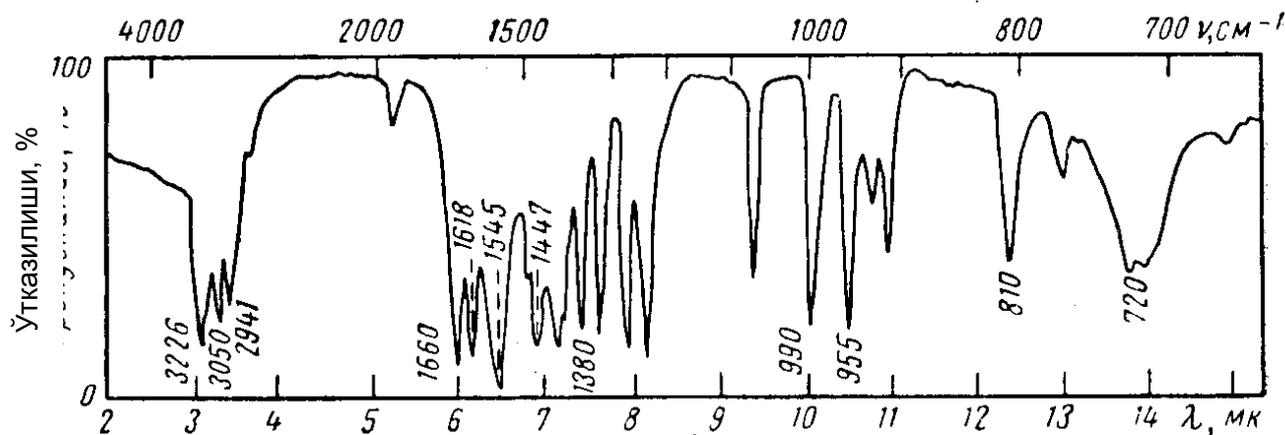
5. Қуйидаги $C_6H_4Cl_2N_2O_2$ брутто формулага эга бўлган бирикма расмда келтирилган спектрга эга. Кислород ва азот атомларига қайси функционал гуруҳларга киришини аниқланг (*KBr* пластинкада).



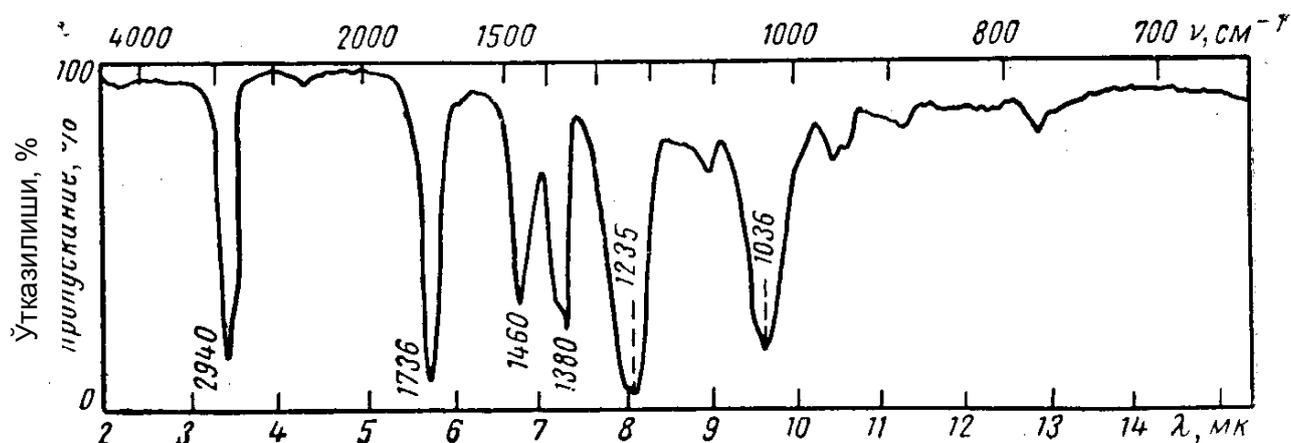
6. $C_3H_7O_2N$ бирикмасида қандай кислород ва азот сақлаган гуруҳлар киради (суяқ плёнкада)?



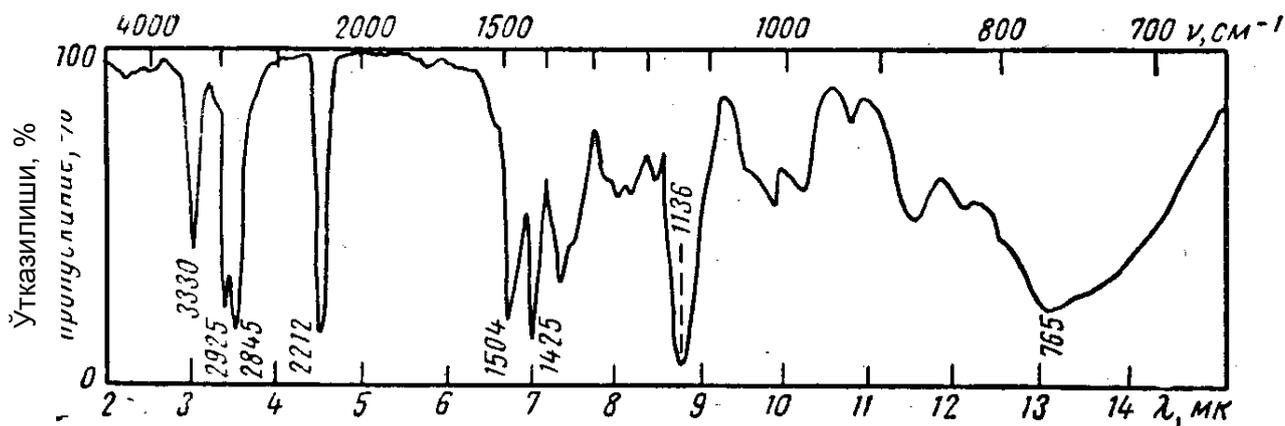
7. Келтирилган $C_7H_{13}ON$ бирикманинг спектрларига қараб қайси элементларнинг тузилишини аниқлаш мумкин (*KBr* пластинкасида)?



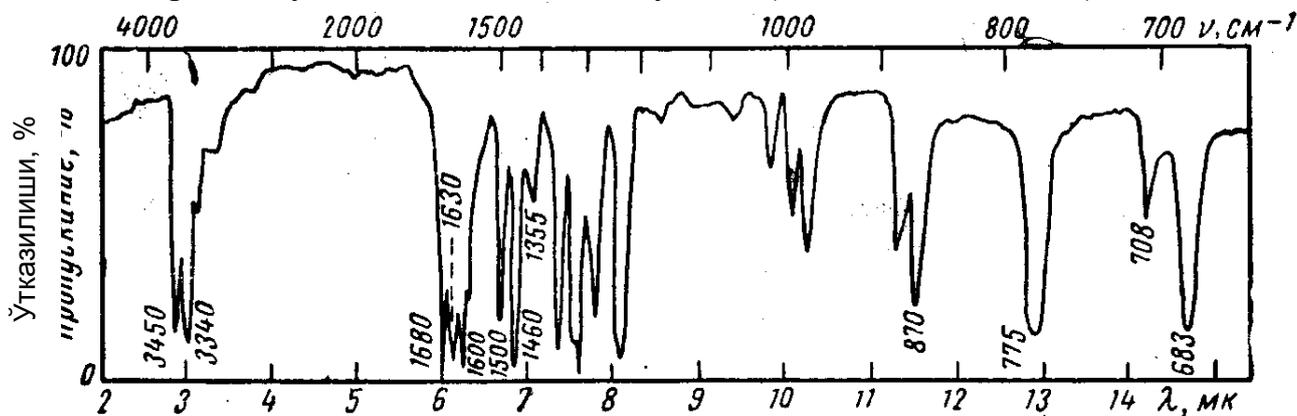
8. Куйидаги формулага $C_8H_{16}O_2$ эга бўлган бирикмага кислород атоми қайси функционал гуруҳларга киради?



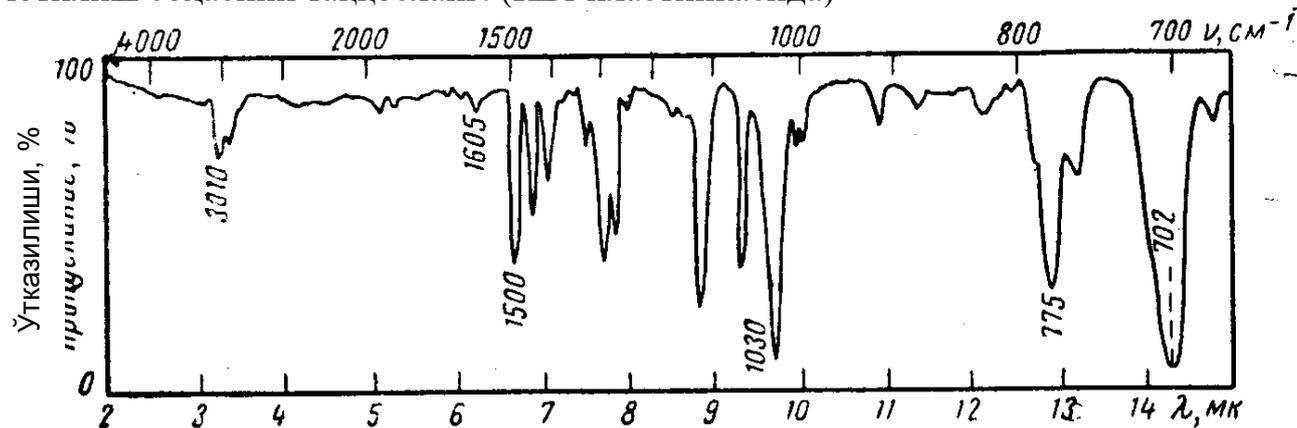
9. $C_6H_9N_3$ бирикмадаги азот атомлари келтириган спектрдаги қайси функционал гуруҳга мансуб? (суюқ плёнкада).



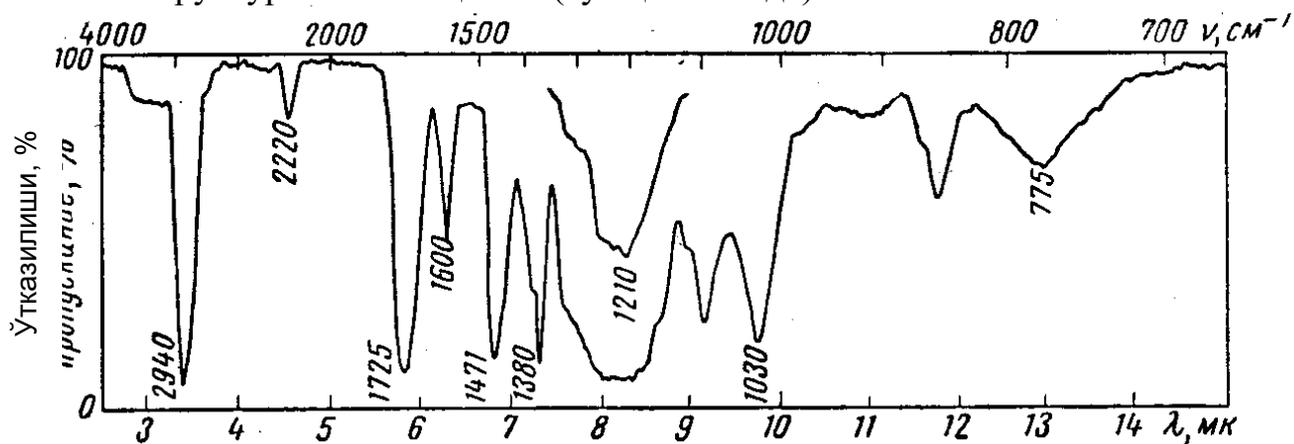
10. Келтирилган спектрдан фойдаланиб C_8H_9ON бирикмадаги қайси элементларнинг тузилишини аниқлаш мумкин (*KBr* пластинкасида)?



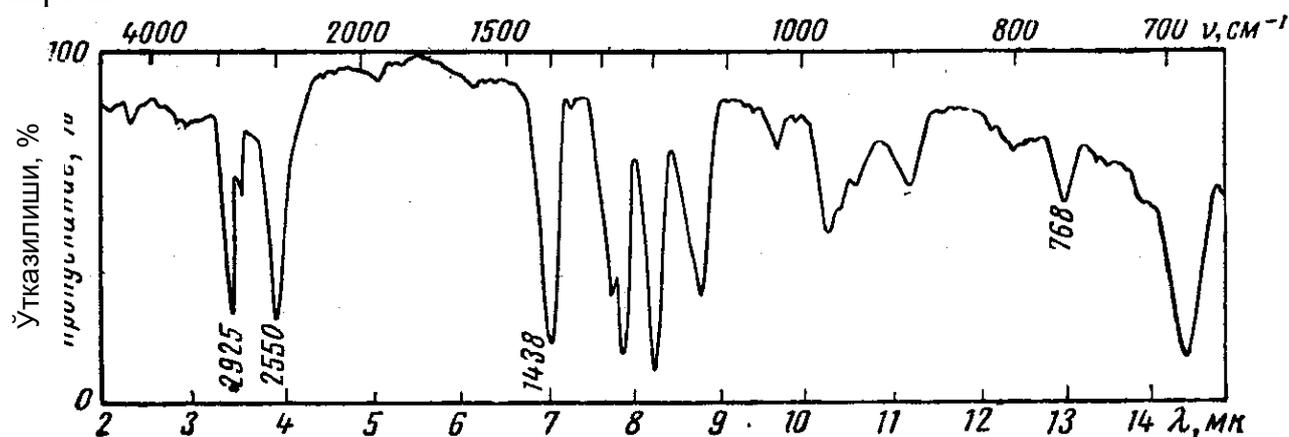
11. $(C_6H_5CH_2)_2SO$ тузилишга эга бўлган бирикманинг ИҚ- спектридаги ютилиш соҳасини таққосланг. (*KBr* пластинкасида)



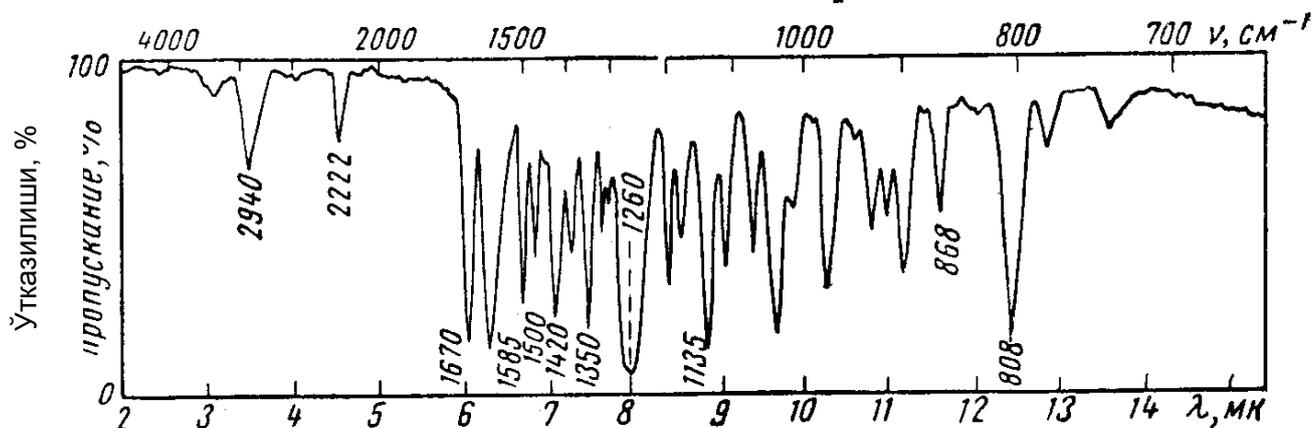
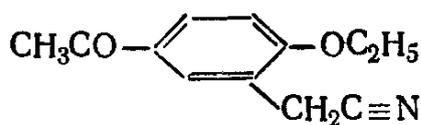
12. ИҚ-спектр бўйича ва $C_9H_{13}O_2N$ брутто-формуласи бўлган бирикманинг элемент структурасини аниқланг. (суяқ пленкада)



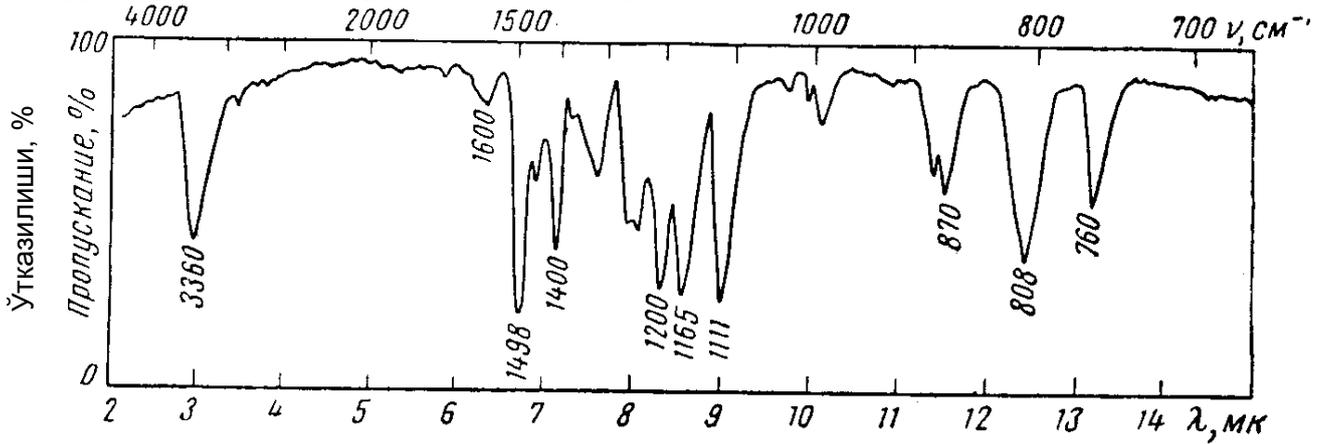
13. $C_2H_6S_2$ бирикманинг олтингугурт атомига қандай функционал гуруҳи кирган?



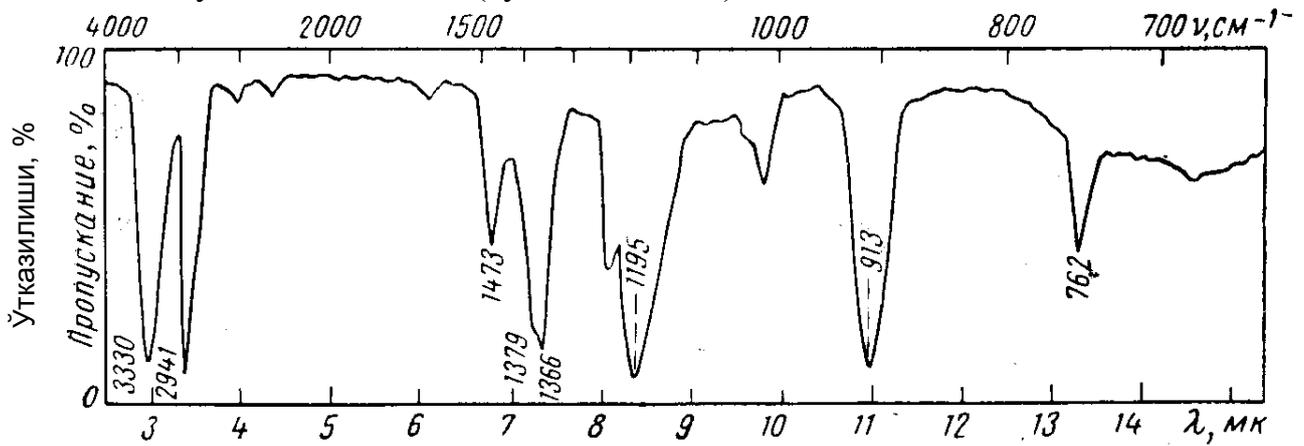
14. Расмда келтирилган бирикманинг тебраниш гуруҳларига тегишли ИҚ-спектридаги асосий ютилиш чўққиларини солиштиринг.



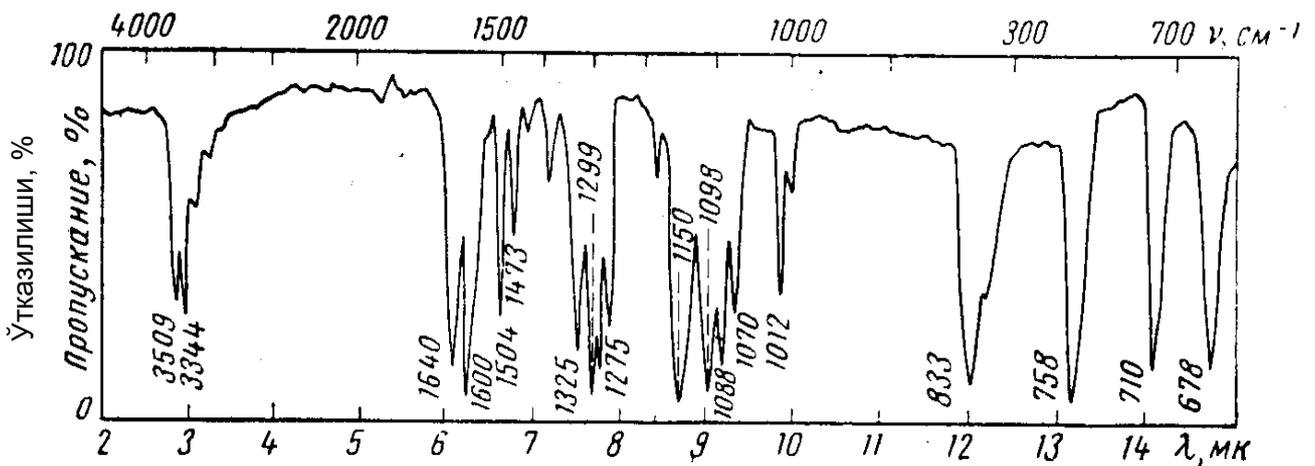
15. Брутто-формуласи C_7H_7ClO бўлган бирикма спектридаги қайси структура элементларини аниқлаш мумкин? (КВг пластинкасида).



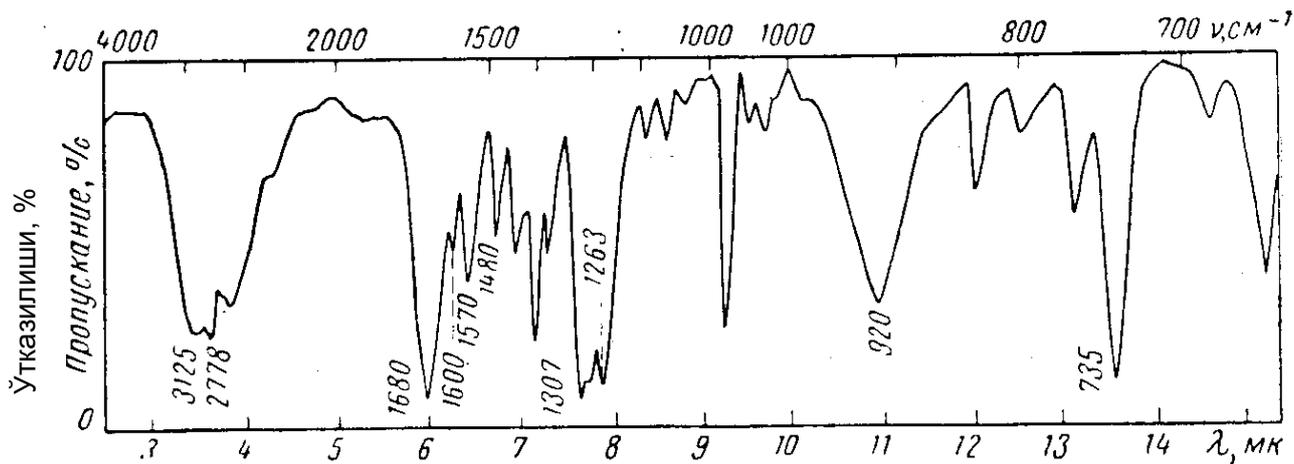
16. $C_4H_{10}O$ брутто формуласи ва ИҚ- спектрига қараб бирикманинг тахминий тuzилиши айтинг (суюқ пленкада).



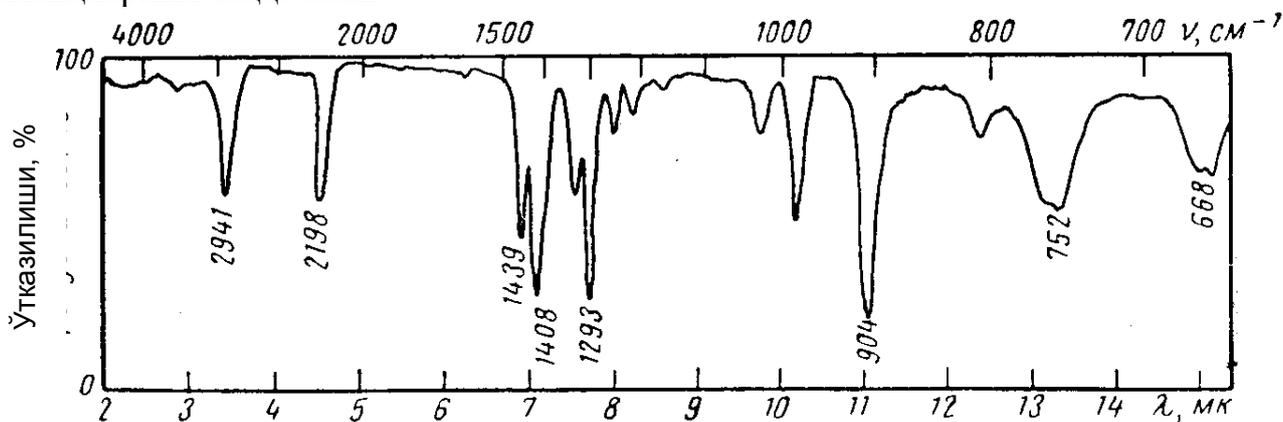
17. $C_{12}H_{10}ClO_2NS$ бирикмада қандай кислород-, азот- ва олтингугурт сақлаган гуруҳлар мавжуд? (суюқ пленкада)



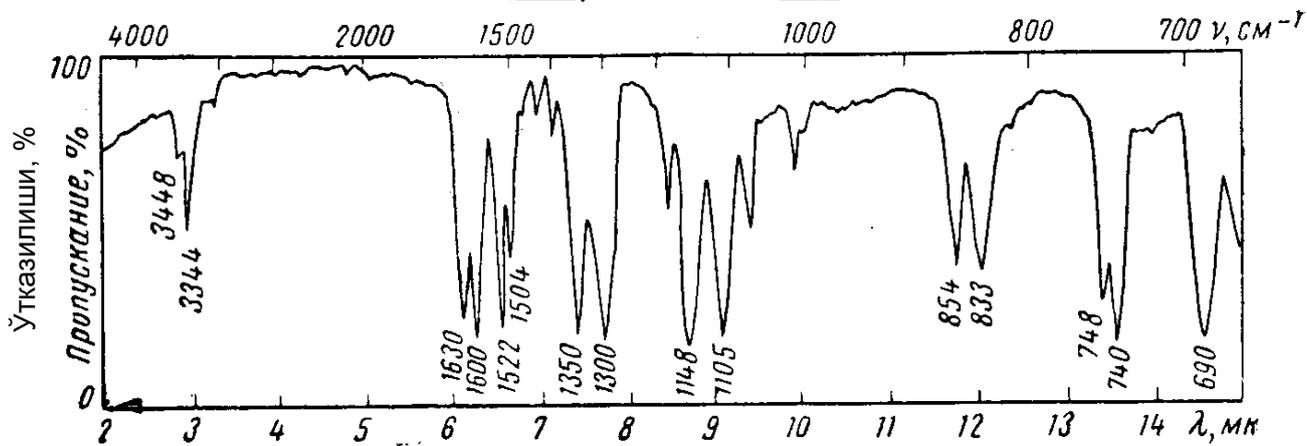
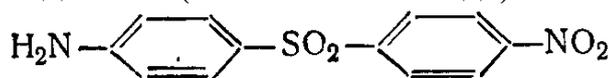
18. $C_8H_8O_2$ бирикма ИҚ – спектридан қандай структура элементларни аниқлаш мумкин?



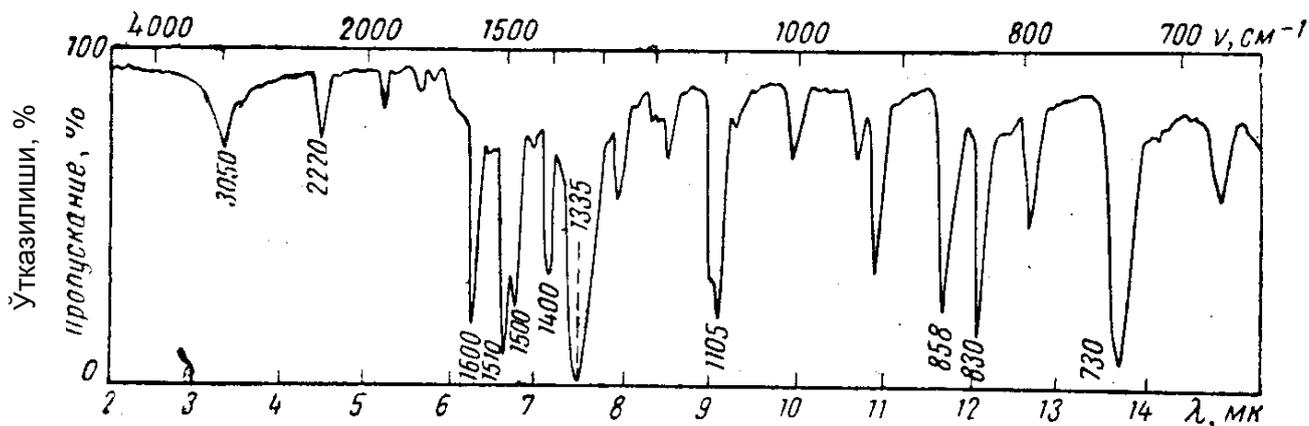
19. $ClCH_2CH_2CN$ бирикма структурасига тегишли ИҚ – спектридаги ютилиш чизикларини таққосланг.



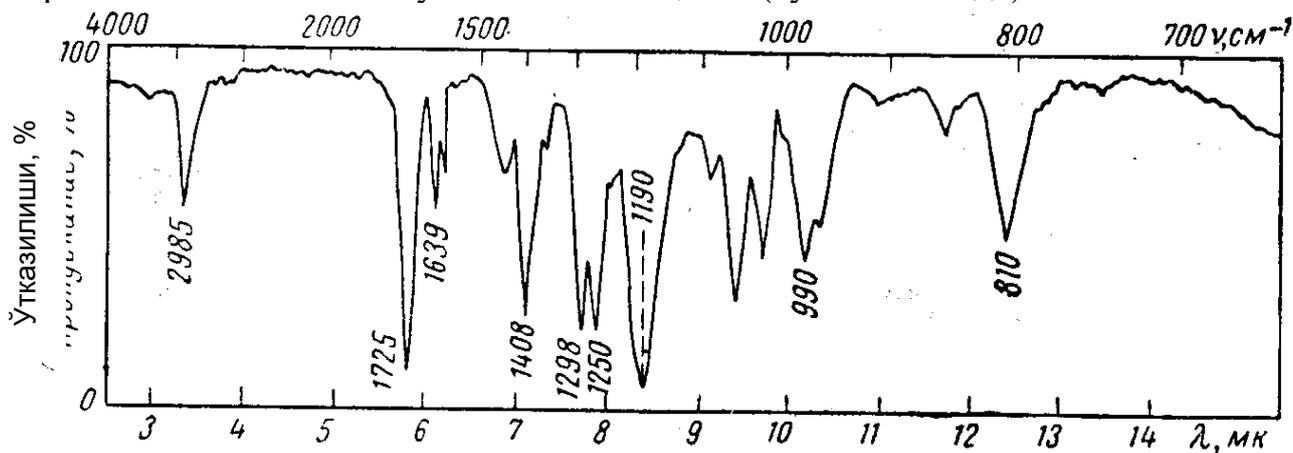
20. Қуйидаги тузилишидаги бирикманинг ютилиш чизикларини таққосланг (KBr пластинкасида)



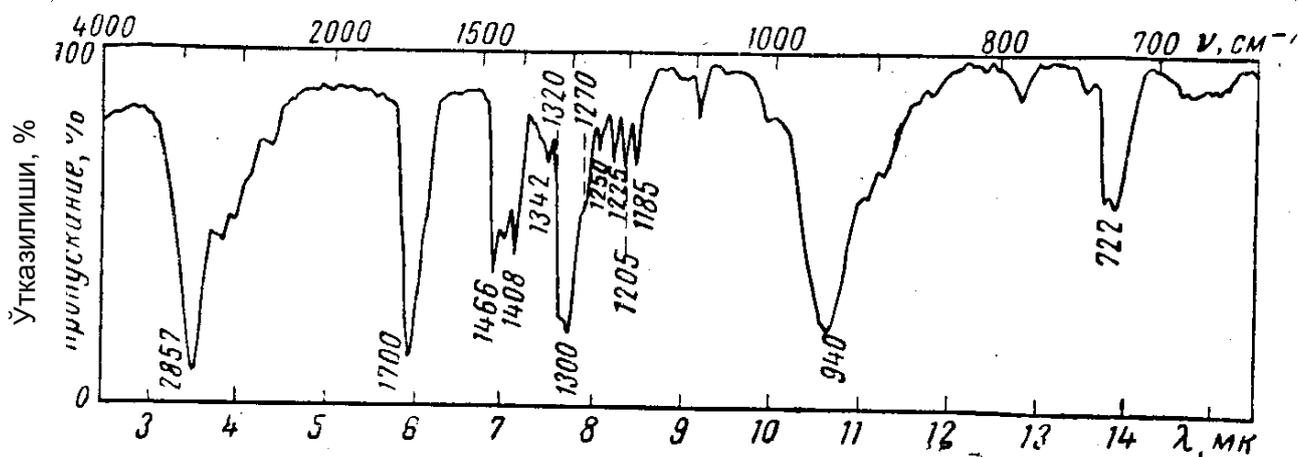
21. $C_8H_6O_2N_2$ бирикманинг ИҚ спектридан қандай тузилишдаги элементларни аниқлаш мумкин? (KBr пластинкасида)



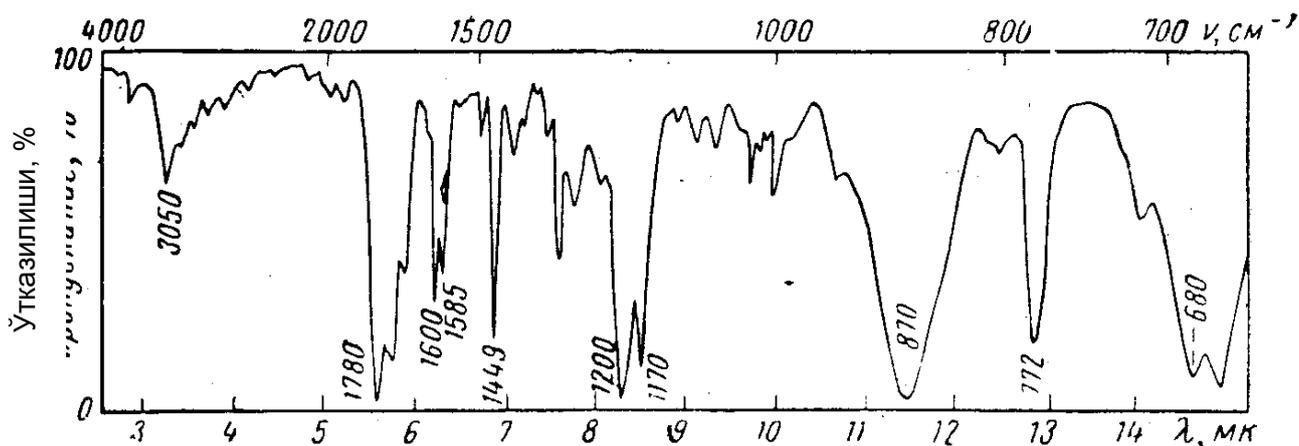
22. Брутто формуласи $C_5H_8O_2$ ва келтирилган ИҚ спектридаги бирикманинг тахминий тузилишини изоҳланг (суяқ плёнкада).



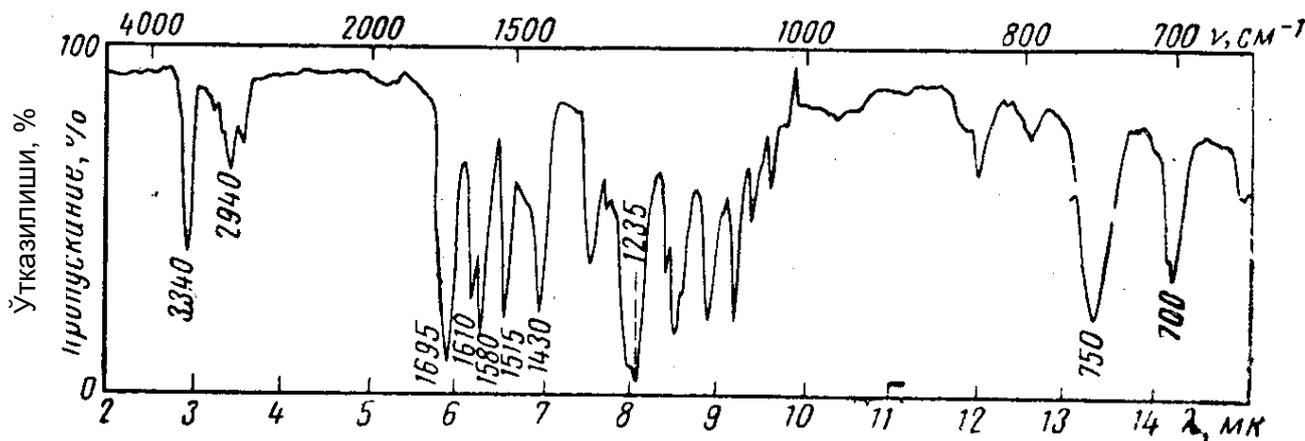
23. Қаттиқ ҳолатдаги стеарин кислота $CH_3(CH_2)_{14}COOH$ спектрини тушунтиринг. Ушбу кислотани суяқ ҳолатда ёки CCl_4 эритмасидаги спектрларида қандай ўзгаришлар кузатилади.



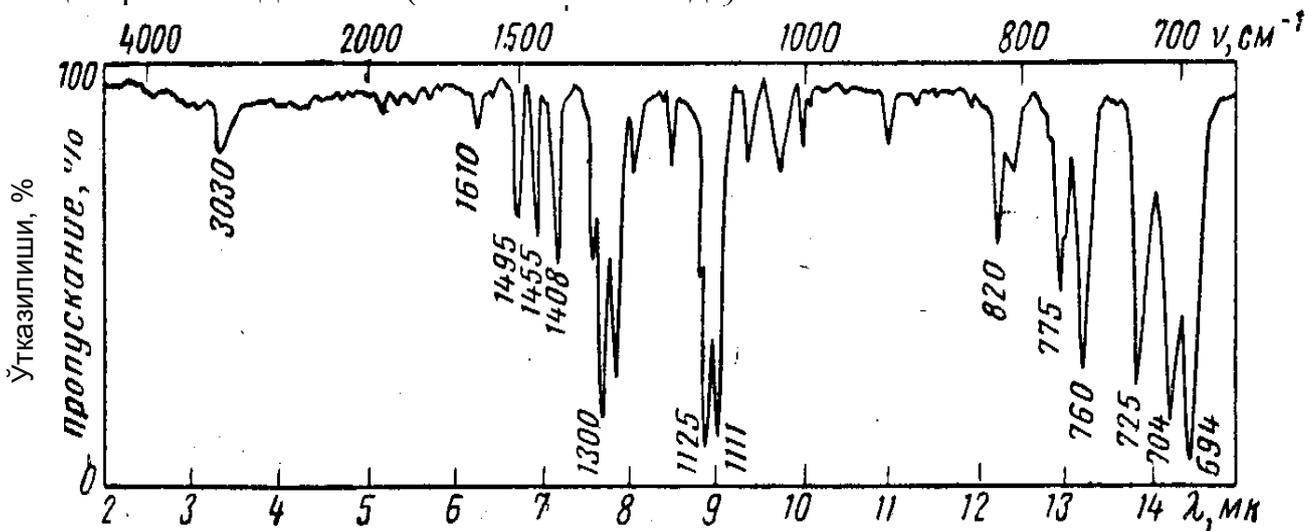
24. Келтирилган спектридаги C_7H_5OSi модда қайси бирикмалар синфига мансуб? (сууқ пленкада).



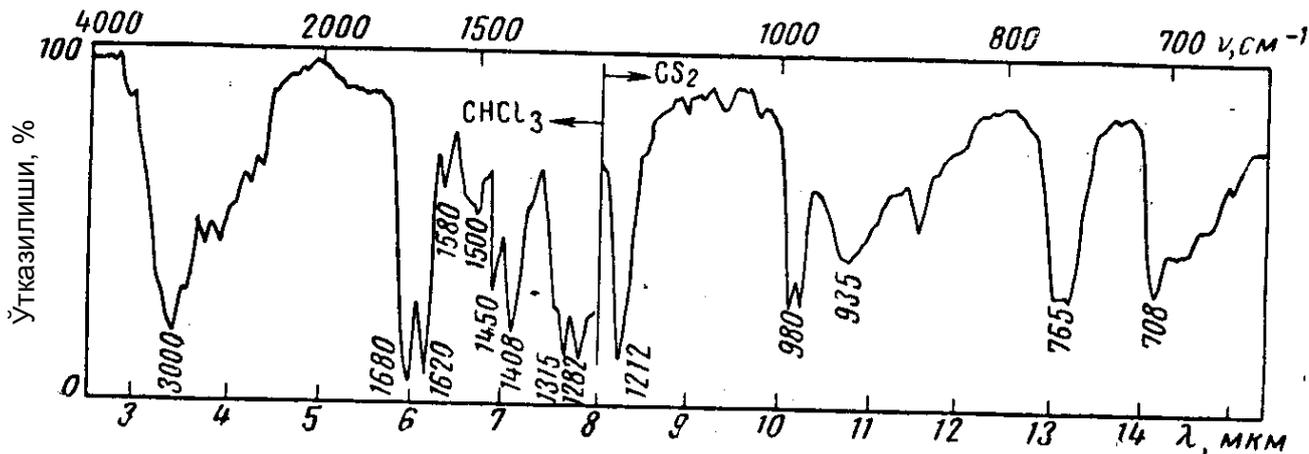
25. $C_9H_{11}O_2N$ бирикма ИҚ спектридан қандай элементларни тузилишини аниқлаш мумкин? (сууқ пленкада).



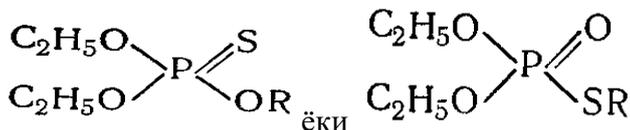
26. $(C_6H_5CH_2)_2SO_2$, бирикма тузилиши бўйича ИҚ спектри асосий ютилиш соҳаларини таққосланг (KBr пластинкасида).



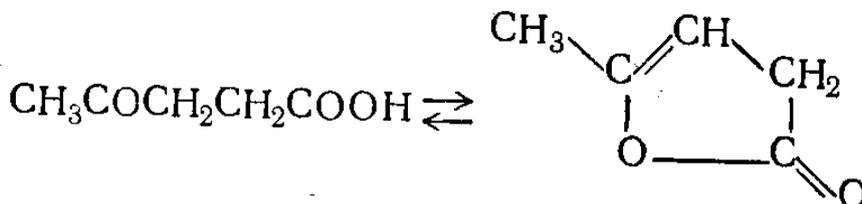
27. $C_9H_8O_2$ бирикмани ($CHCl_3$ ва CS_2 эритмасидаги) элемент тузилишини аниқланг.



28. Агар ИҚ спектрада 1280 см^{-1} соҳа кузатилса ва $600-800\text{ см}^{-1}$ ютилиш соҳаси кузатилмаса бу бирикма тузилиши қайси формулага туғри келади.



29. Агар ИҚ спектрада $3260, 2970, 2930, 2870, 2850, 1720, 1707, 900\text{ см}^{-1}$ соҳалар кузатилса левунин кислота қандай очиқ ёки лактон шаклида мавжуд бўлади.



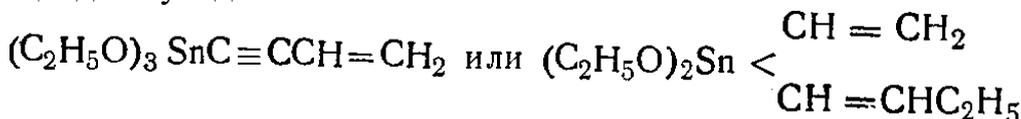
30. Агар ИҚ спектрада $3250 - 2600\text{ см}^{-1}$ соҳада кенг чўкки ҳамда 1720 ва 900 см^{-1} чўкқилар кузатилса модданинг формуласи: $CH_3COOC_2H_5$ ёки C_2H_5COOH қандай бўлади.

31. Агар ИҚ спектрада $2970, 2930, 2870, 2850, 1653, 1613\text{ см}^{-1}$ ва дублет соҳа 1383 ва 1370 см^{-1} соҳалари топилса модданинг формуласи: $(CH_3)_2CHCH_2CH_2NO_2$ ёки $(CH_3)_2CHCH_2CH_2O-N=O$ қандай бўлади.

32. Агар ИҚ спектрада 1320 ва 1150 см^{-1} соҳа кузатилса, $1070-1030\text{ см}^{-1}$ соҳа ютилиши кузатилмаса диметилсульфид $(CH_3)_2S$ оксидланганда қандай маҳсулот: сульфоксид $(CH_3)_2SO$ ёки сульфон $(CH_3)_2SO_2$ ҳосил бўлади.

33. Агар ИҚ спектрада $3600, 1550, 1370\text{ см}^{-1}$ соҳалар намаён бўлса модданинг тузилиши: $CH_3CH(OH)NO_2$ ёки $CH_3CH_2ONO_2$ қандай бўлади?

34. Агар ИҚ спектрада 2136 ва 1591 см^{-1} соҳалар намаён бўлса модданинг тузилиши қандай бўлади?



35. Агар модда эритмасининг ИҚ спектрда 3450, 3370, 1630 см^{-1} соҳалар намаён бўлди. Спектр қайси бирикмага $\text{CH}_3\text{CON}(\text{CH}_3)_2$, $\text{CH}_3\text{CONHCH}_3$ ёки CH_3CONH_2 тўғри келади.

36. ИҚ спектрда кенг соҳа 3000 см^{-1} , ҳамда 2970, 2930, 2895, 2870, 2850, 1705 см^{-1} соҳалар намаён бўлди. Спектр қайси бирикмани: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COCH}_3$ ёки $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$ ифодалайди.

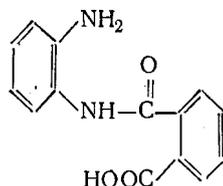
37. Модданинг ИҚ спектрда 3300, 2950, 2860, 2120, 1465, 1382 см^{-1} соҳалар намаён бўлди. Спектр қандай бирикмага: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$, $\text{HC}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ёки $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ жавоб беради.

38. ИҚ спектрда 3400 (кенг соҳа) ва 3030, 2860, 2850, 1640, 1380, 970 см^{-1} ютилиш соҳалар намаён бўлди. Углерод (IV)-хлорид эритмасида 3600 см^{-1} да тор соҳа кузатилди. Спектр қандай бирикмага: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{OH}$ ёки $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$ тўғри келади?

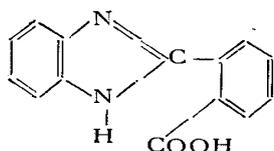
39. Икки бирикманинг: $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ёки $\text{CH}_3\text{COCH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ қайси бири спектрида 1715, 1640, 995 ва 915 см^{-1} ютилиш соҳалари кузатилади.

40. О-нитротолуол ИҚ спектрида 2960, 2870, 1520, 1465, 1380, 1330, 850 ва 750 см^{-1} ютилиш соҳалари кузатилади. Реакциядан сўнг спектрада 1520, 1330, 850, 750 см^{-1} ютилиш соҳалари йўқолиб, 3420, 3340, 1644 см^{-1} янги ютилиш соҳалари ва 680 см^{-1} да кенг соҳа ҳосил бўлди. Қандай реакция олиб борилган. О-нитротолуолнинг бошқа реакцияси натижасида олинган модда спектрида 2960, 2870, 1465, 1380 см^{-1} ютилиш соҳалари йўқолиб, 2700 – 2600 см^{-1} да кенг соҳа ва 1680 см^{-1} да ёрқин соҳа ҳосил бўлди. Бу сафар қандай реакция олиб борилган.

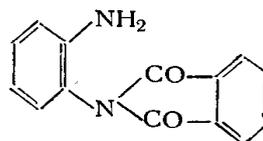
41. Қуйидаги имиднинг ҳалқаланишидан



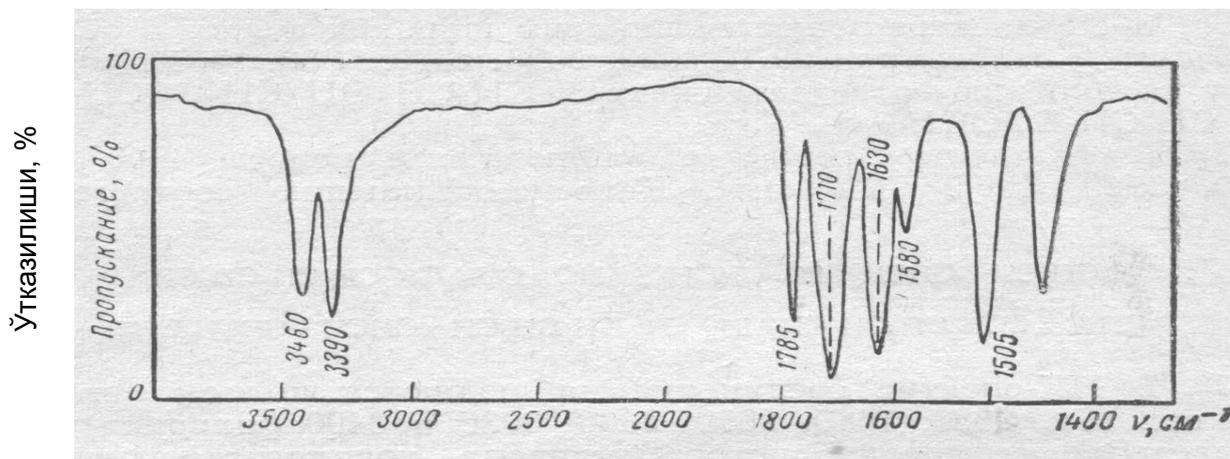
иккита маҳсулот ҳосил бўлиши мумкин:



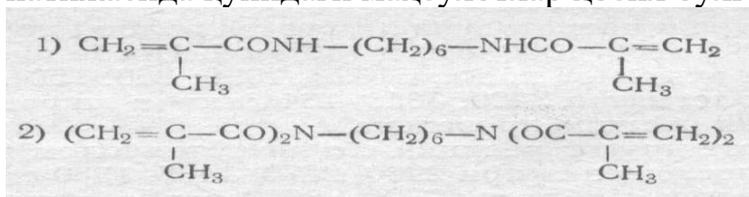
ёки



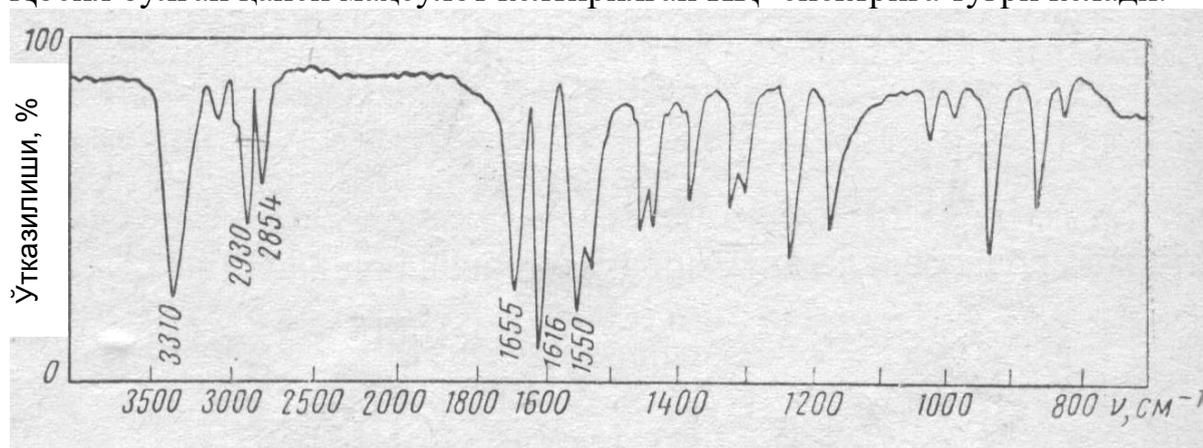
Расмда олинган модданинг спектри келтирилган. Спектрага қараб қандай маҳсулот ҳосил бўлганлигини аниқланг.



42. Гексаметилендиамин билан метакрил кислотанинг ўзаро реакцияси натижасида қуйидаги маҳсулотлар ҳосил бўлган.



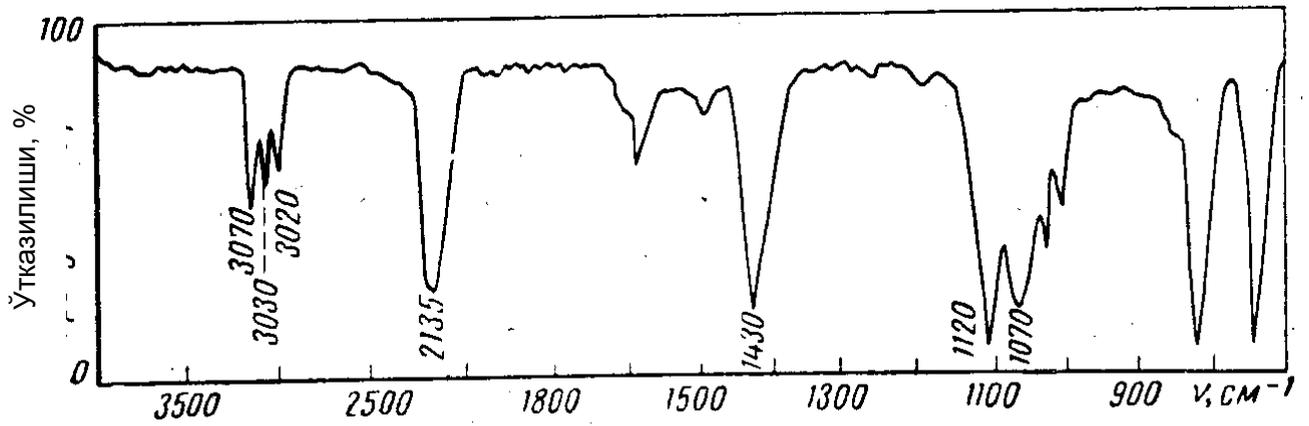
Ҳосил бўлган қайси маҳсулот келтирилган ИҚ- спектрига тўғри келади.



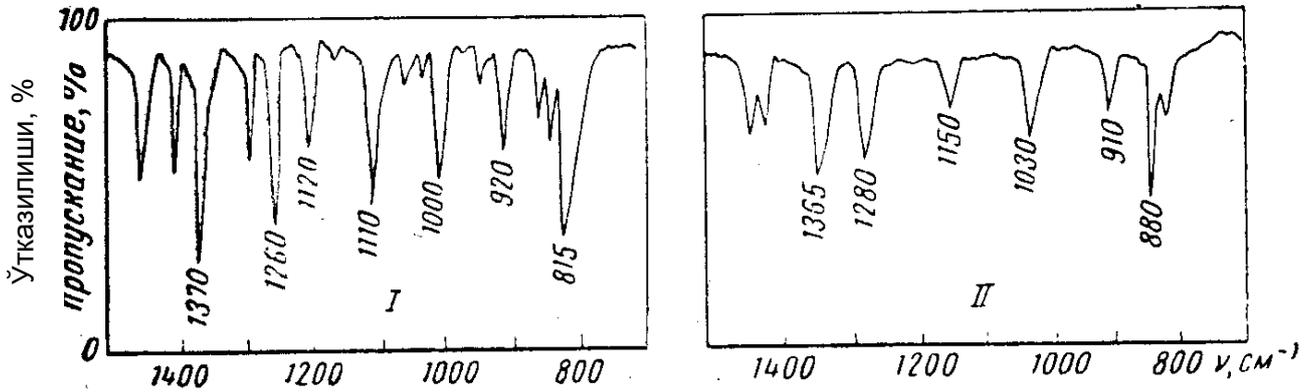
43. Кремний органик бирикмани тузилиши қандай бўлади?



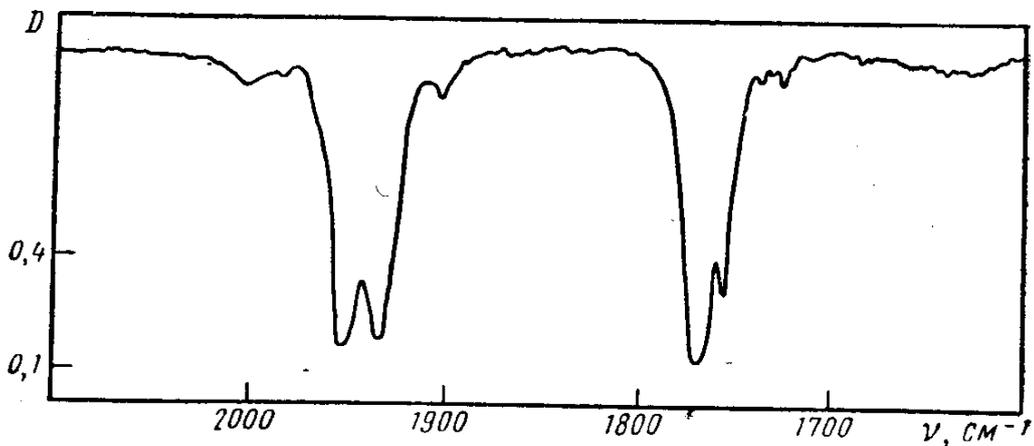
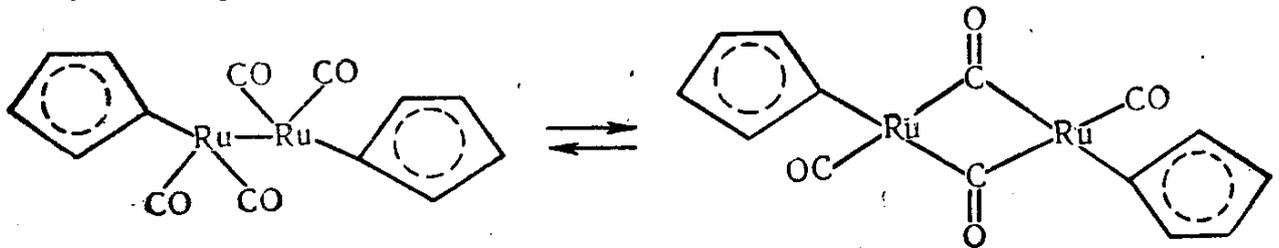
Расмда кўрсатилган ИҚ спектр бу маҳсулотларни қайси бирига тегишли.



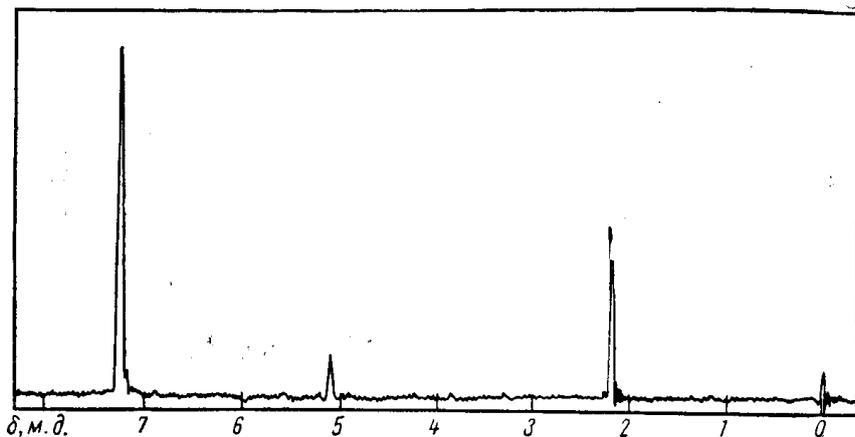
44. Келтирилган икки спектрдан қайси бирида ди-учламчи бутилферроцен бир ҳалқали? Икки ҳалқали ўринбосарлар жойлашган?



45. Циклопентадиенилрутенийдикарбонил $[C_5H_5(CO)_2Ru]_2$ димери эритмасида икки шакл аралашмаси мувозанатда бўлади. Модда қаттиқ ҳолатида ушбу шакллардан бири кўринишида бўлади. Расмда CO ни валент тебраниши соҳаси келтирилган. Бу қайси шаклда эканлигини аниқланг.

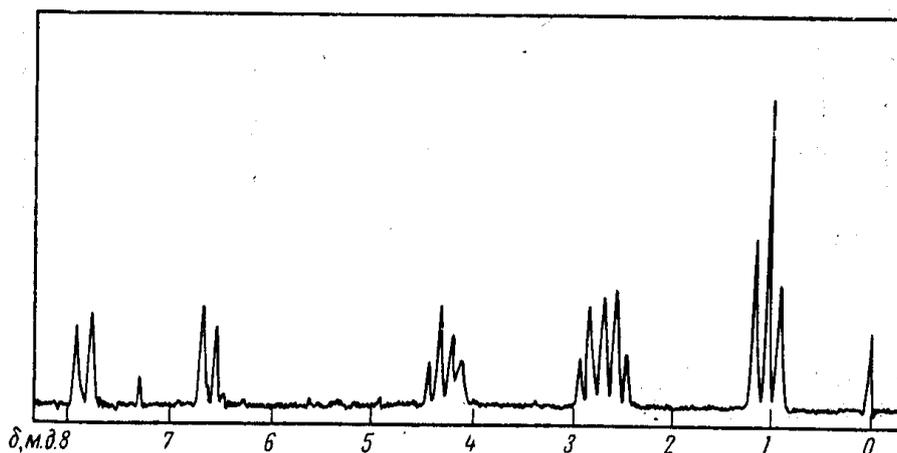
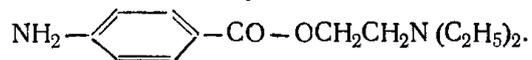


46. $(C_6H_5)_2CHCOCH_3$ тузилишга эга бўлган бирикмани тузилиш ПМР спектрини таққосланг.



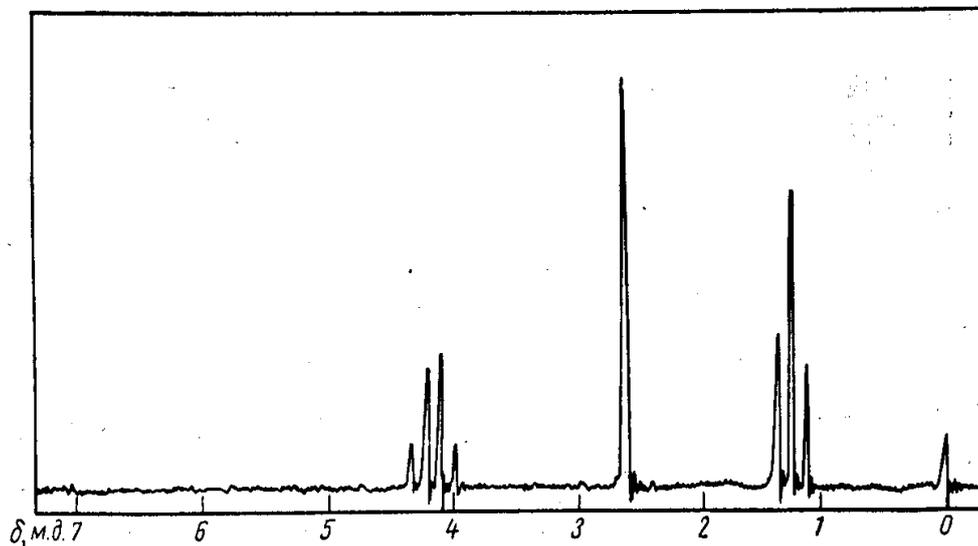
δ м.д.

47. Қуйидаги бирикманинг ПМР спектрини изоҳланг.



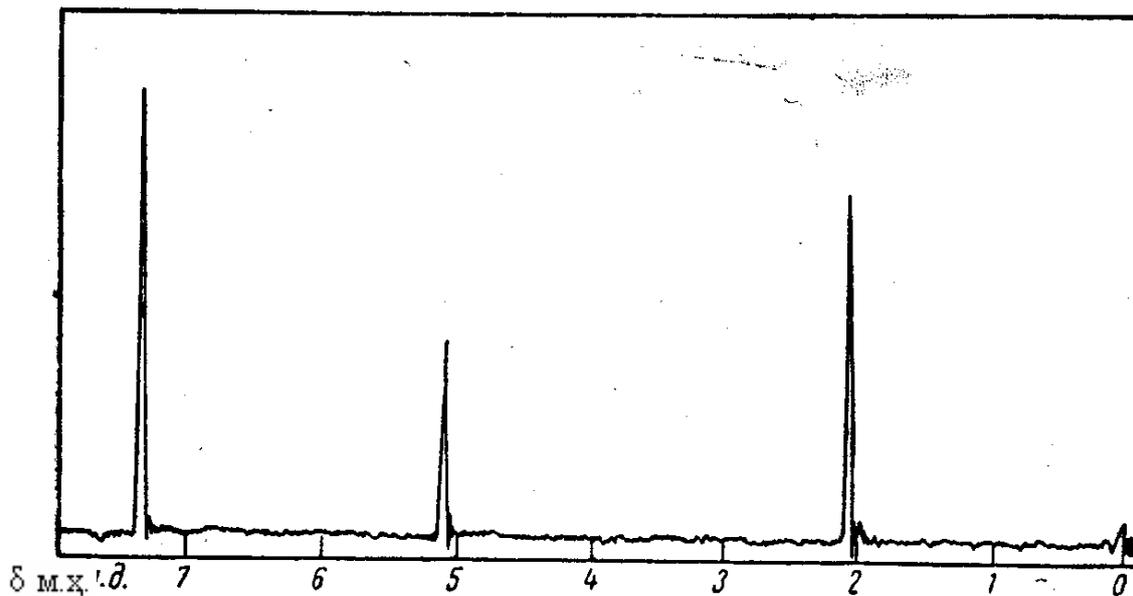
δ м.д.

48. Келтирилган янтар кислота диэтилэфирини ПМР спектрини тушунтиринг.

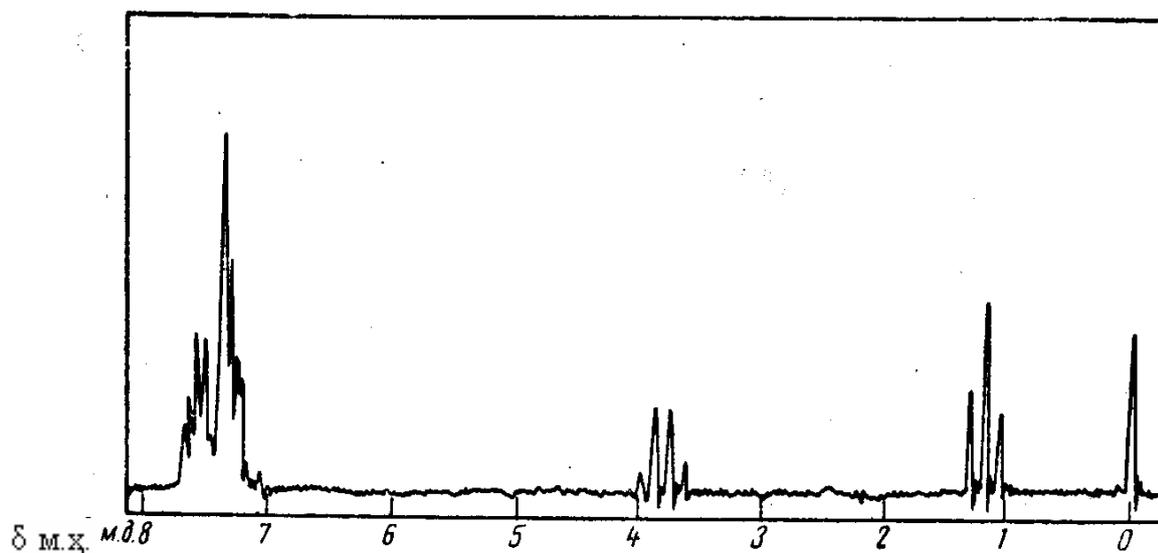


δ м.д.

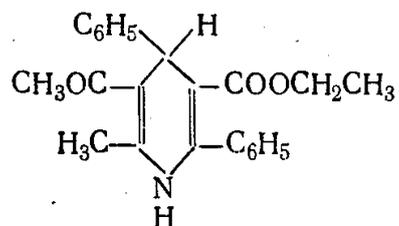
49. Расмда бензилацетат ПМР спектри келтирилган. Ҳосил бўлган чўққиларни изоҳланг.

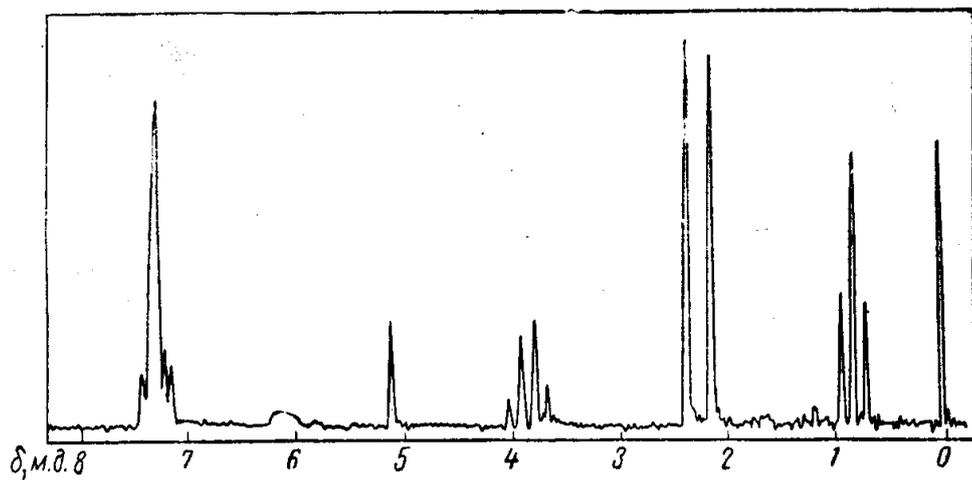


50. $(C_6H_5)_3SiOC_2H_5$ таркибли бирикманинг ПМР спектрини таққосланг.

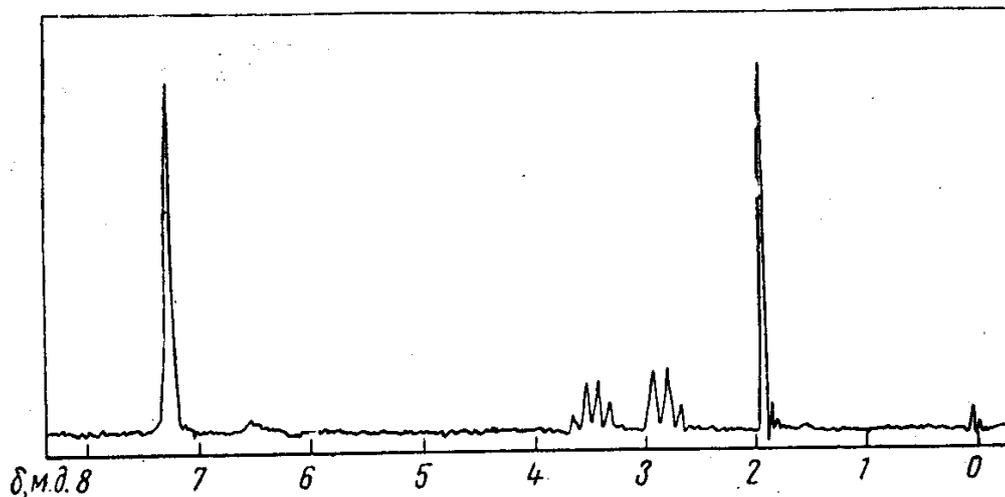


51. Қуйидаги бирикманинг ПМР спектрини изоҳланг.

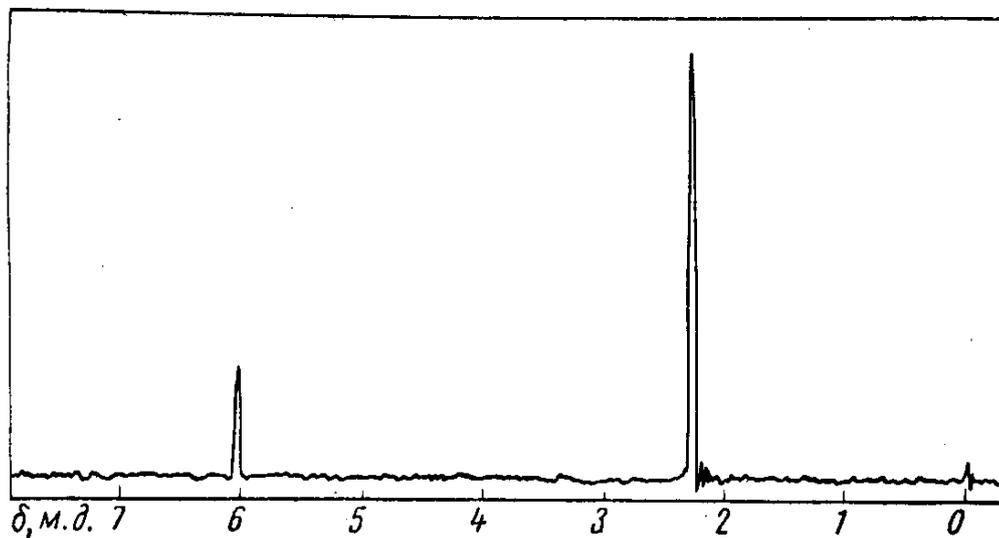
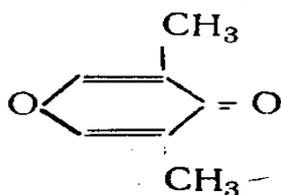




52. $C_6H_5CH_2CH_2NHCOCH_3$ бирикмани ПМР спектрини изоҳланг.

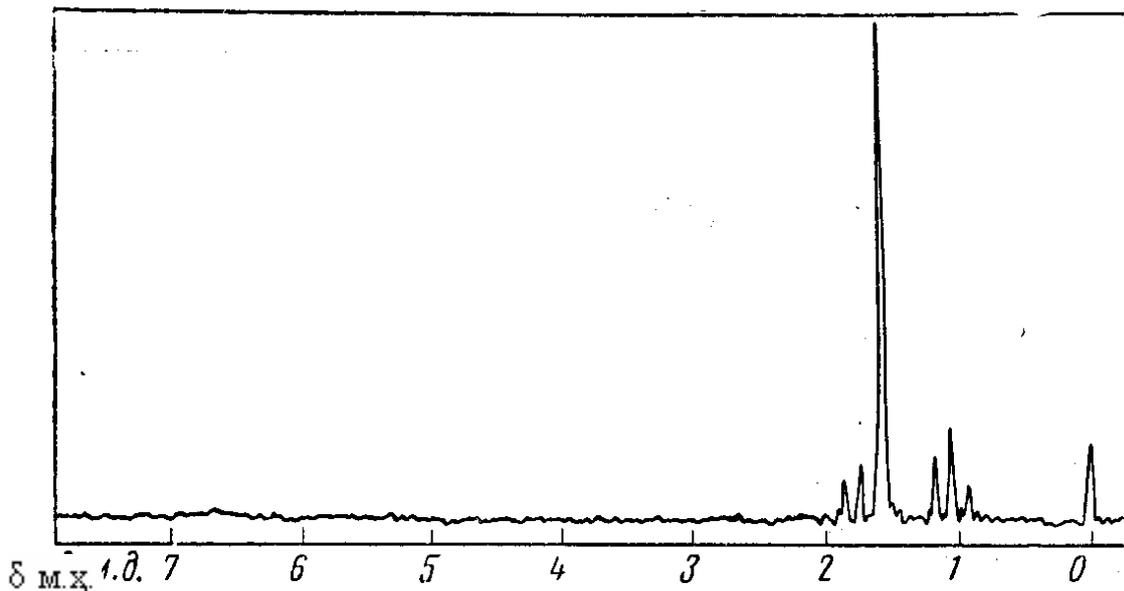


53. Бирикма ПМР спектридаги сигналларни изоҳланг.

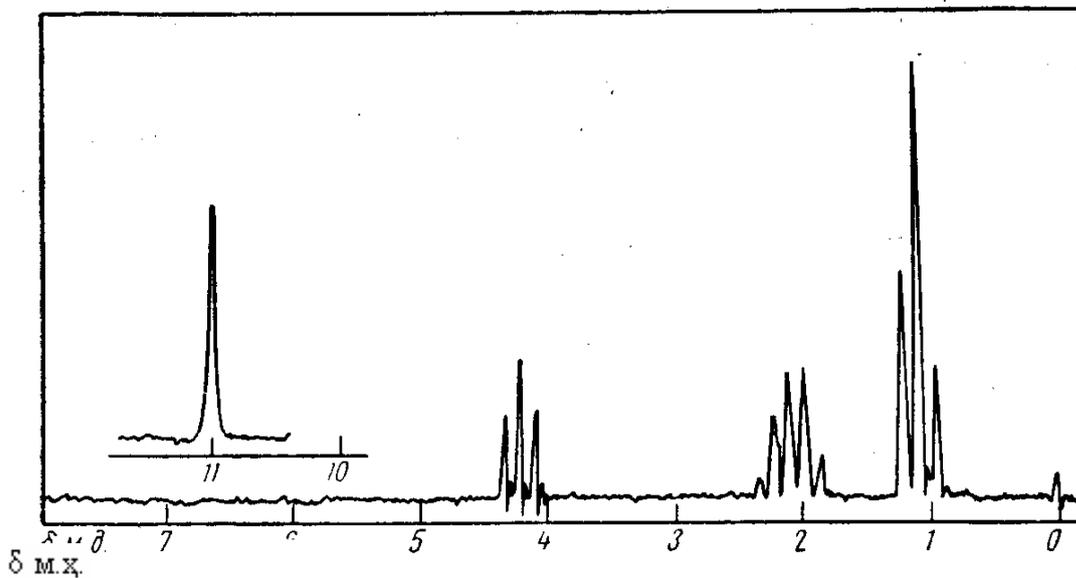


δ м.д.в.

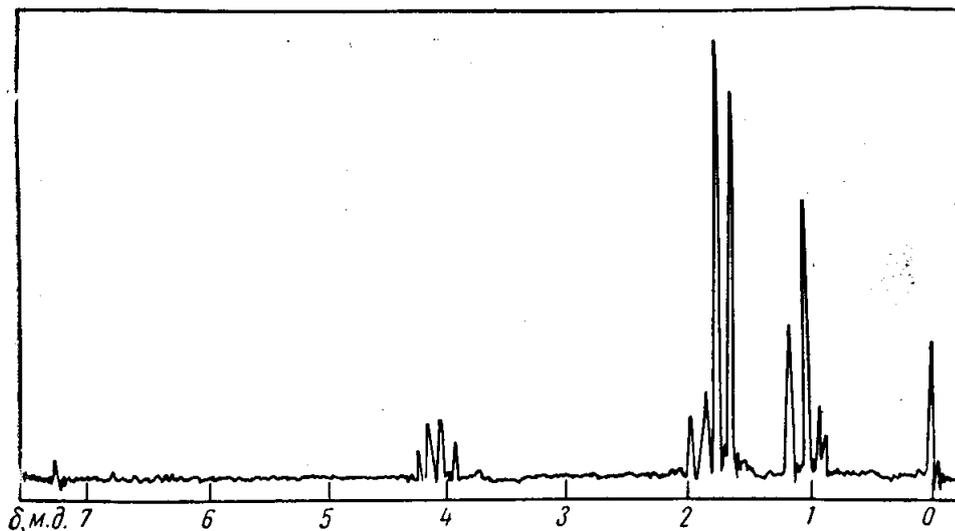
54. Расмда тасвирланган спектр хлорпентаннинг қайси изомерига мансуб?



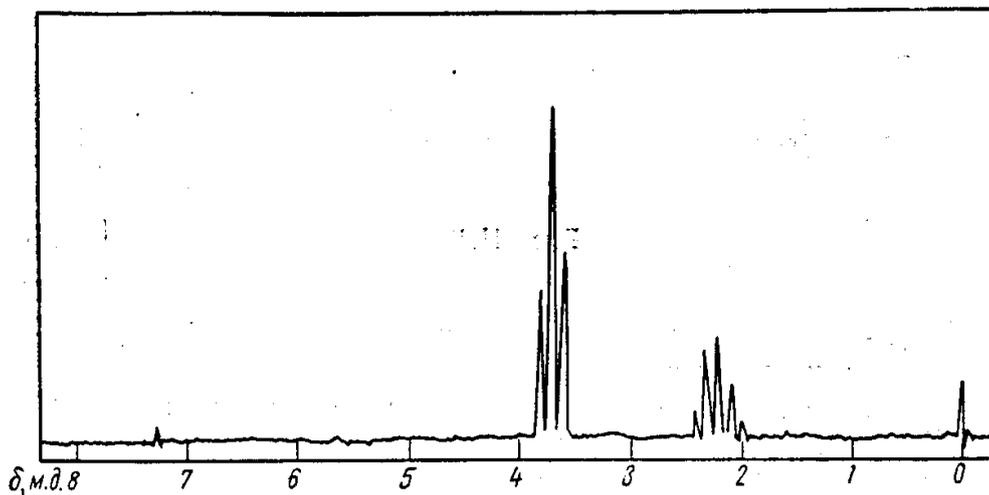
55. Расмда келтирилган спектр C₃H₆BrCOOH кислотанинг қайси изомерига тегишли?



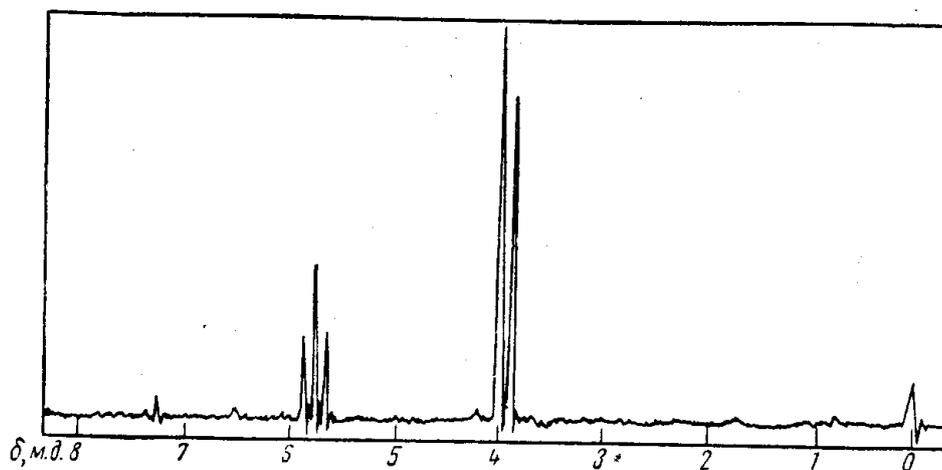
56. Расмда келтирилган ПМР спектр бром бутилнинг қайси изомерига тегишли?



57. Дихлорпропаннинг қайси изомери расмда келтирилган ПМР спектрига тегишли?

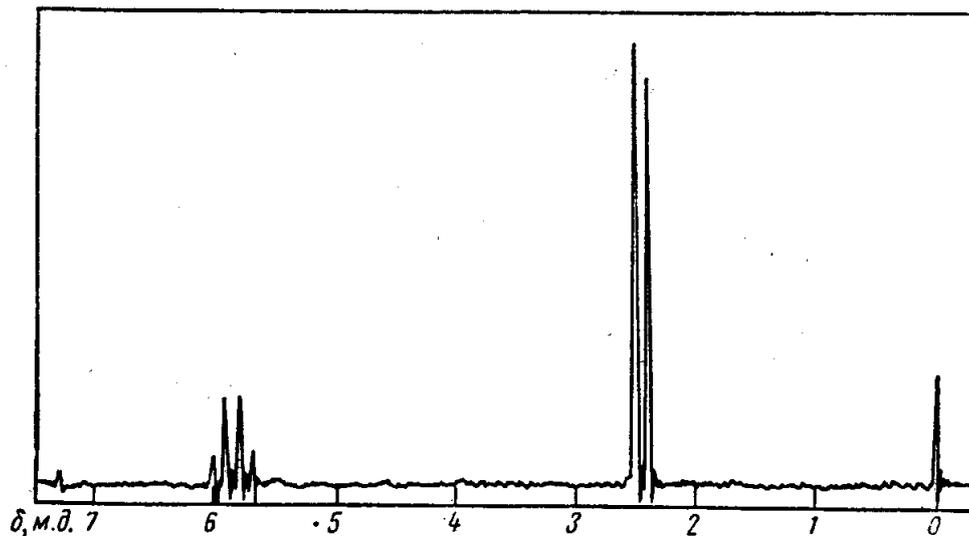


58. ПМР спектрига қараб $C_2H_3Cl_3$ бирикманинг структурасини аниқланг.

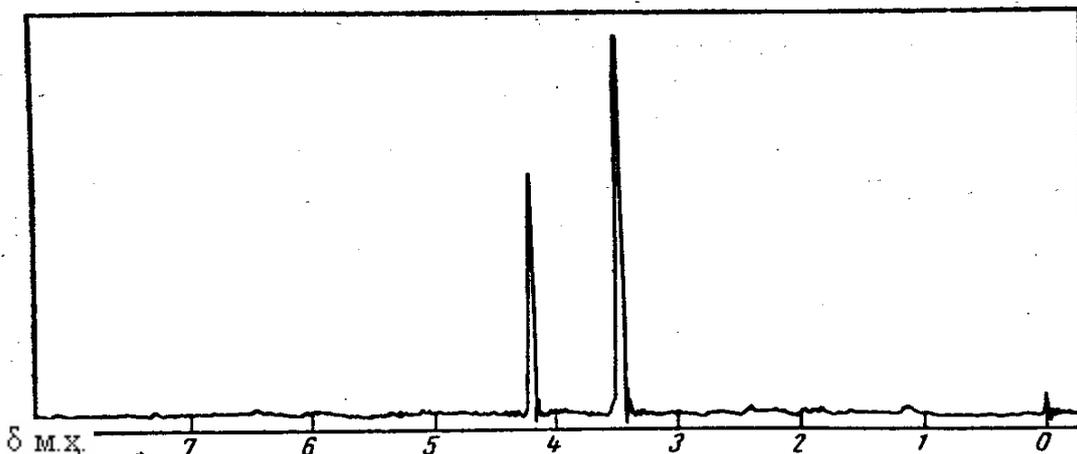


59. ПМР спектрига қараб $C_2H_3Cl_3$ бирикманинг структурасини аниқланг.

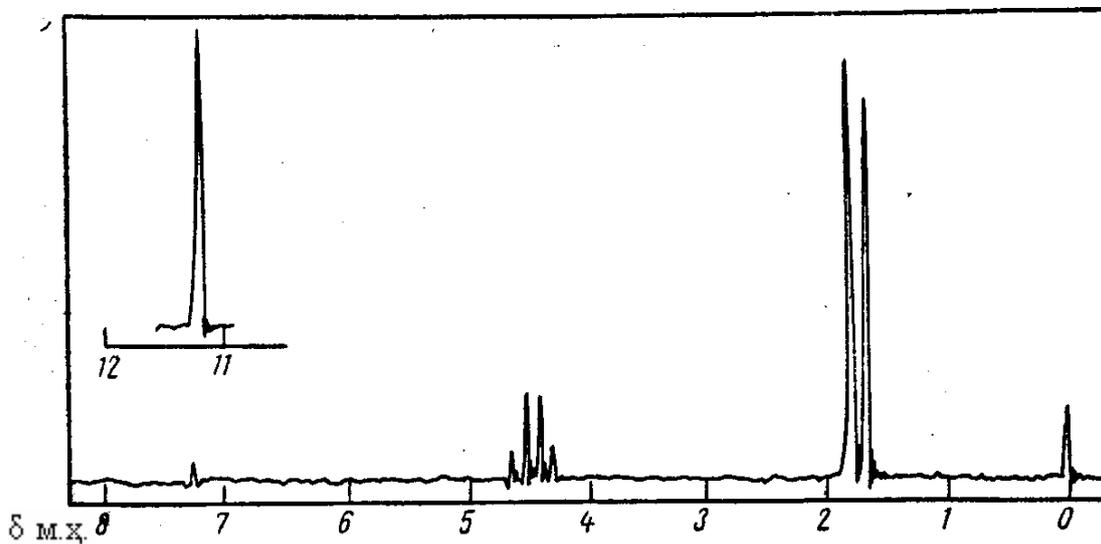
59. Расмда келтирилган спектрдан $C_2H_4Br_2$ бирикманинг тузилишини аниқланг.



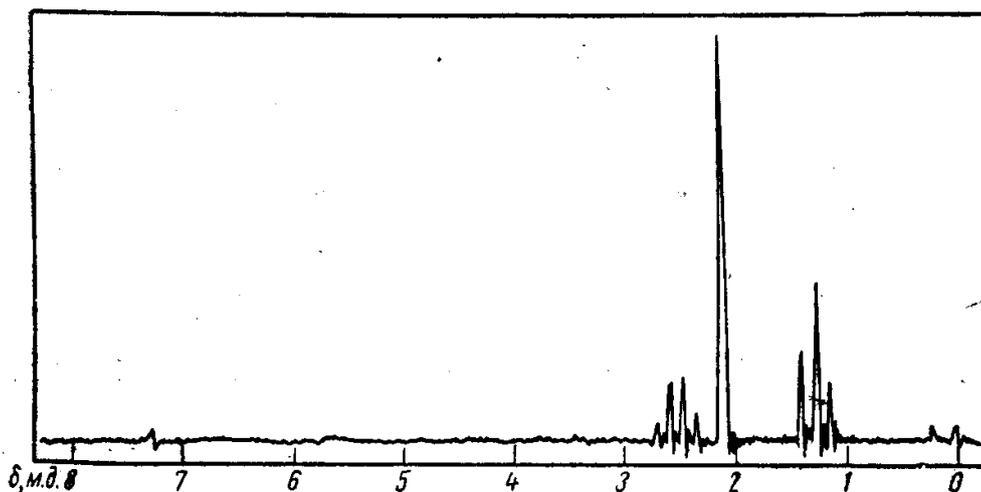
60. Расмда келтирилган спектрдан C_3H_5ON бирикманинг структурасини аниқланг.



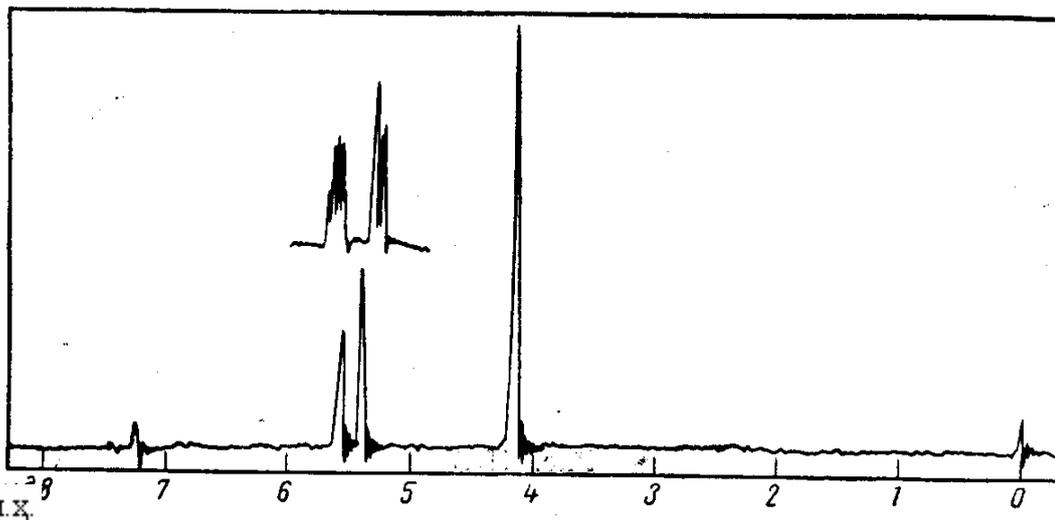
61. Расмда келтирилган ПМР спектрга қараб $C_3H_5ClO_2$ бирикманинг тузилишини аниқланг.



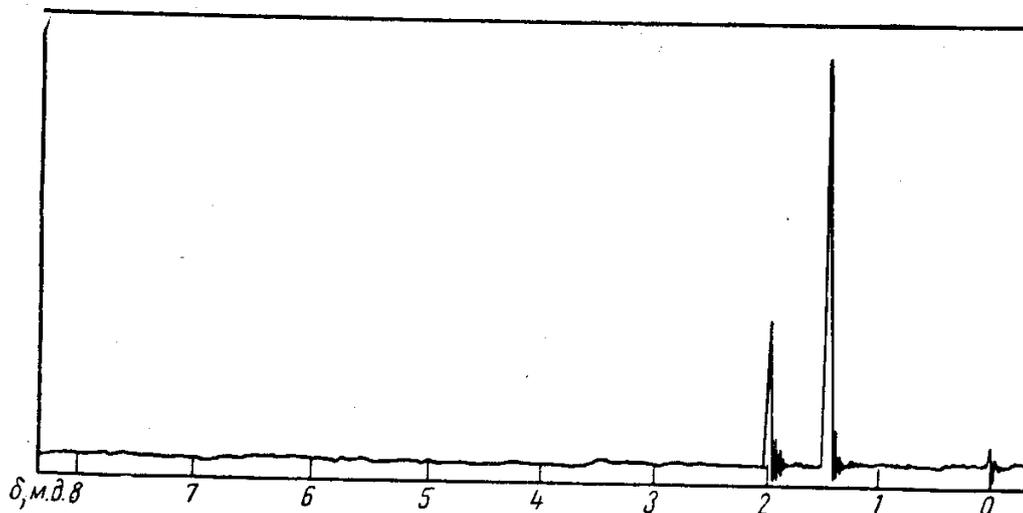
62. ПМР спектри расмда келтирилган C_3H_8S бирикма қандай тузилишга эга?



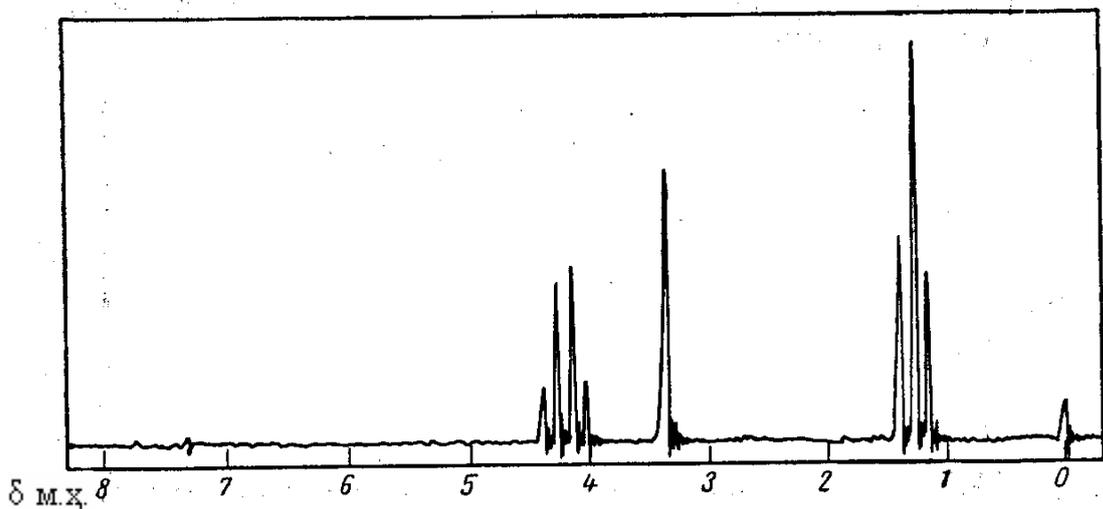
63. Расмда спектри келтирилган $C_3H_4Cl_2$ бирикманинг структура формуласини ёзинг.



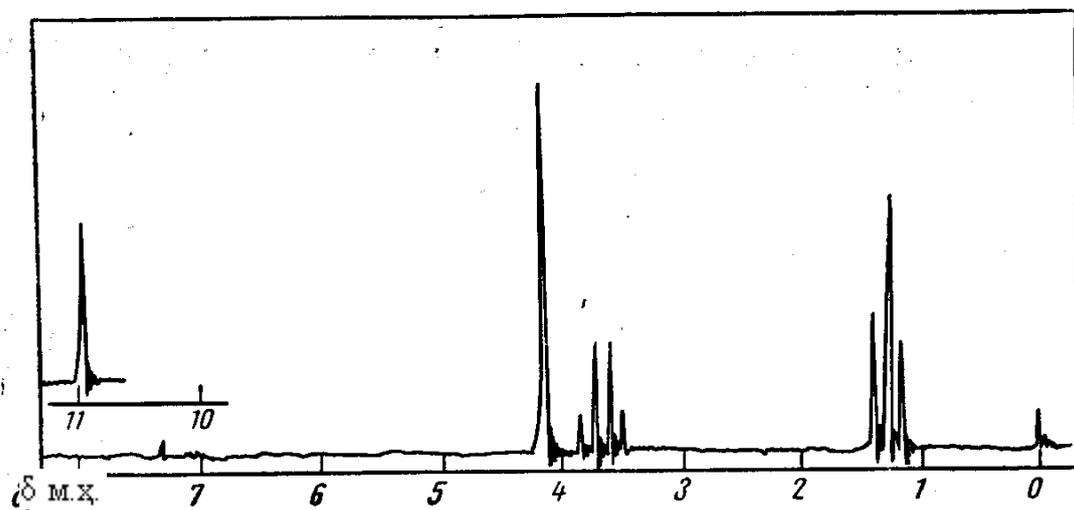
64. $C_6H_{12}O_2$ бирикманинг спектри келтирилган. Ушбу бирикманинг тузилишини аниқланг.



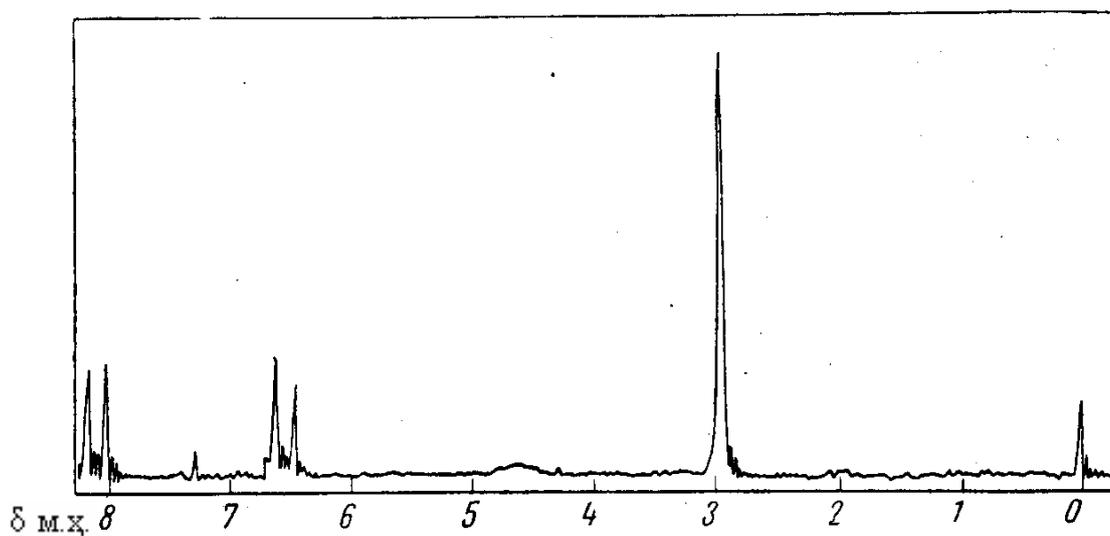
65. Расмда келтирилган спектрдаги $C_7H_{12}O_2$ бирикма қандай тузилишга эга?



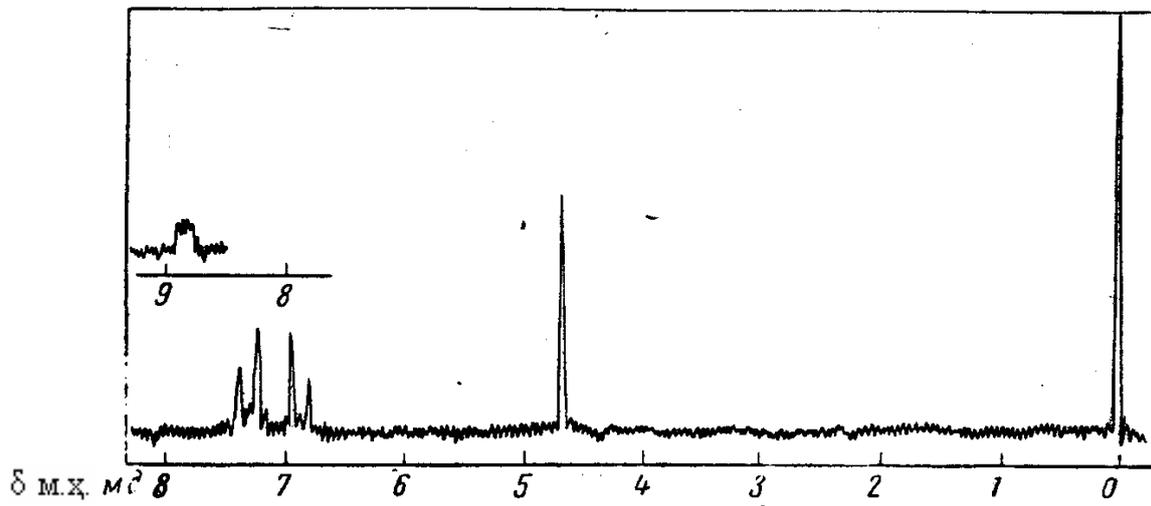
66. Расмда спектри тасвирланган $C_4H_8O_3$ бирикманинг тузилишини аниқланг.



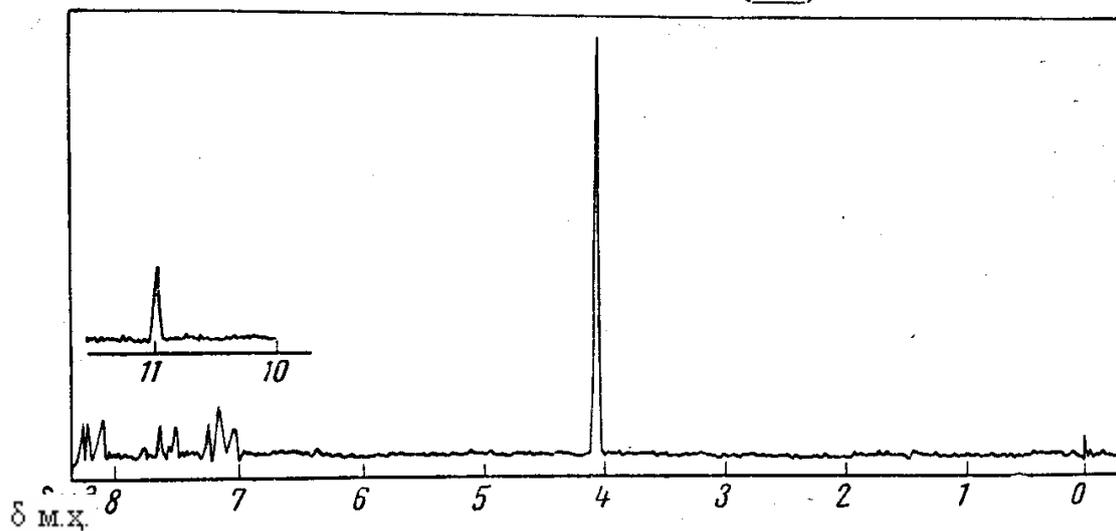
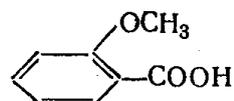
67. Расмда келтирилган спектр бўйича $C_7H_8N_2O_2$ бирикманинг тузилишини аниқланг.



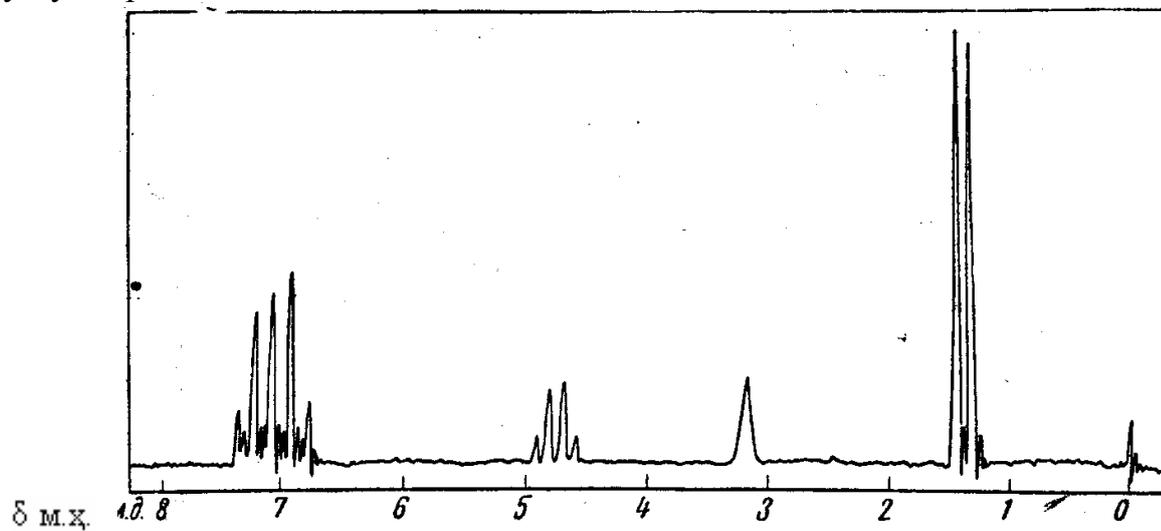
68. Расмда $C_8H_7ClO_3$ бирикманинг ПМР спектри келтирилган. Ушбу бирикманинг тузилишини аниқланг.



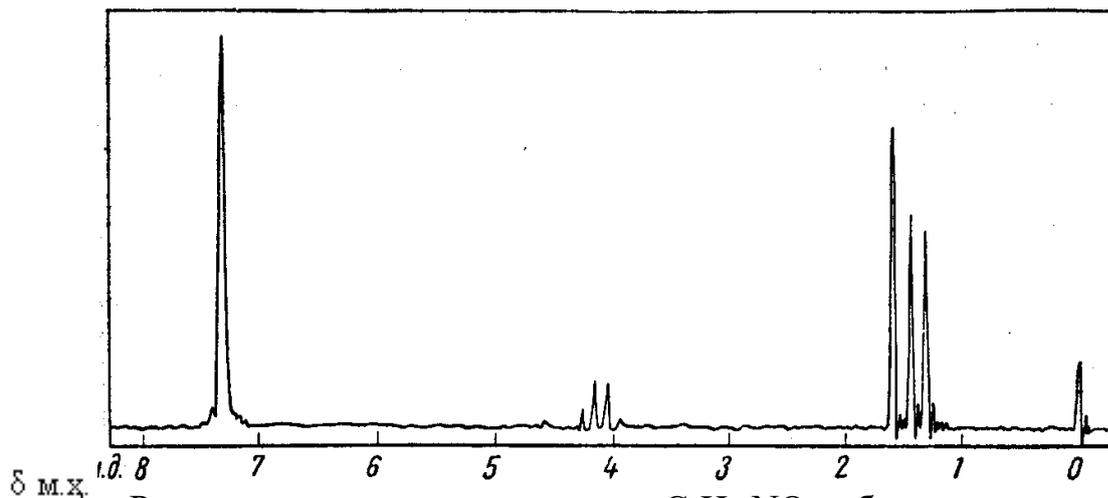
69. Қуйидаги бирикмани расмда ПМР спектри келтирилган бирикма ва унинг тузилишлари билан таққосланг.



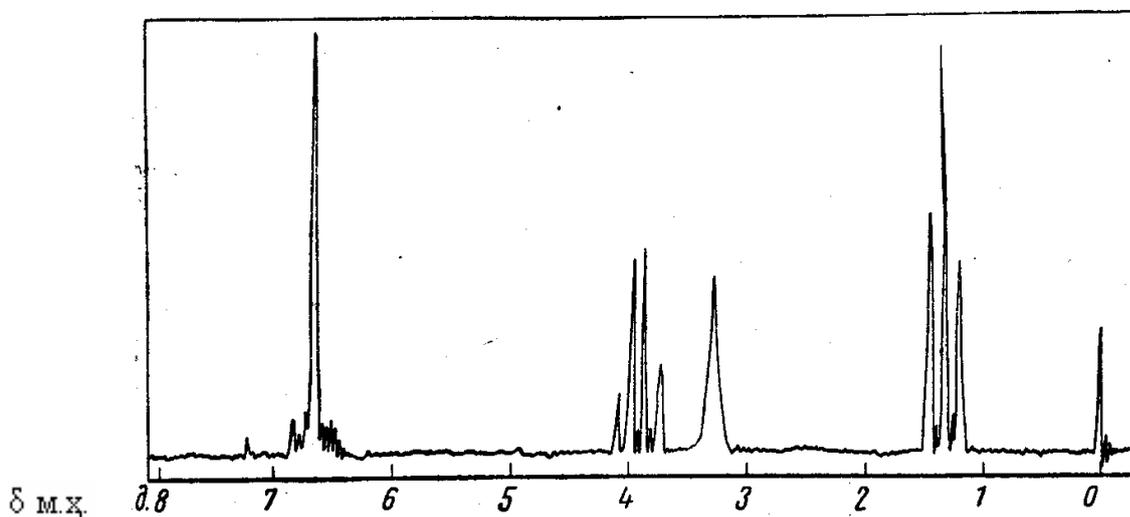
70. C_8H_9FO бирикма тузилишини унинг спектри бўйича фараз қилинг ва тушунтиринг.



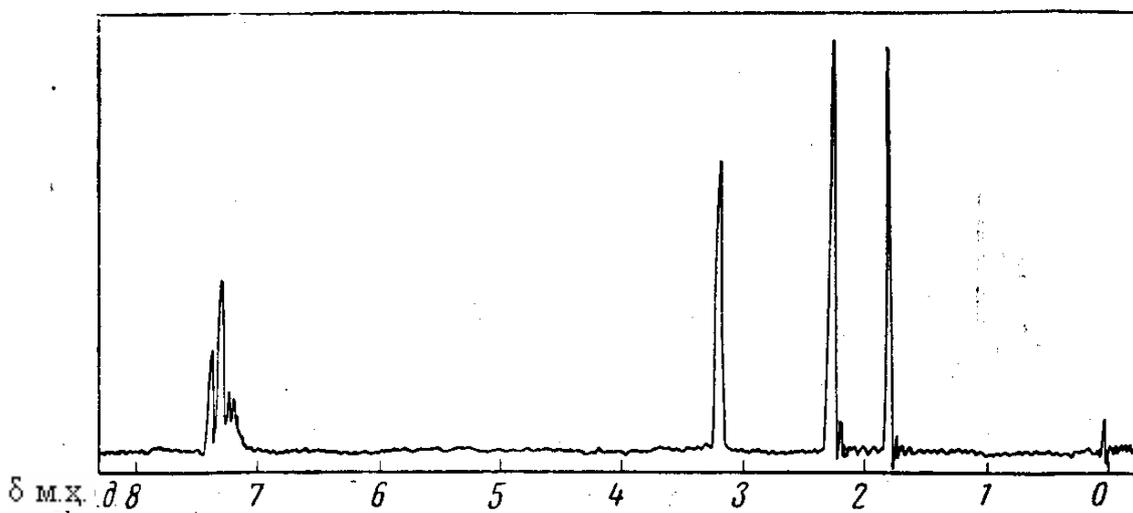
71. Расмда келтирилган ПМР спектри орқали $C_8H_{11}N$ бирикманинг структурасини аниқланг.



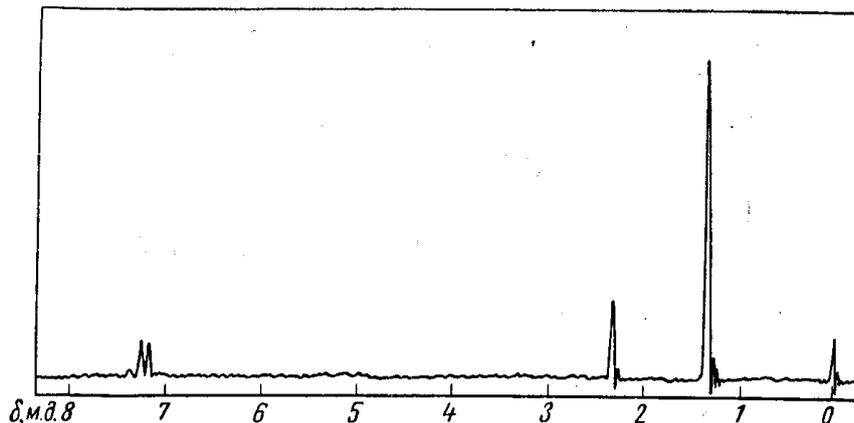
72. Расмда келтирилган спектри $C_8H_{11}NO$ бирикманинг структурали формуласини ёзинг.



73. $C_{10}H_{13}ON$ бирикма тузилишини унинг ПМР спектри бўйича фарз қилинг ва тушунтиринг.

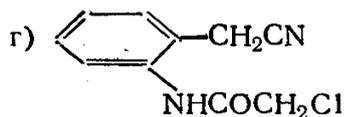
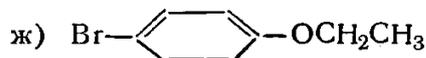
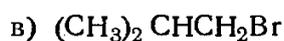


74. Расмда келтирилган ПМР спектри орқали $C_{11}H_{16}$ бирикманинг тузилишини аниқланг.

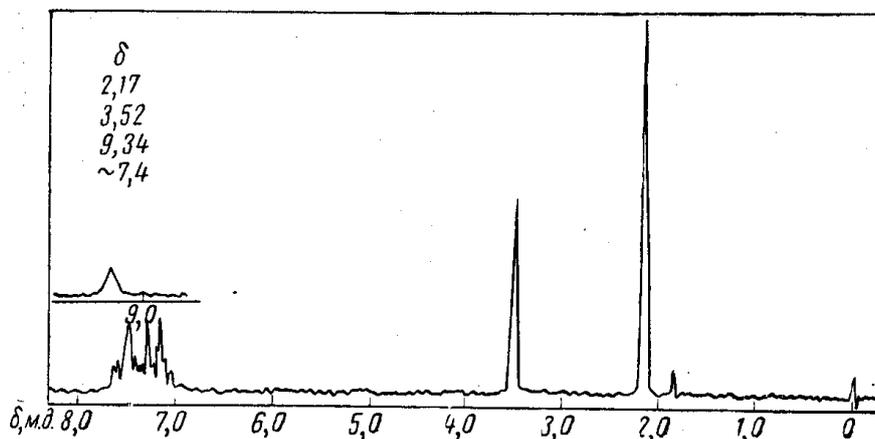
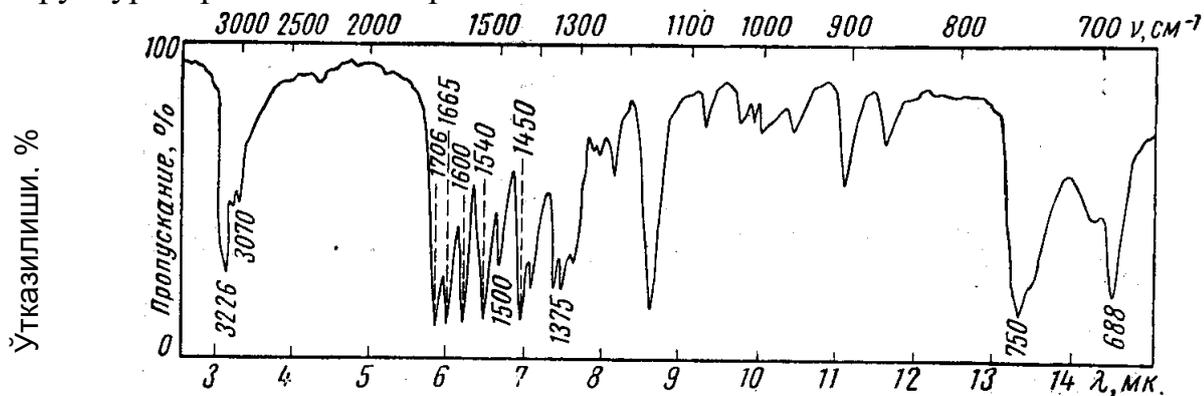


75. Ушбу бирикмалар учун ПМРнинг қандай спектрини кутса бўлади?

δ м.х.

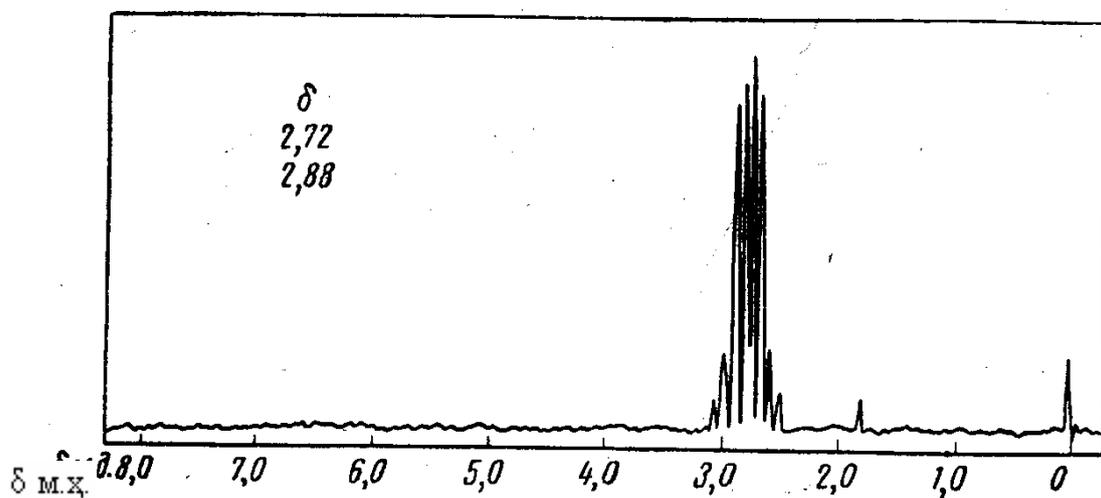
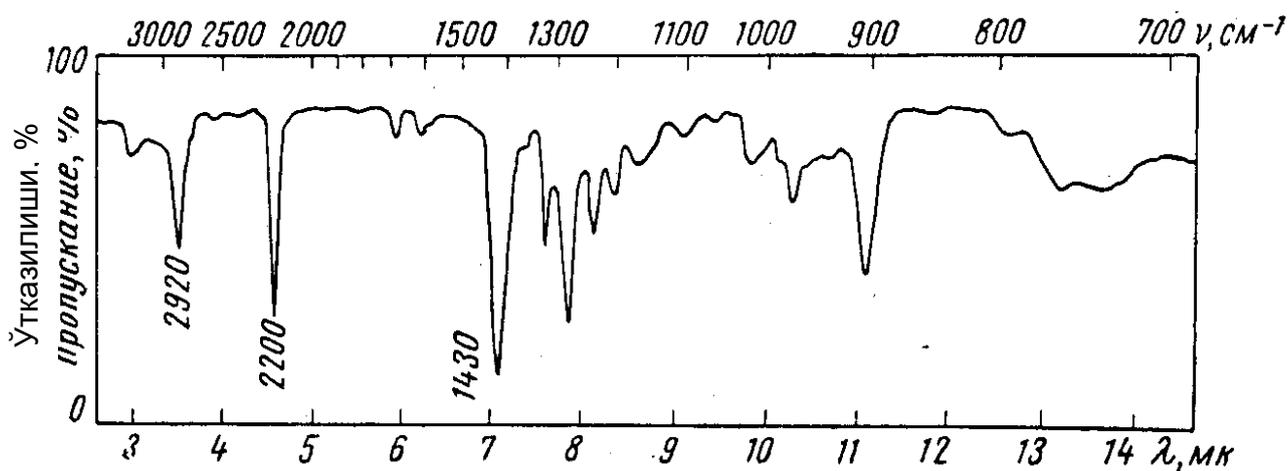


76. Қуйидаги $C_6H_5NHCOCH_2COCH_3$ бирикмани ИҚ- ва ПМР-спектрлардаги структураларини солиштиринг.

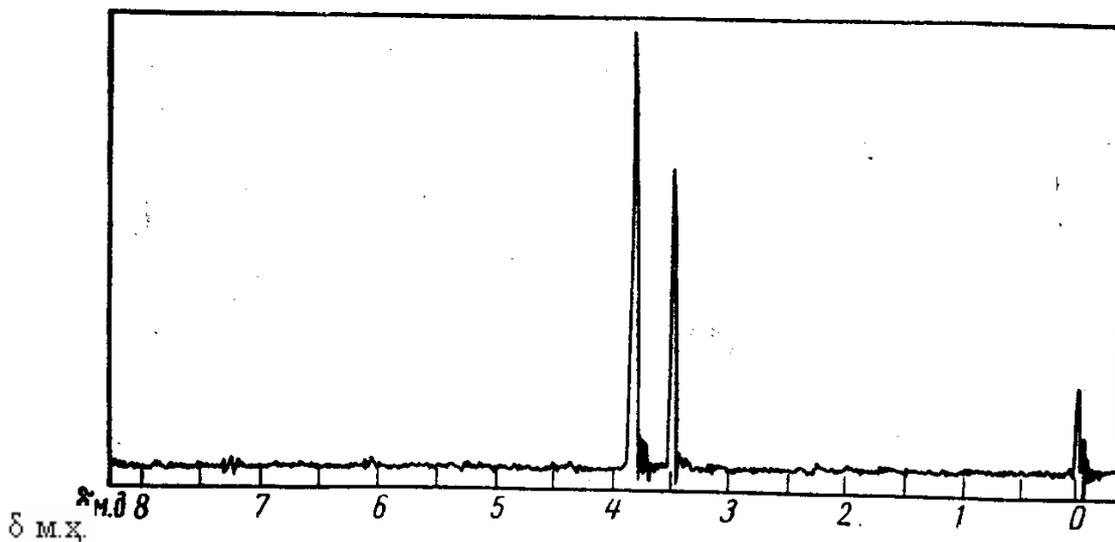


δ м.х.

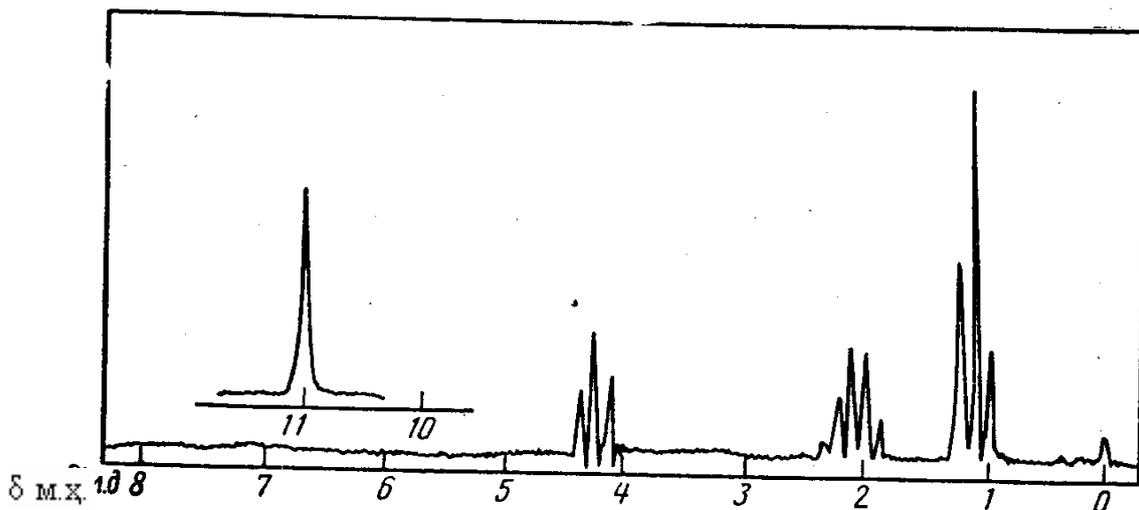
77. $(\text{CNCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$ тузилишдаги бирикмани ИҚ- ва ПМР-спектрларини солиштиринг.



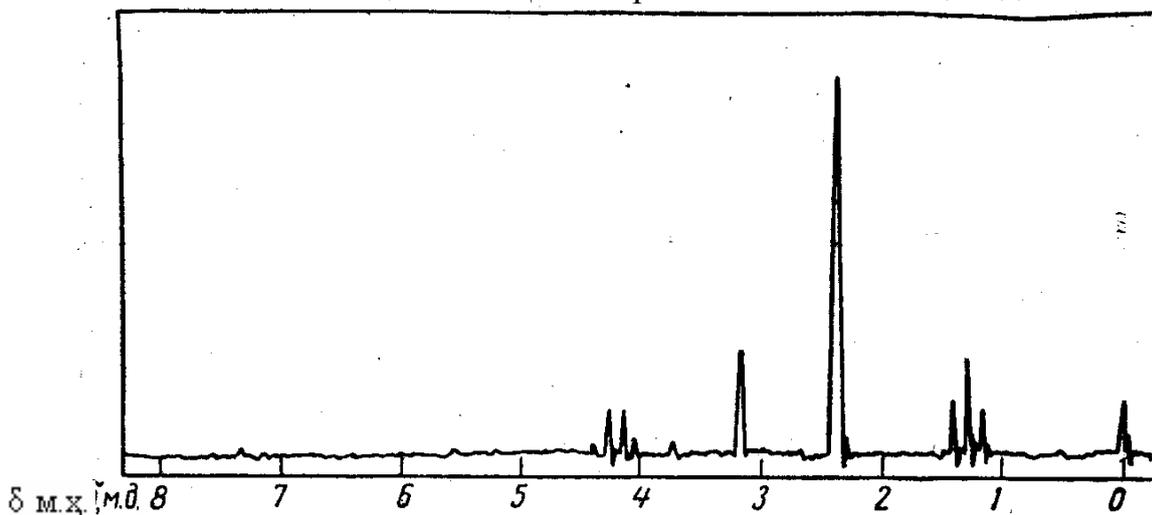
78. $\text{C}_4\text{H}_5\text{NO}_2$ бирикманинг ПМР-спектри расмларда келтирилган. Агар ушбу бирикма 1740 ва 2240 cm^{-1} соҳаларда ИҚ-спектрига эга бўлса, унинг тузилишини аниқланг.



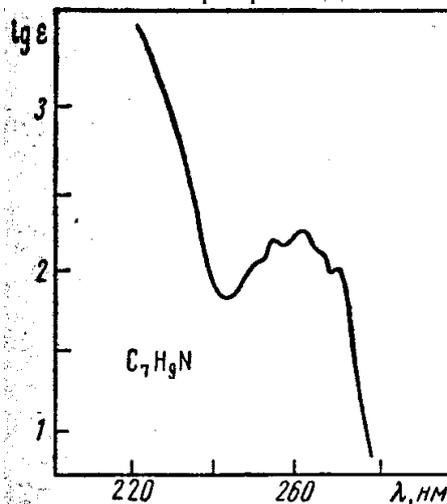
79. Расмда $C_4H_7BrO_2$ бирикманинг ПМР-спектри келтирилган. Агар ИҚ-спектрида бу бирикма $3100 - 2800\text{ см}^{-1}$ да кенг ютилиш соҳасига эга бўлса ва 1720 см^{-1} да жадал мавжланса, унинг тузилишини аниқланг.



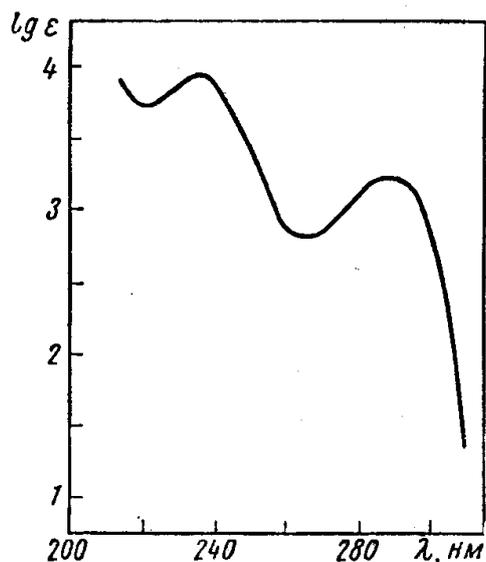
80. $C_6H_{13}NO_2$ бирикманинг ПМР спектри расмда келтирилган бўлса, унинг қандай тузилишга эгалигини аниқланг. ИҚ-спектрнинг 1735 см^{-1} соҳасида-чи?



81. ИҚ-спектрида 3480 ва 3390 см^{-1} соҳаларига эга бўлган C_7H_9N бирикма тузилишини аниқланг. Унинг УБ-спектри расмда тасвирлинган.

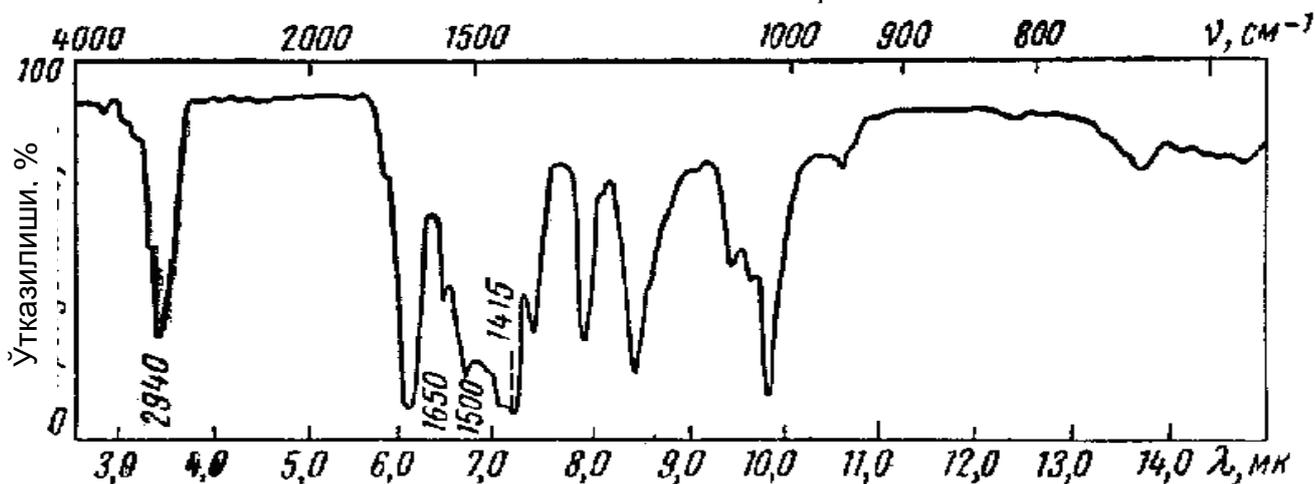
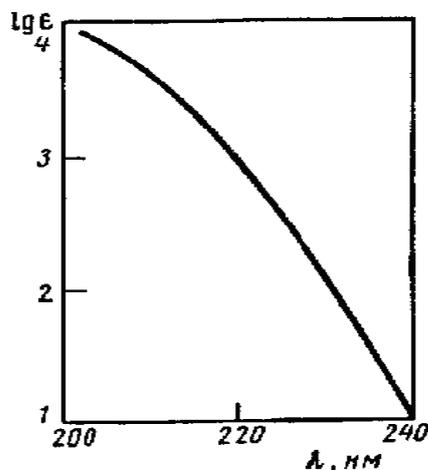


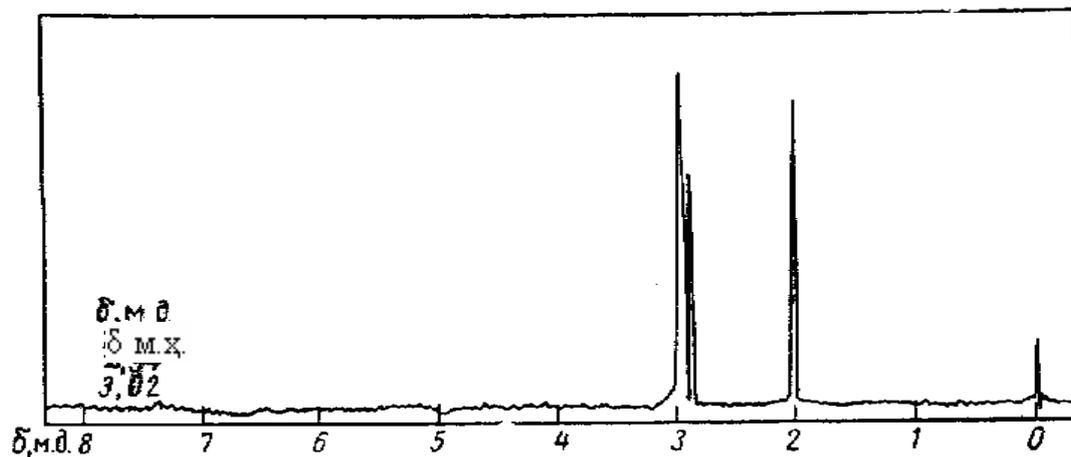
82. ИҚ-спектрида C_7H_9N бирикма 3500 ва 3300 cm^{-1} зоналарида кескин ютилиш соҳаларига эга. Унинг УБ-спектри расмда тасвирлинган. Бирикма қандай тузилишга эга?



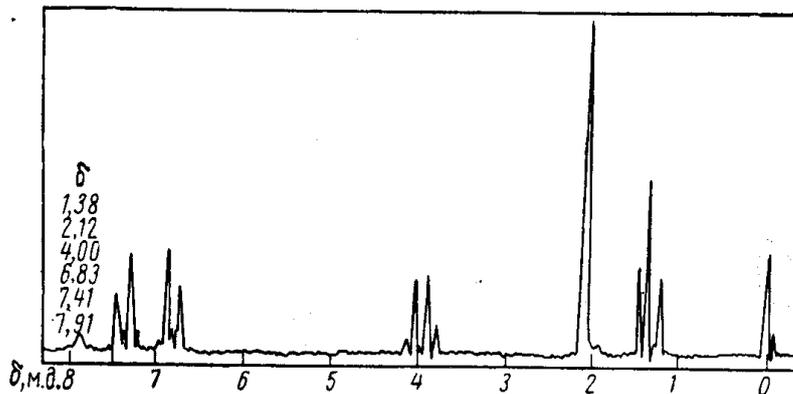
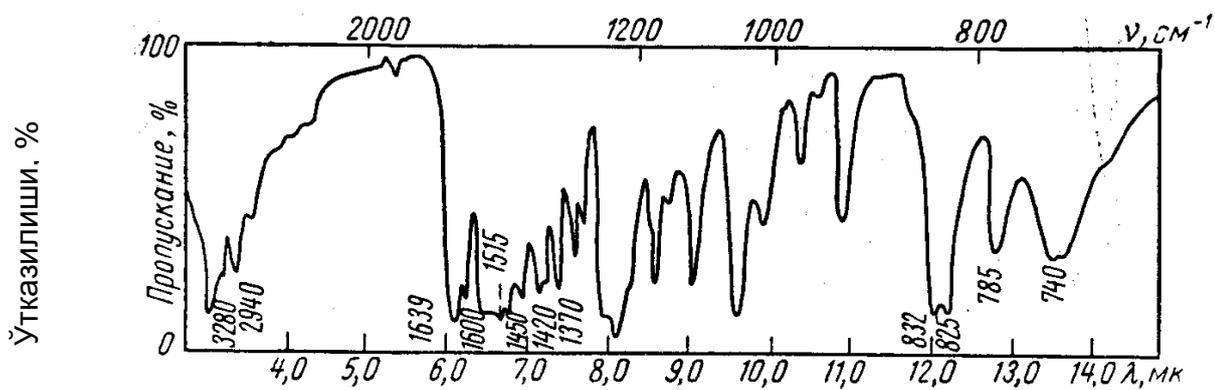
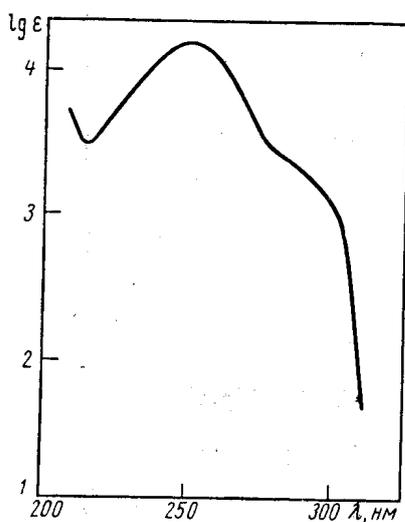
83. Агар C_4H_8O бирикма биринчи соҳа 1710 cm^{-1} да ва 280 нм ($lg \epsilon=1,2$)да УБ ютилса, иккинчиси эса 1732 cm^{-1} да ва 292 нм ($lg \epsilon=1,4$)да ютилса у қайси синфга мансублигини топинг.

84. N, N – диметилацетамиднинг расмда келтирилган УБ-, ИҚ- ва ПМР-спектрларини изоҳланг.



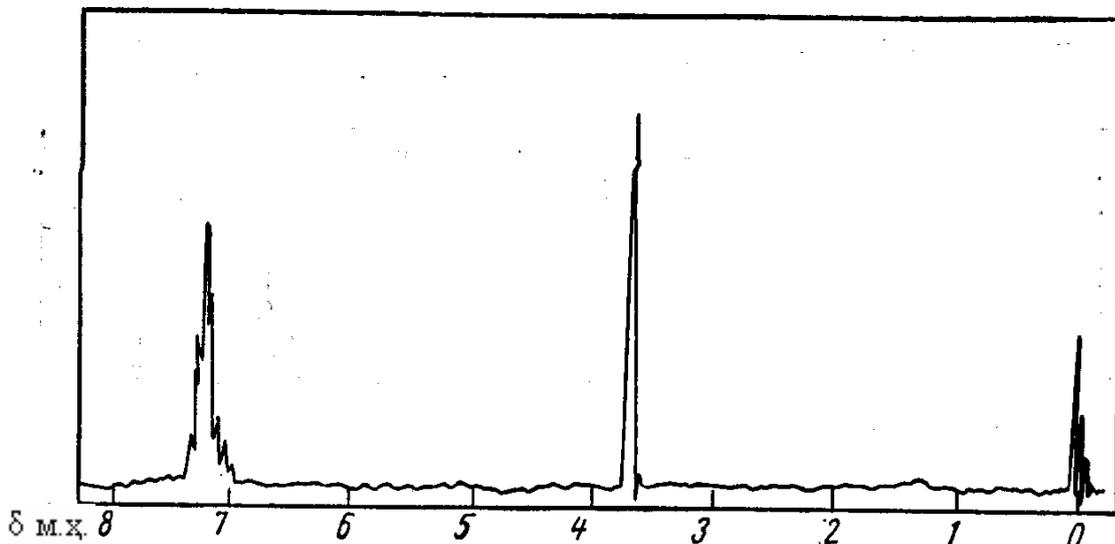


85. $n\text{-C}_2\text{H}_5\text{OC}_6\text{H}_4\text{NHCOCH}_3$ фенацетиннинг УБ-, ИҚ- ва ПМР-спектрларига изоҳ беринг.

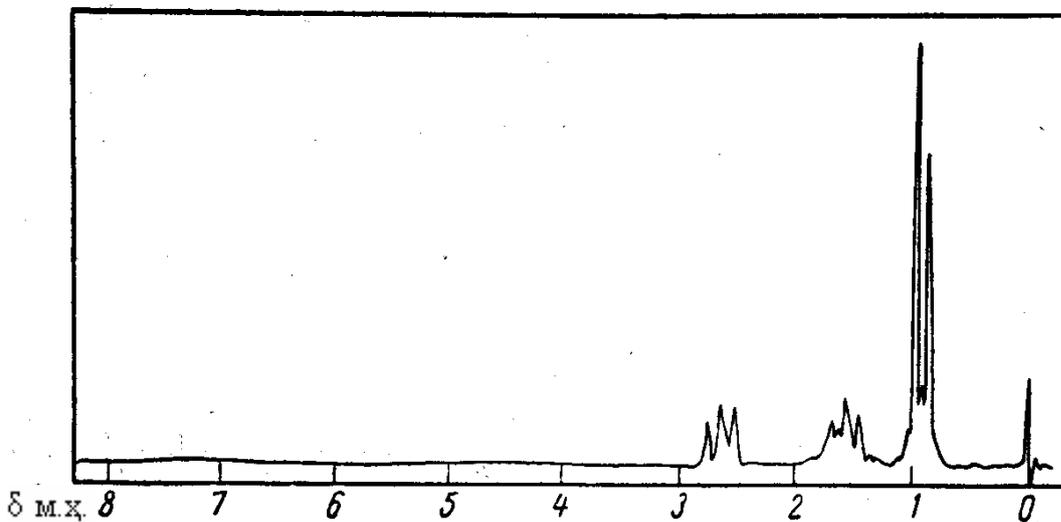
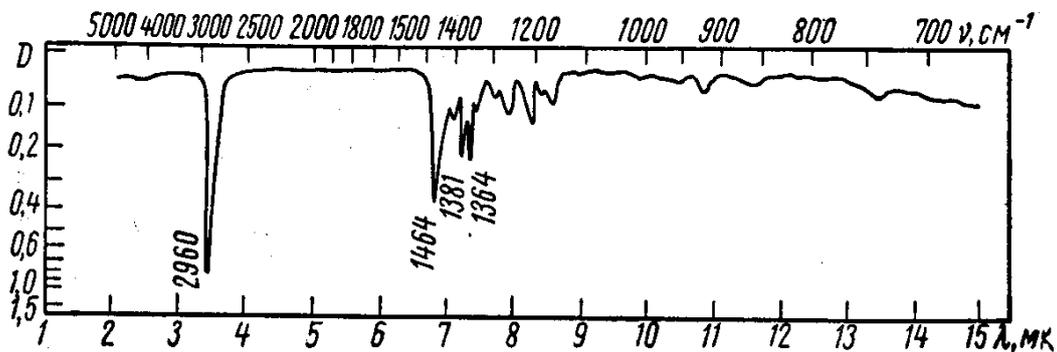


δ м.д.

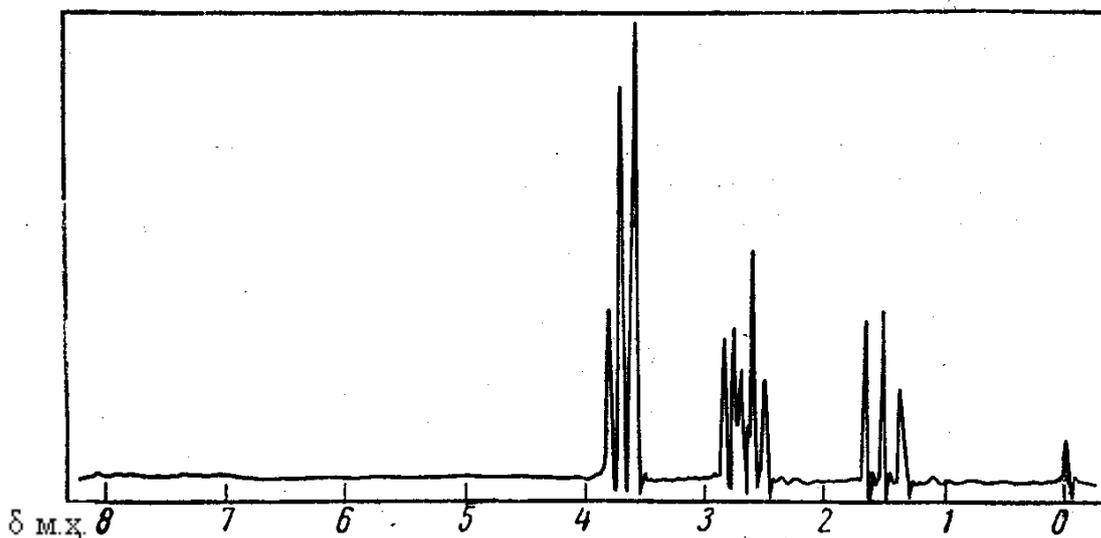
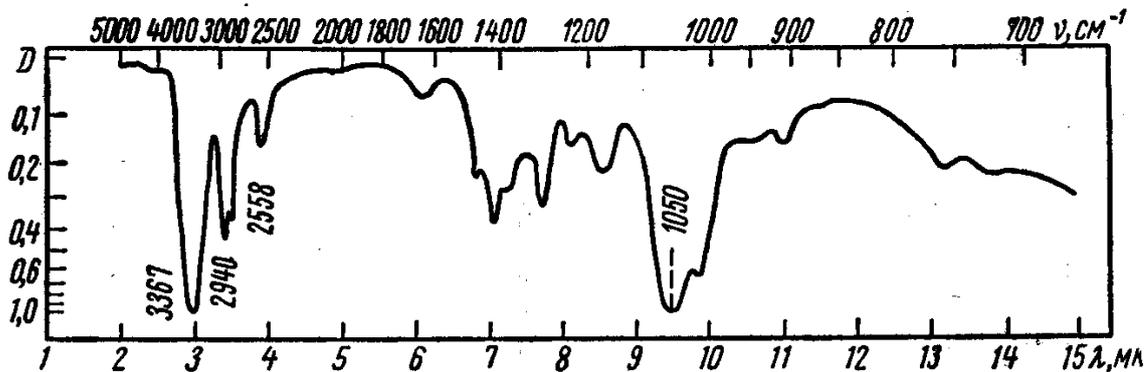
86. $C_{15}H_{14}O$ формулага эга бирикманинг ИҚ-спектрида жадал соҳа 1710 см^{-1} да кузатилади, УБ- спектридаги ютилиш эса бензол ҳалқали характерга эга. Агар унинг ПМР спектри расмдагидек бўлса, бирикма қандай тузилишга эга эканлиги топилсин.



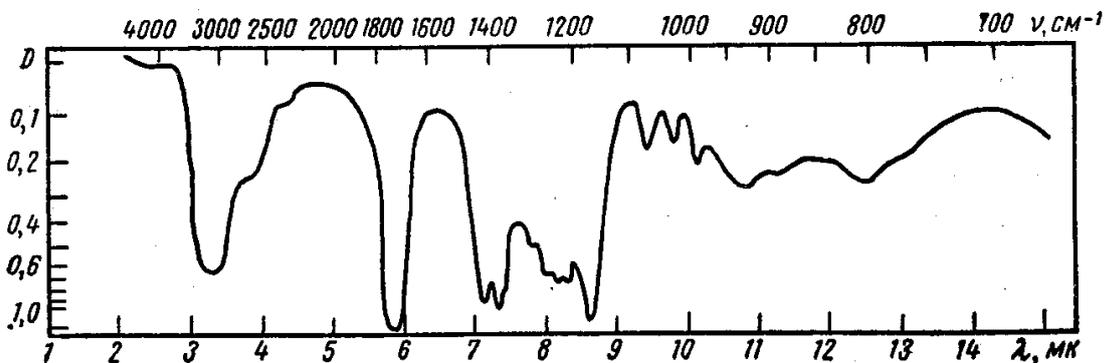
87. Этанолдаги диизоамилдисульфид эритмаси $[(CH_3)_2CHCH_2CH_2S]_2$ УБ- зонада $\lambda_{\text{макс}}=248\text{ нм}$ ва $lg\epsilon=2,55$ ютилиш соҳасига эга. Бирикманинг расмда келтирилган ИҚ- ва ПМР-спектрларига изоҳ беринг.

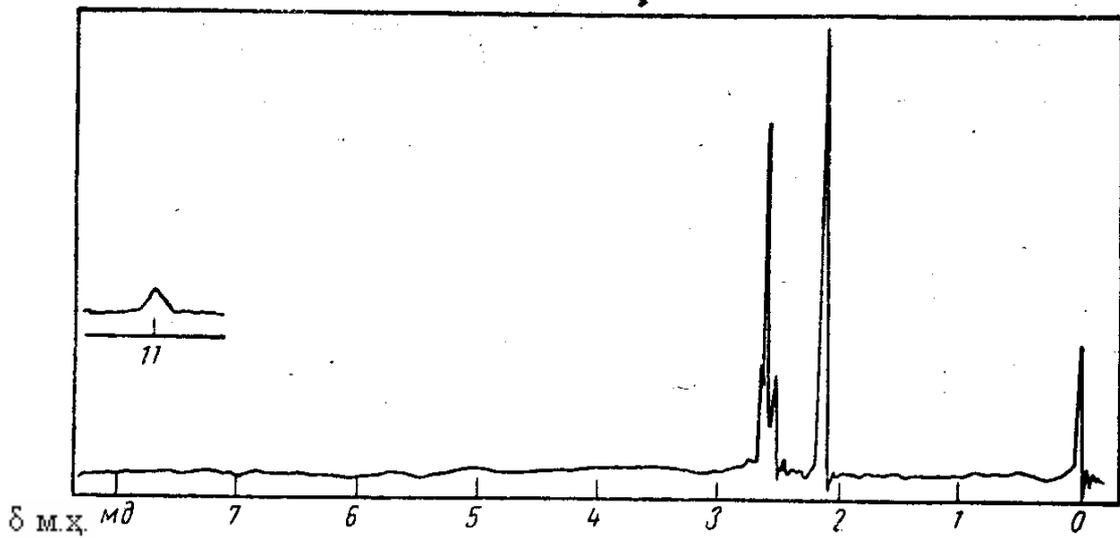


88. $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SH}$ бирикманинг ИҚ- ва ПМР-спектрлари расмда келтирилган. Унинг этанолдаги эритмаси УБ- спектрида 232 нм да $\epsilon=136$ жадаллик билан фақатгина эгилиш кузатилади. Шу бирикманинг спектрал хоссалари ва унинг тузилишини таққосланг.

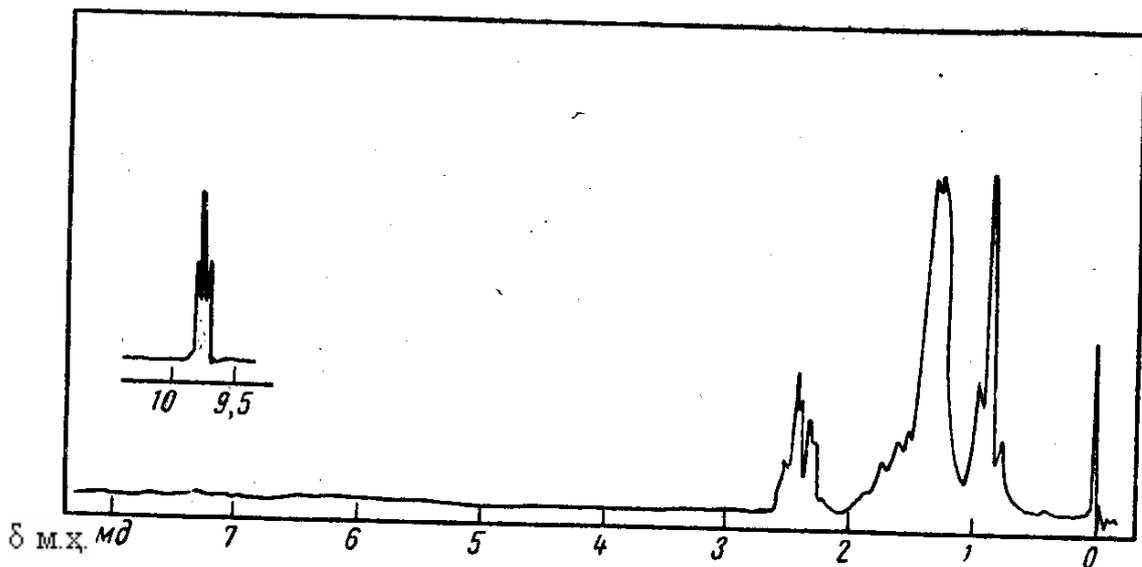
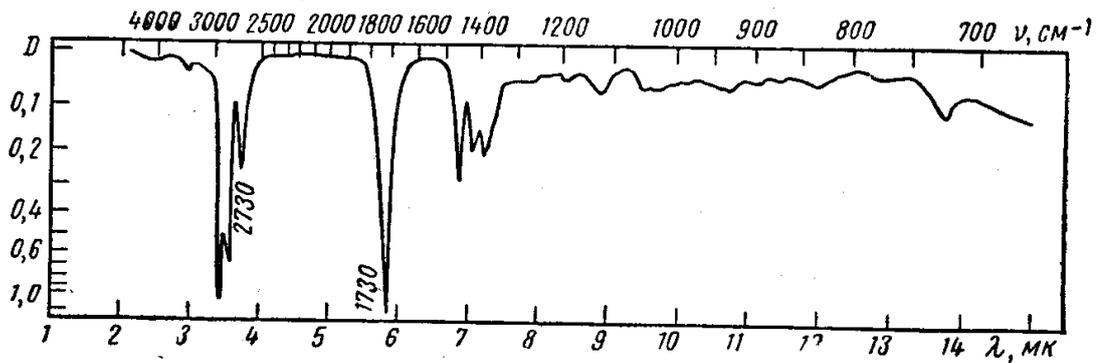


89. Левулин кислотасининг ИҚ- ва ПМР-спектрлари расмда келтирилган. Унинг УБ- спектри (этанолдаги эритмаси) 262 нм да $lg\epsilon=1,5$ жадаллиги паст ютилиш соҳасига эга. Унинг УБ-, ИҚ- ва ПМР-спектрлари изоҳланг.

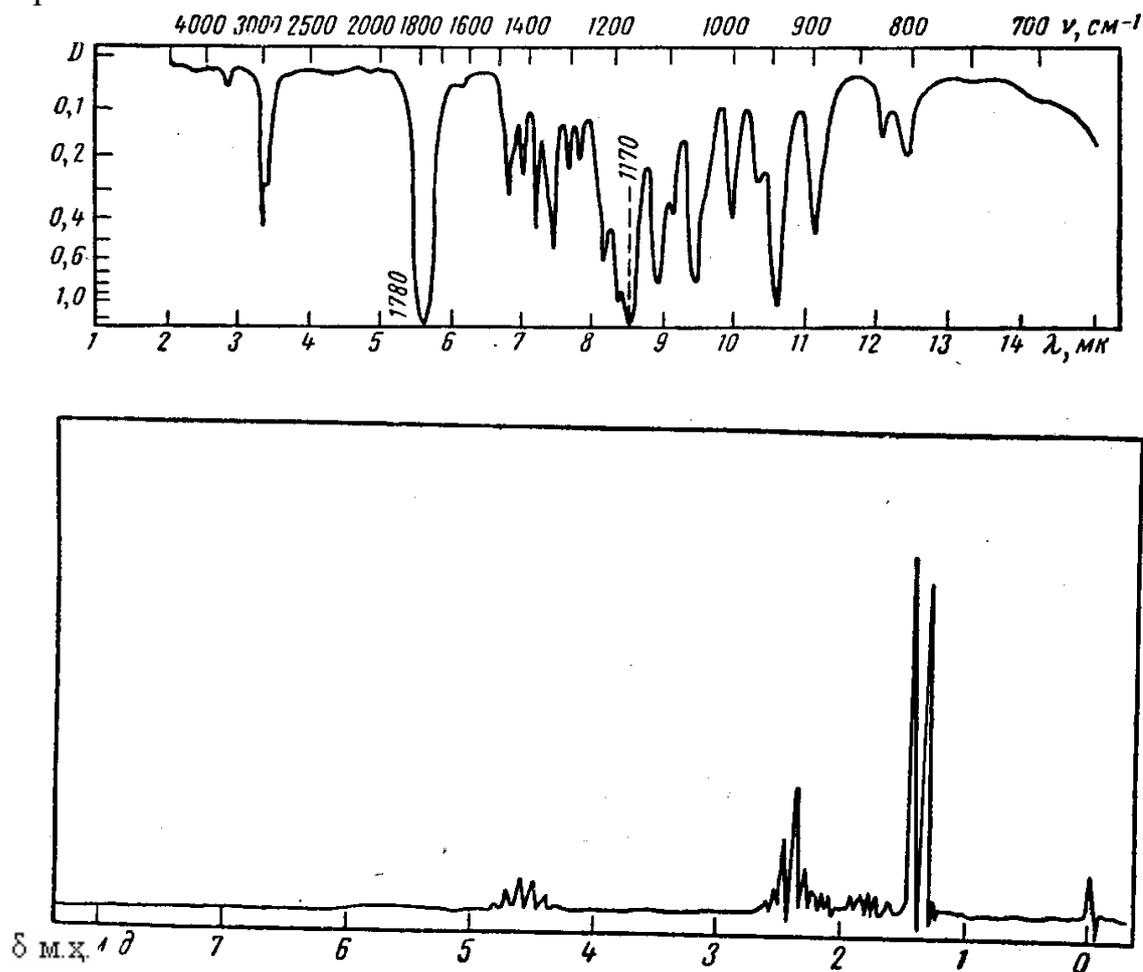




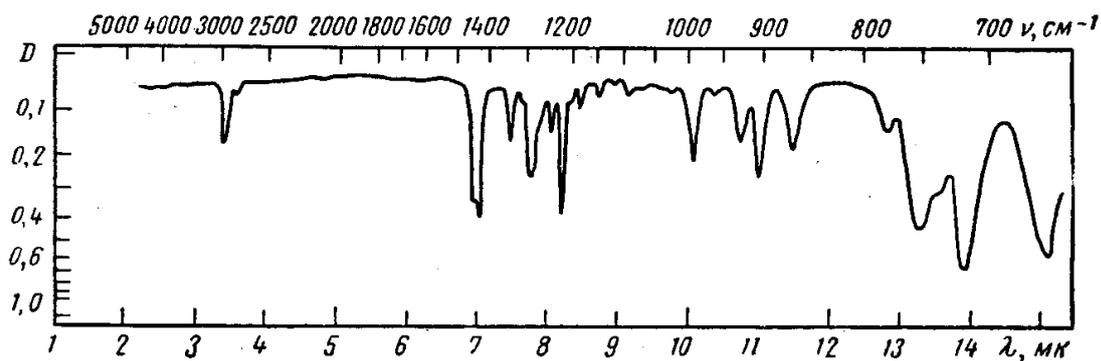
90. Циклогексан эритмасидаги $C_6H_{13}CHO$ гептанли альдегид УБ-спектрининг 292 нм , $\epsilon=23$ да ютилишнинг кам жадаллиги кузатилади. Унинг ИҚ-ва ПМР-спектрлари расмда келтирилган. Бирикманинг спектрал хоссалари билан унинг тузилишини солиштиринг.

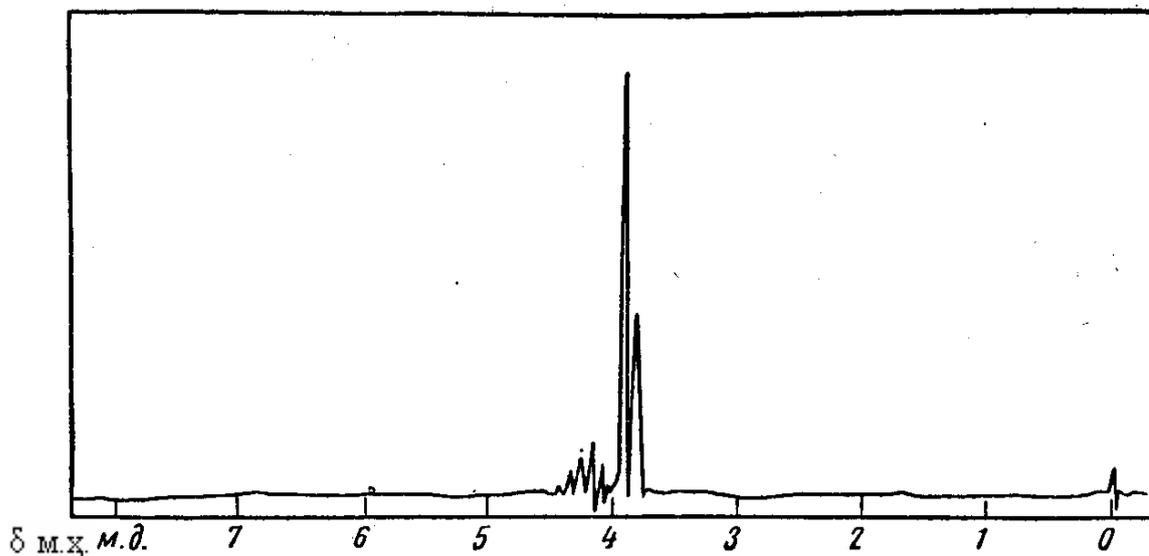


91. γ – валеролактоннинг ИҚ- ва ПМР-спектрларини унинг тузилиши билан солиштиринг.

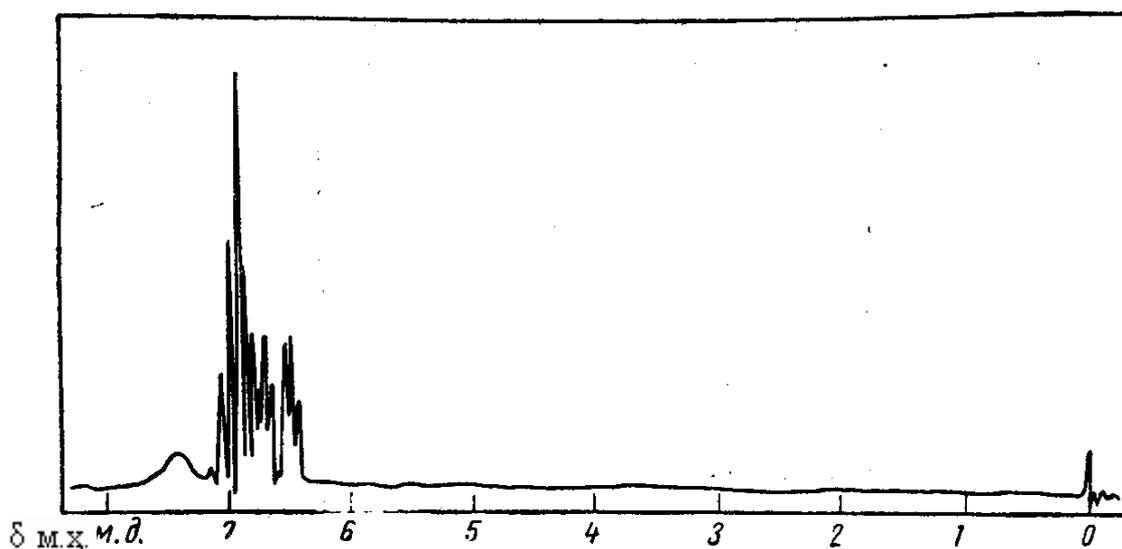
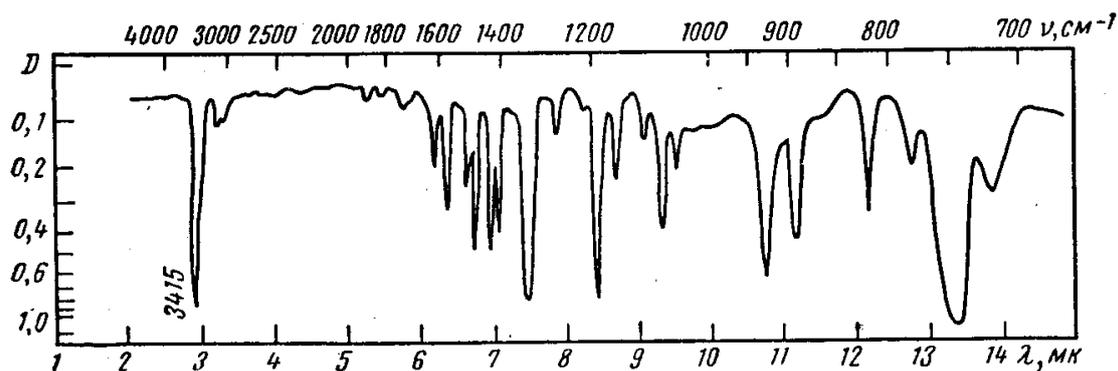


92. 1,2,3 – трихлорпропаннинг ПМР- ва ИҚ- спектрлари расмда келтирилган. Бирикманинг тузилиши билан спектрини таққосланг.

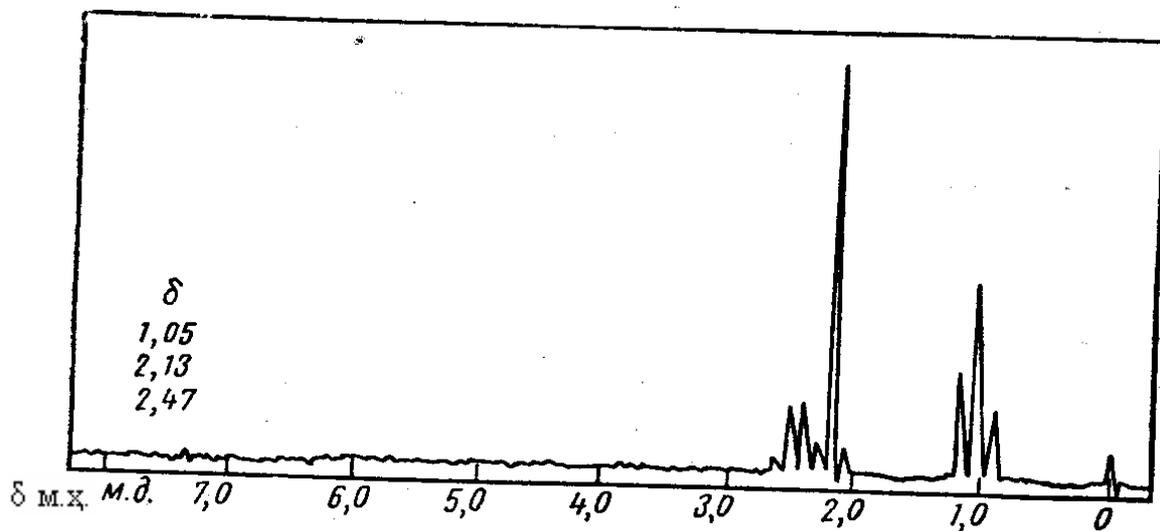
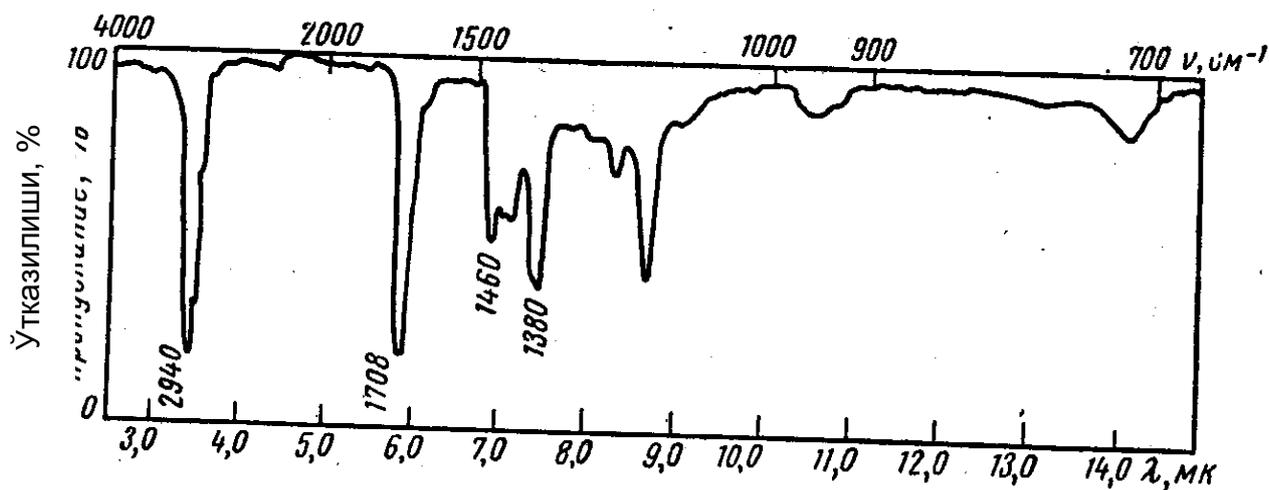
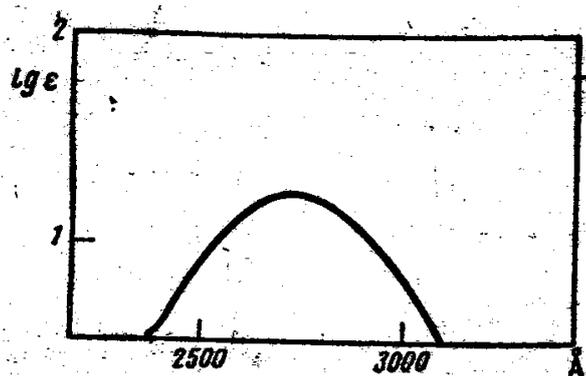




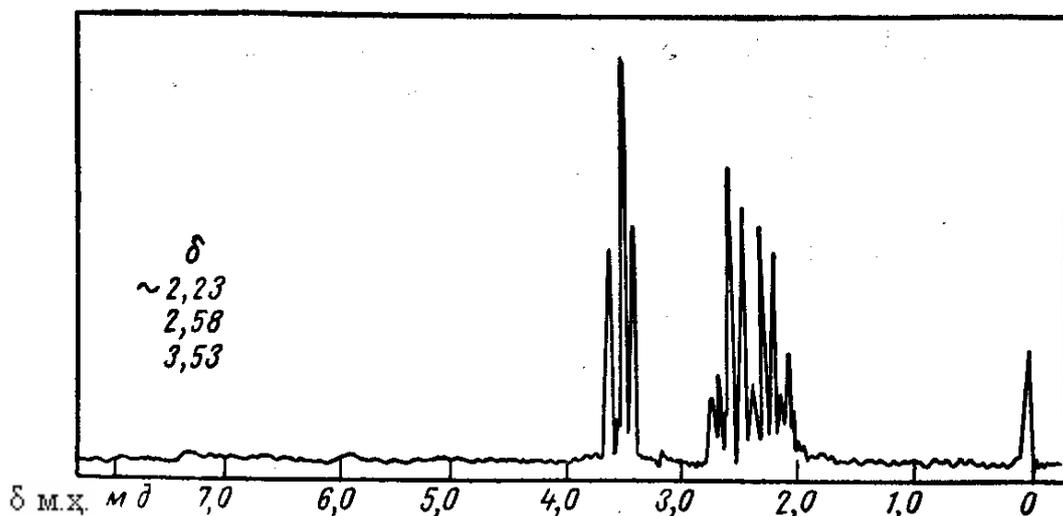
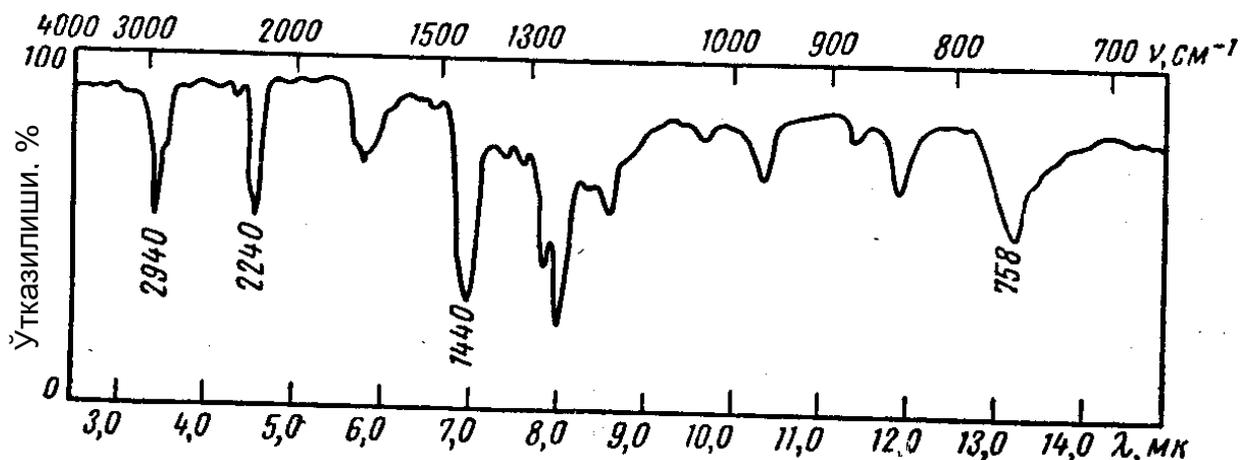
93. 4 – хлориндол расмда келтирилган ИҚ- ва ПМР-спектрларига эга. УБ-спектрида ютилишнинг максимум соҳалари 218 нм ($lg\epsilon=4,61$), 272 нм ($lg\epsilon=3,88$), 278 нм ($lg\epsilon=3,89$) ва 288 нм ($lg\epsilon=3,77$) жойлашган. Спектрал маълумотларни 4 – хлориндолнинг тузилиши билан таққосланг.



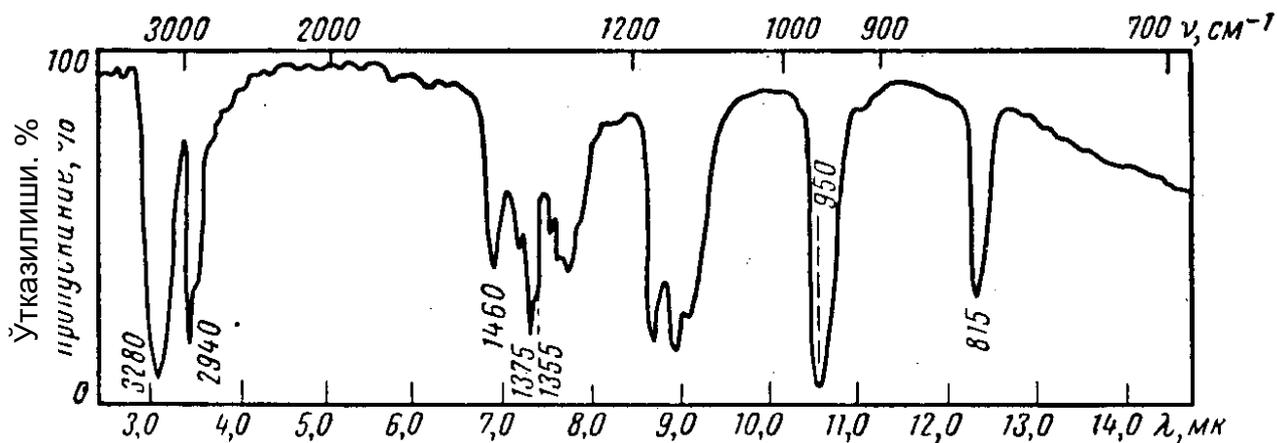
94. Расмда келтирилган спектри орқали (изооктан эритмасидаги) C_4H_8O бирикменинг қандай тузилишга эга эканини аниқланг.

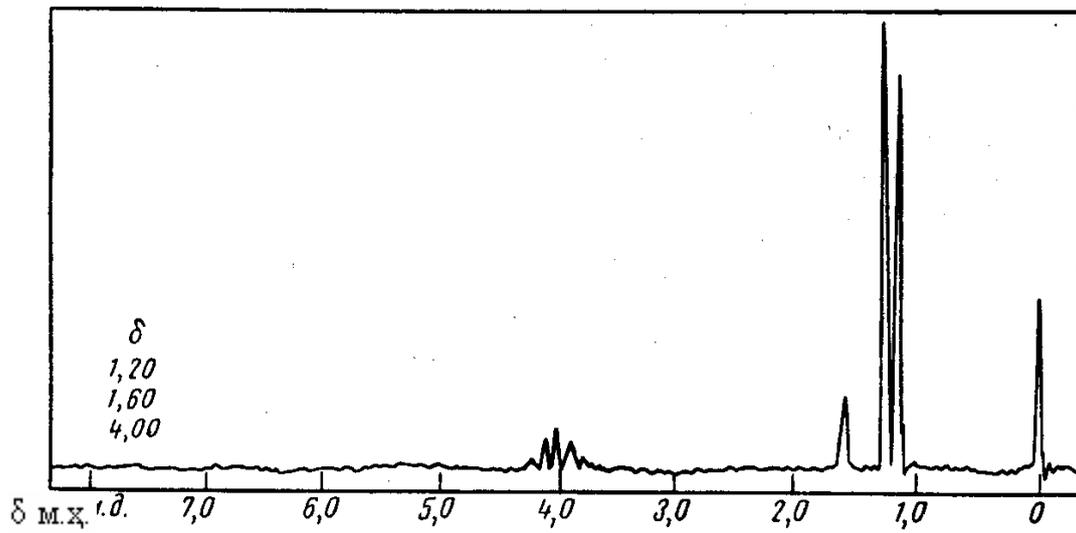


95. C_4H_6BrN органик бирикма расмда келтирилган ИҚ- ва ПМР-спектрларига эга экани маълум бўлса ва УБ- минтақасида ютилиш максимумлари кузатилмаса, унинг қандай тузилишга эгалиги аниқлансин.

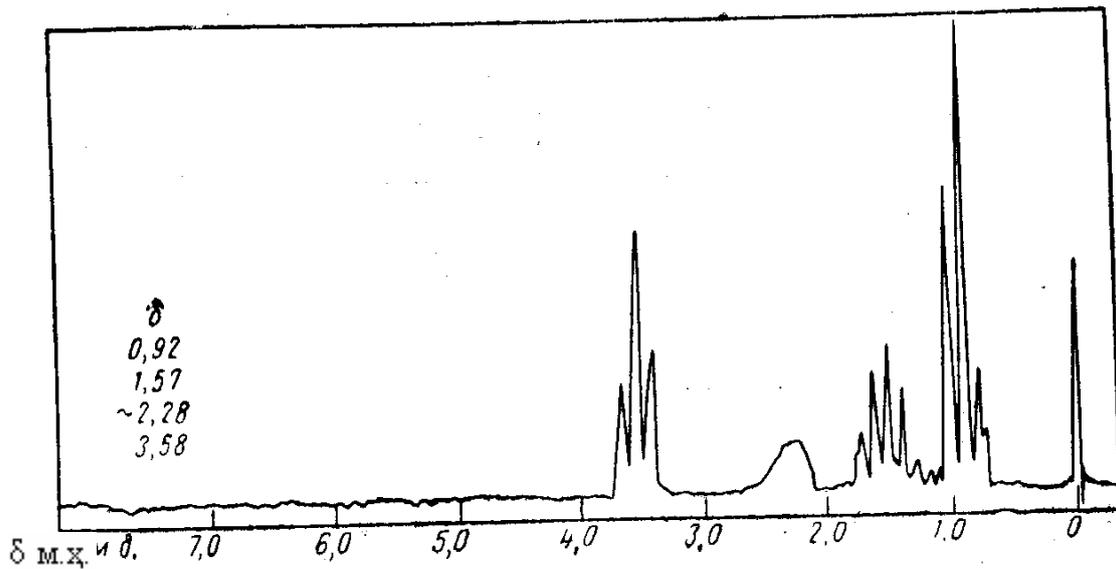
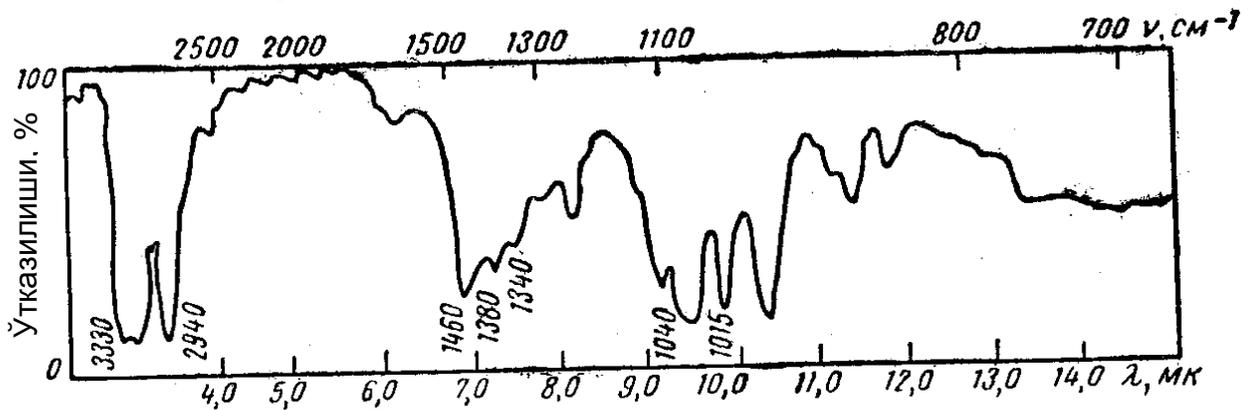


96. Агар C_3H_8O бирикма УБ- минтақасида ютилишга эга эмаслиги маълум бўлса, расмда келтирилган ИҚ- ва ПМР-спектрлари орқали унинг қандай тузилишга эгалигини аниқланг.

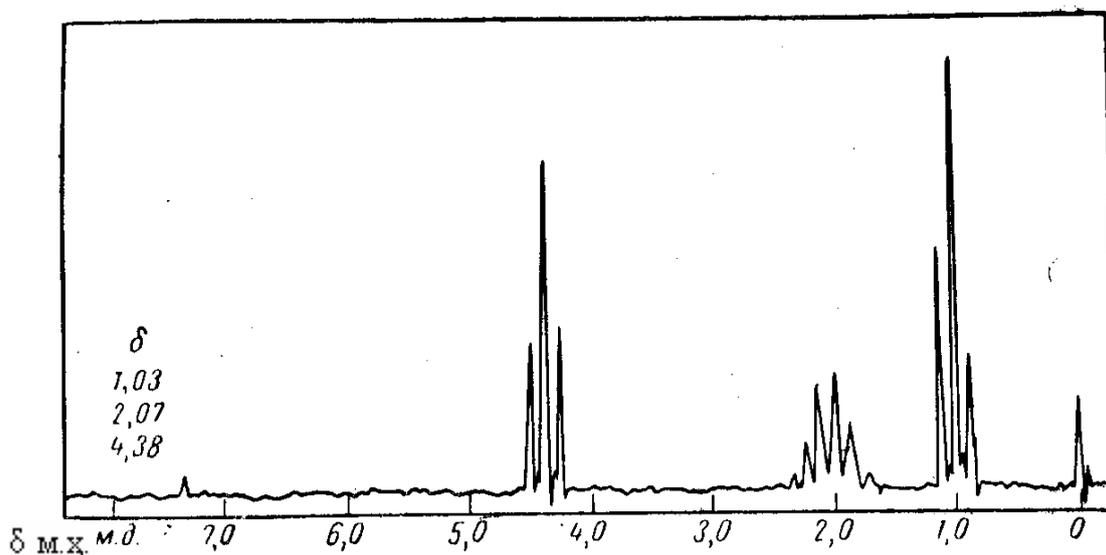
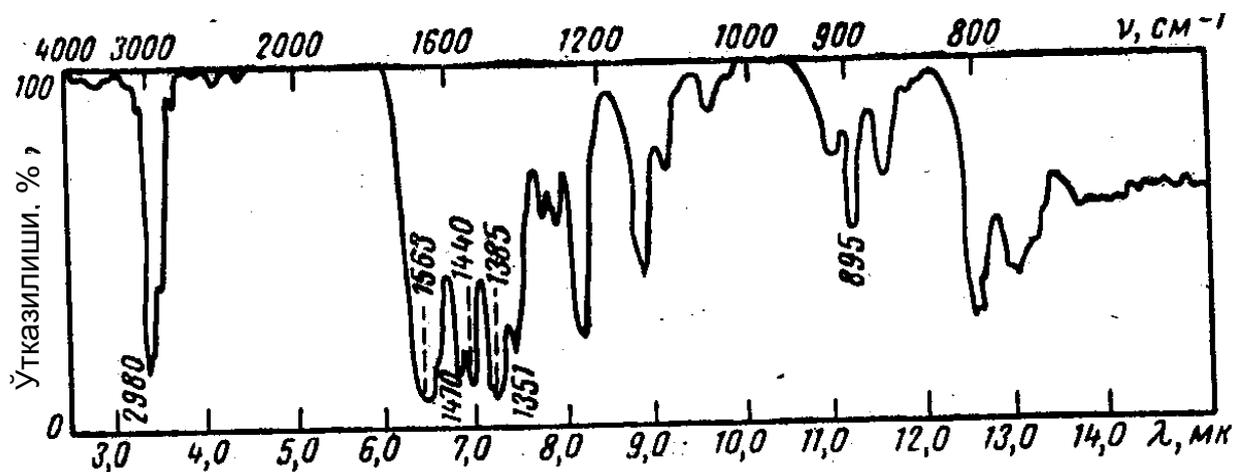




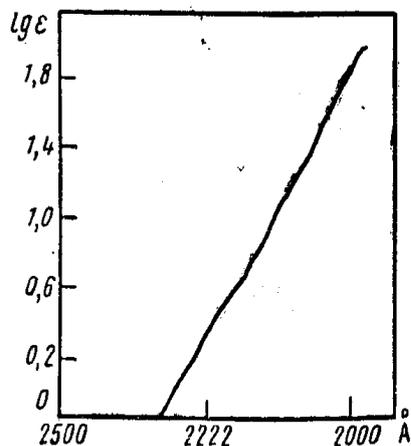
97. C_3H_8O бирикма УБ- минтақасида шаффоф. Унинг ИҚ- ва ПМР- спектрлари расмда келтирилган (суюқ плёнка). Бирикманинг тузилишини аниқланг.

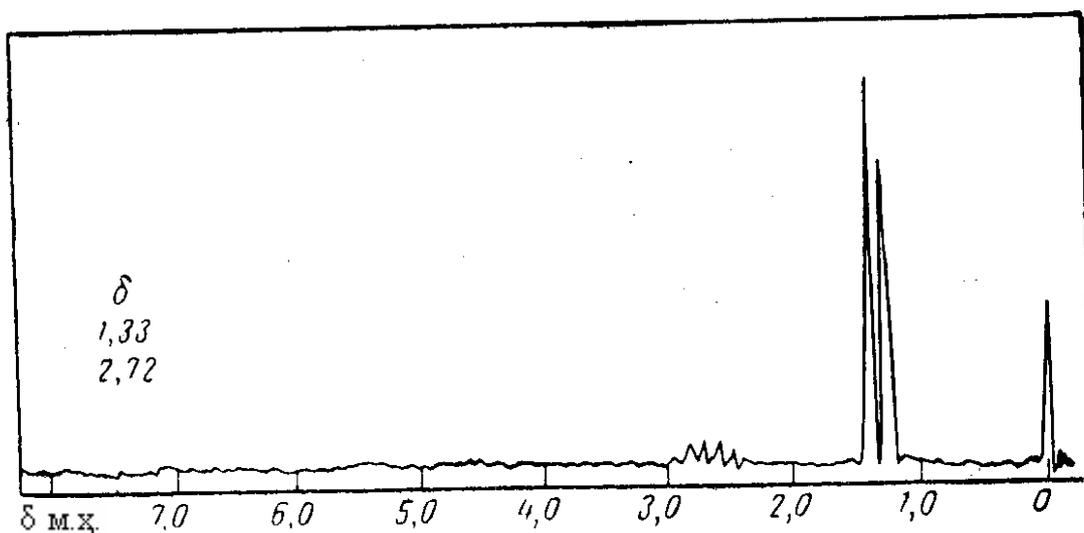
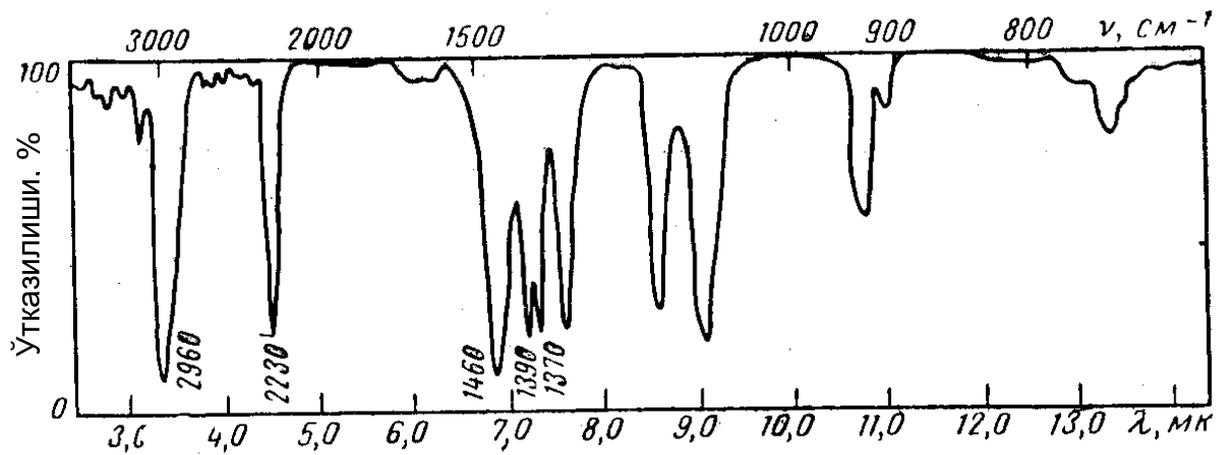


98. Петролей эфири эритмасида $C_3H_7O_2N$ бирикма УБ- минтақада ютилишнинг паст жадалли соҳасига эга $\lambda_{макс}=280$ нм ва $lg\epsilon=1,34$. Агар унинг ИҚ- ва ПМР-спектрлари расмда келтирилганидек бўлса, бирикманинг структурали формуласини аниқланг.

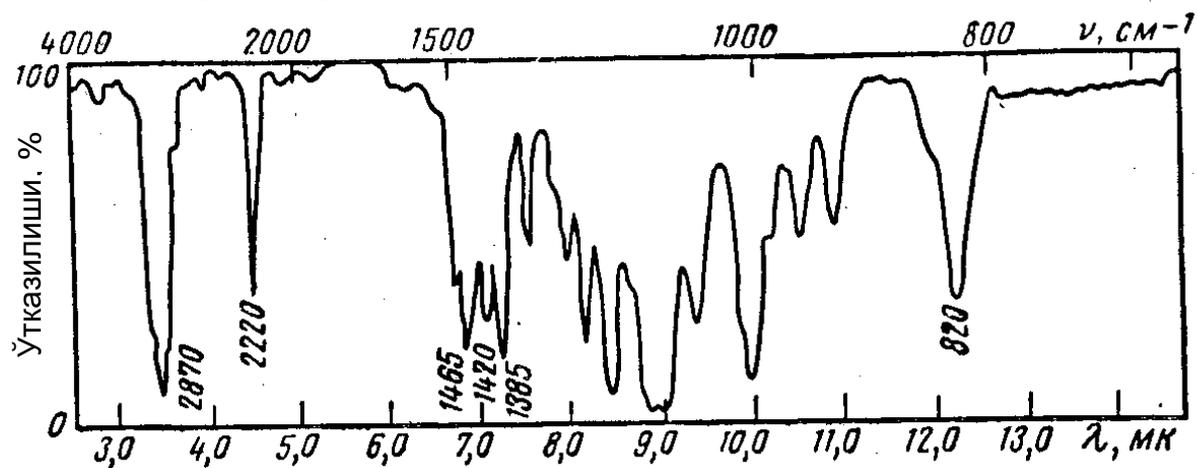


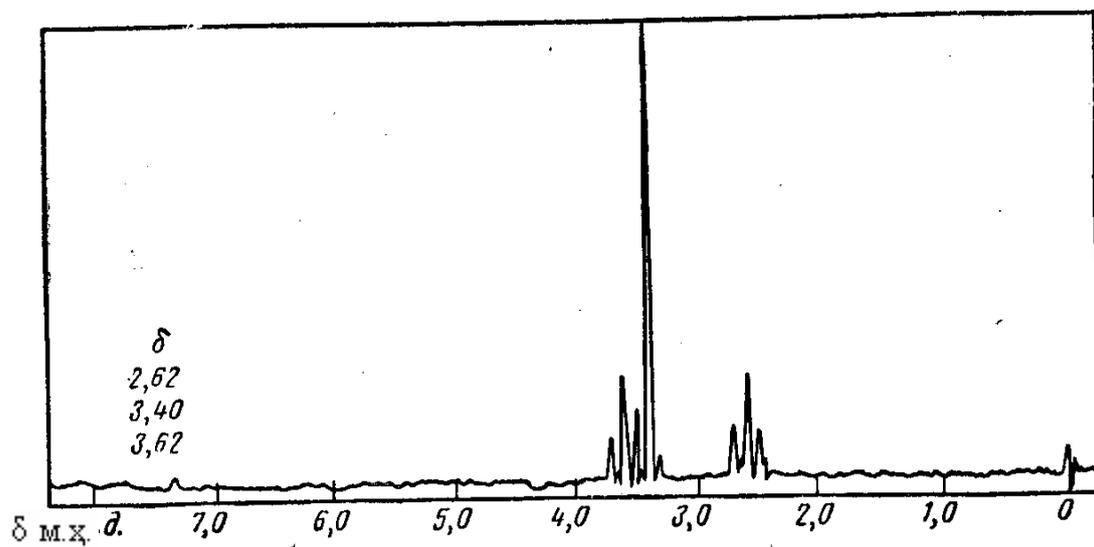
99. Агар расмда C_4H_7 бирикманинг УБ-, ИҚ- ва ПМР-спектрлари келтирилган бўлса, бирикманинг тузилишини аниқланг.





100. $\text{C}_4\text{H}_7\text{ON}$ бирикма УБ- минтақасида ютилишнинг максимумларига эга эмаслиги маълум бўлса, расмда келтирилган ИҚ- ва ПМР-спектрларидан фойдаланиб, унинг тузилишини аниқланг.





Гурух частоталарининг тавсифий жамланган жадвали

№	Частота см ⁻¹	Спектр нам-аси (тури)	Тебраниш нисбати	Бирикма намунаси (тури)	Интенсив -лик (Жадал- лик)	Эслатма
1	4400	КТ	Валент. Н-Н	Н ₂ (газ)	---	ИҚ да кўринмайд и, йўқ
2	3950	ИҚ	Валент. Н-F	HF(газ)	---	----
3	3867	ИҚ	Эркин валент -О-Н	Бир атомли спиртларнинг буғи	--- ---	Кескин
4	3636- 3610	ИҚ	Эркин валент -О-Н	Бир атомли спиртларнинг суюлтирилган эритмасида		»
5	3636- 3150	КТ	Валент – О – Н	Гидратланган тузлар	--- ---	Кенг бирта ёки иккита чизик, йўл
6	3634- 3619	ИҚ	Эркин валент -О –Н	Икки атомли спирт-ларнинг суюлтирилган эритма сида		Кескин
7	3623	ИҚ	Эркин валент -О-Н	Бирта боғ билан боғланган спиртларнинг димерлари	---	Кескин
8	3602- 3544	ИҚ	Валент боғланган –О-Н	Диолларда ички молекуляр водород боғланиш	---	Кенг, чексиз
9	3544- 3502	ИҚ	Валент.боғлан иш ли –О-Н	Спирларнинг кўп тармоқланган зан- жирли димерлари	---	»
10	3530	ИҚ	Асимм. эркин валент -NH ₂	Бирламчи амидларни суюлтирилган эритма-си	130	Кескин
11	3520	ИҚ	Эркин валент -О-Н	CCl ₄ да карбон кис-лоталарнинг суюлти-рилган эритмаси	---	»
12	3500	ИҚ	Валент боғланишли – О-Н	Кетоспиртлар, оксиэфирлар	-	-

13	3500-3495	ИҚ	Валент.боғлан иш ли –O-H	Бирта боғ билан боғланган спиртларни димерлари	---	Кенг баъзида, дублет
14	3500	ИҚ	Асимм.эркин валент -NH ₂	Бирламчи аминларни суюлтирилган эритмаси	---	
15	3500	ИҚ	Эркин валент NH	N- Ариликкиламчи амидлар	---	---
16	3500-3400	ИҚ	Эркин валент NH	Иккиламчи аминлар	Кенг чегарада тебранади	-
17	3498	ИҚ	Валент.боғлан иш ли NH ₂	Бирламчи амидлар	Кучли	3345,3300 ва 3180 да деярли кучсиз чизиклар
18	3470-3410	ИҚ	Валент.боғлан иш ли - NH ₂	Бирламчи аминлар. CHCl ₃ да иккиламчи амидларни суюлтирилган эритмасида	----	Кенг
19	3470-3400	ИҚ	Эркин валент NH	Бирламчи амидларни суюлтирилган эритмаси	----	----
20	3415	ИҚ	Симм. эркин валент -NH ₂	Бирламчи амидларни суюлтирилган эритмаси	120	----
21	3400	ИҚ	Симм эркин валент -NH ₂	----	----	----
22	3400	ИҚ	Обертон. валент –C=O	----	Кучсиз	----
23	3374	КТ	Симм.валент. ≡C – H	Ацетилен (газ)	----	----
24	3360-3320	ИҚ	Обертон .валент – O – N=O	Нитробирикма	----	----
25	3356	ИҚ	Валент.боғлан иш ли – O– H	Кўп боғлар билан боғланган спиртлар	Кучли	----
26	3345	ИҚ	Валент.боғлан иш ли - NH ₂	Бирламчи амидлар	----	Бошқа соҳалари 3498,3300

						ва 3180
27	3300	ИҚ	Валент.боғлан иш ли - NH ₂	Бирламчи амидлар	----	Бошқа соҳалар 3498,3345 ва 3180
28	3312	ИҚ	Валент ≡C – H	HCN	----	----
29	3305- 3270	ИҚ КТ	Валент ≡C – H	Монозаалмашинга н ацетиленлар	100	----
30	3300- 3280	ИҚ	Валент.боғлан иш ли – NH	N – моноалмашинган амидлар	-	Полипепти д лар ва протеинлар га ҳам шундай
31	3287	ИҚ	Асимм. валент ≡C – H	Ацетилен (газ)	-	КТ да йўқ
32	3200- 2500	ИҚ	Валент.боғлан иш ли – O– H	Ички комплексли бирикмаларда карбон кислоталарни димерлари	-	Жуда кенг
33	3182	ИҚ	Валент.боғлан иш ли - NH ₂	Бирламчи амидлар	Кучли	3498,3345 ва 3300 бошқа соҳалар
34	3108	КТ	Валент ≡C – H	Этилен (газ)	-	ИҚ да йўқ
35	3106	ИҚ	Валент ≡C – H	Этилен (газ)	-	КТ да йўқ
36	>3100	ИҚ	Валент = C – H	- O – C = CH ₂	-	-
37	3100	ИҚ	Валент боғла- нишли - O – H	Гидратланган тузлар	-	Кенг
38	3100- 3070	ИҚ	NH ₃	Аминокислоталар гидрохлоридлари ва цвиттерионлар	-	Кенг
39	3100- 3060	ИҚ	Валент боғланишли - N – H	N- Монобоғланишли амидлар	-	Полипепти д лар ва протеинлар га ҳам шундай
40	3100- 3000	ИҚ	Валент = C – H	Ароматик бирикмалар	20-60	-

41	3099	ИҚ	Валент = C – H	Бензол буғлари	-	-
42	3090- 3080	ИҚ	Валент = C – H	RHC=CH ₂	25-35	-
43	3085- 3075	ИҚ	Валент = C – H	RR'C=CH ₂	25-30	-
44	3070- 3045	КТ	Валент = C – H	Моно-, ди – ва учламчи боғланган бензоллар	Кучли	-
45	3065- 3012	ИҚ	Асимм.валент CH ₂	CH ₂ X ₂	-	-
46	3062- 3047	КТ	Валент C – H	Бензол	Кучли	-
47	3060- 2982	ИҚ	Асимм.валент .CH ₃	CH ₃ X*	-	-
48	3040	ИҚ	Асимм.валент .CH ₂	Циклопропанли ҳалқа	-	-
49	3040- 3030	ИҚ	Валент – C – H	CHX ₃ *	-	-
50	3030- 3010	ИҚ	Валент = C – H	RHC=CHR' (цис)	30-40	-
51	3027- 3020	ИҚ	Валент = C – H	RHC=CHR' (транс)	30-40	-
52	3020	ИҚ	Валент - C – H	Метан, газ	-	-
53	3019	КТ	Валент = C – H	Этилен, газ	-	ИҚ да йўқ
54	2988- 2949	ИҚ	Симм.валент. CH ₂	CH ₂ X ₂	-	-
55	2942- 2964	ИҚ	Симм.валент. CH ₂	CH ₃ X*	-	-
56	2962	ИҚ	Асимм.валент .CH ₃	Тўйинган углеводородлар	Ҳар бир CH ₃ гуруҳи учун 150 та	-
57	2930- 2920	ИҚ	Асимм.валент .CH ₃	Бензол ҳалқасига боғланган метилен гуруҳи	Ҳар бир CH ₃ гуруҳи учун 20 та	-
58	2926	ИҚ	Асимм.валент .CH ₂	Тўйинган углеводородлар	Ҳар бир	-

					CH ₂ гурухи учун 75 та	
59	2890	ИҚ	Валент - C – H	Тўйинган углеводородлар	Жуда кучсиз	-
60	2880- 2860	ИҚ	Симм. Валент CH ₃	Бензол ҳалқасига боғланган метил гурухи	-	-
61	2872	ИҚ	Симм. Валент CH ₃	Тўйинган углеводородлар	Ҳар бир CH ₃ гурух учун 90	-O-CH ₃ кучсиз
62	2853	ИҚ	Симм. валент CH ₂	Тўйинган углеводородлар	Ҳар бир CH ₂ гурух учун 45	-
63	2820	ИҚ	Валент -CH ₃ (?)	-O-CH ₃ алифатик бирикмаларда	кучсиз	-
64	2800- 2000	ИҚ	Валент. NH ⁺ , NH ₂ ⁺ , NH ₃ ⁺ ,	Тузли нордон аминлар	-	-
65	2700- 2560	ИҚ	Валент. боғланган -O-H	Фосфорли оксикислоталар	-	кучсиз
66	2650- 2400	ИҚ	Валент. боғланган -O-D	Дейтериланган спиртлар	-	-
67	2600- 2550	ИҚ	Валент. боғланган -S-H	Алкилмер каптанлар	-	ИҚда кучсиз , КТ кучли
68	2440- 2350	ИҚ	Валент. боғланган -P-H	Фосфорли оксикислоталар	-	-
69	2329	КТ	Валент.- C≡N	Дициан	-	ИҚ да намоён бўлмайди
70	2304	КТ	Валент. -C≡C-	Диалкилацетиленл ар	-	Иккинчи чизиқ 2227 да
71	2270	ИҚ	Асимм. валент. -N=C=O	Алкилизоцианитла р	1300- 2000	-

72	2260-2190	ИҚ	Валент. –C≡C–	Иккламчи боғланган ацетиленлар	I	Баъзида иккита чизиқ
73	2258	ИҚ	Валент –C–D	Тетрадейтеро метан (газ)	-	-
74	2250	ИҚ, КТ	Валент. –C≡N	Қаршиликсиз нитриллар	-	-
75	2240-2230	ИҚ	Валент. –C≡N	Бензонитрил	-	-
76	2238	ИҚ	Валент. –C≡N	Co (CN ₂)	-	-
77	2227	КТ	Валент. –C≡C–	Диалкилацетиленл ар	-	Иккинчи чизиқ 2304 да
78	2225	ИҚ, КТ	Валент. –C≡N–	Қаршилик нитриллар	-	-
79	2207-2202	ИҚ	Валент. –C≡C–	Циклоакцетиленла р	-	-
80	2200	ИҚ	Валент. –Si –H	Алкилсиланлар	Жуда кучли	-
81	2200-2160	КТ	Валент - +ND ₃ ,	-	-	-
82	2187	КТ	Симм. валент –Si –H	Силан, газ	Кучли	-
83	2183-2150	ИҚ	Валент. – N ≡ C	Алкилизоцианид лар	-	-
84	2183	ИҚ	Асимм. Валент–Si –H	Силан, газ	-	-
85	2169-2080	КТ	Асимм. Валент – N = N ⁺ = N ⁻	Алкилазидлар	Кучли	-
86	2168	ИҚ	Валент . – C = O	Углерод оксиди , газ	-	-
87	2150	ИҚ	Асимм.валент – C = C = O	Кетен	Кучли	-
88	2149	ИҚ	Асимм.валент – C ≡ N	Дициан	-	КТ да йўқ
89	2141	ИҚ	Асимм.валент – N = N ⁺ = N ⁻	Метилазид	Кучли	-
90	2140-2100	ИҚ	Асимм.валент – C ≡ C –	Моноалкилацетиле нлар	5	-
91	2125-2118	КТ	Валент. – C ≡ C –	Моноалкилацетиле нлар	Жуда кучли	-
92	2123	ИҚ	Асимм.валент – N ⁺ ≡ C ⁻	Фенилизоцианид	-	-

93	2089	ИҚ,КТ	Валент. -C≡N-	Синил кислотаси	-	-
94	2080	ИҚ	Валент. C = N	Fe ₂ (CO) ₉	-	-
95	2049	КТ	Валент. C=C=O	Кетен	Кучли	-
96	2043	ИҚ	Валент. C=O	Fe(CO) ₅	-	-
97	2034	ИҚ	Валент. C=O	Fe(CO) ₄ Ni(CO) ₄ ,	-	-
98	2030	ИҚ	Валент. C =O	Fe(CO) ₄	-	-
99	2000- 1650	ИҚ	Обертонлар ва комбинацияла нган	Бензол ҳосилалари	1-10	Кучсиз лекин тафсифли
100	1980	ИҚ, КТ	Асимм.валент . - C=C=C -	Аллен ва унинг ҳосилалари	Кучли ИҚ ва КТ	-
101	1974	КТ	Валент. - C ≡ C -	Ацетилен (газ)	Жуда кучли	-
102	1942	ИҚ	Валент. - C=O	F ₂ CO	-	-
103	1835- 1820	ИҚ	Обертон деф =C - H	RHC = CH ₂	-	-
104	1833	ИҚ	Валент. - C = O	Fe(CO) ₄	-	-
105	1828	ИҚ	Валент. - C =O	Fe ₂ (CO) ₉	-	-
106	1820- 1650	ИҚ, КТ	Валент. C=O	Карбонилли бирикма	250- 1250	-
107	1790- 1785	ИҚ	Обертон деф.=C - H	RR 'C =CH ₂	-	-
108	1736	ИҚ	Обертон. валент. - C - N=O	Нитрат кислотанинг алкилэфирлари	-	-
109	1680- 1650	ИҚ	Валент.- N=O	Нитрат кислота мураккаб эфирлари конфигурациясини - транс кўриниши	-	-
110	1680- 1640	КТ, ИҚ	Валент.-C=C-	-	-	Кучли КТда кучли, ИҚ да кучсиз
111	1680- 1630	ИҚ	Валент.-C=N-	-	Мўътад ил	

					кучли	
112	1678-1668	ИҚ	Валент.-C=C	RHC=CHR(транс)	-	-
113	1675-1665	ИҚ	Валент.-C=C	RR'C=CHR''	-	-
114	1675-1665	ИҚ	Валент.-C=C -	RR'C=CR''R'''	-	-
115	1673	ИҚ	Валент.-C=N-	R - CH=NR'	-	-
116	1670	ИҚ	Валент.-C=N-		-	-
117	1662-1652	ИҚ	Валент.-C=C-	RHC=CNR' (цис)	5-10	Циклогексен 1646
118						
119	1658-1648	ИҚ	Валент.-C=C-	RR'C=CH ₂	30	-
120	1654	ИҚ	Валент.-C=N-	Ar - CH=NR	-	-
121	1648-1638	ИҚ	Валент.-C=C-	RHC = CH ₂	25-45	-
122	1640	КТ	Валент - O - N = O	Алкилнитритлар	-	Метилнитритни спектрида ҳам 1603
123	1640	ИҚ	Валент.-C=N-	Оксимлар	-	Каттик ҳолатда
124	1640-1628	ИҚ	Асимм.валент -ON = O=O	Алкилнитратлар	-	-
125	1640-1560	ИҚ	Қайчисимон - NH ₂	Бирламчи аминлар	-	-
126	1640-1535	ИҚ	Асимм.деф NH ₃	Аминокислота гидрохлоридларини цвиттерионлари	-	-
127	1640-1530	ИҚ	Валент - C=O	В-дикетонлар,β-кетозфирларни ички комплексли бирикмаси	Жуда кучли	Кенг
128	1637	ИҚ	Валент - C=N -	Ar - CH = NAr	-	-
129	1630-1615	ИҚ	Деф -H - O - H	Гидратланган тузларда кристалланган сув	-	-

130	1625-1610	ИҚ	Валент $O - N = O$	Нитрат кислотани алкил эфирлари	-	-
131	1610-1590	ИҚ, КТ	Ҳалқа тебраниши	Ароматик углеводородлар	20-100	КТ да кучли
132	1590-1588	ИҚ	Деф $-N - H$ (?)	Бирламчи алкиламидларни $CHCl_3$ даги султирилган эритмаси	180-210	Кристалларни спектрида 1650-1620 гача (“Амид II”) соҳада
133	1580-1490	ИҚ	Деф $-N - H$	Иккиламчи алкил амин	-	КТ да йўқ (“Амид II”) соҳада
134	1577	ИҚ	Валент $-N=N-$	Ароматик азобирикмалар	-	-
135	1576	ИҚ, КТ	Валент $-N=N-$		ИҚ да кучсиз	
136	1571	КТ	Валент $-C=C-$	$Cl_2C=CCl_2$	ИҚ да жуда кучсиз	
137	1570-1520	ИҚ, КТ	Асимм.валент $-N=N=O=O$	Алкилнитро аминлар		
138	1562-1470	ИҚ	Асимм.валент $-C-N=O$	Алкилнитробирик малар		
139	1560	ИҚ	Деф. $-N - H$ (?)	N-Монобириккан		
140				Амидлар (қаттиқ ҳолатда)		
141	1560	ИҚ	Валент $-C-N=O=O$	Алкилнитробирик ма		
142	1540-1520	ИҚ	Деф. $-N - H$ (?)	N-Монобириккан амидлар (диоксандаги эритма)		«Амид II» соҳада
143	1520-1490	ИҚ	Асимм.деф $-NH_3$	Гидрохлоридлар аминокислот и цвиттерионлар		
144	1518	ИҚ	Ar $-N=O=O$	Ароматик нитробирикма		
145	1517	ИҚ	Валент Ar $-N=O$	Нитробензолни ҳосилалари		
146	1470-1420	ИҚ	Асимм.деф $-CH_3$	Алкилбензолни ҳосилалари	20-50	
147	1467	ИҚ	Қайчисимон CH_2	Чизиқли алифатик занжир	CH_2 да 8 та	

					гурух	
148	1460	ИҚ, КТ	Асимм.деф. – CH ₃	Алифатик углеводородлар		
149	1455	ИҚ, КТ	Қайчисимон CH ₂	Циклогексанни ҳосилалари		
150	1452	ИҚ, КТ	Қайчисимон CH ₂	Циклогексанни ҳосилалари		
151	1450	ИҚ	Валент – F – H – F	Ион HF ₂		
152	1450- 1200	ИҚ, КТ	Ясси деф.С – Н –C=C – Н	Этиленларни ўринбосарлари	ИҚ кучсиз	
153	1438- 1436	ИҚ	Симм.деф – CH ₃	Карбометоксиэфир лар	100-150	
154	1435- 1405	ИҚ	Қайчисимон CH ₂	-CH ₂ – CO –		
155	1435- 1420	ИҚ	Валент – C – OH	Карбонли димерлар		
156	1434- 1409	КТ	Симм.валент - N=C=O	Алкилизо цианатлар	Кучли	
157	1427- 1420	ИҚ	Қайчисимон CH ₂	- CH ₂ – COOR	Кучсиз	
158	1420- 1416	ИҚ	Ясси деф. CH _b – C=C – Н	RHC = CH ₂	10-20	
159	1411	КТ	Асимм.валент – S =O=O	Cl ₂ SO ₂		
160	1410 – 1400	ИҚ	Ясси деф.С – Н в – C = C – Н	RCH = CHR' (цис)	10-20	
161	1408- 1351	ИҚ	Асимм.валент - N – N = O	Алкилнитро аминлар	Кучли чизик	1315,1160
162	1406 – 1393	ИҚ	Симм.деф. CH ₃	Учламчи бутил гурухи		КТ да йўқ
163	1400	ИҚ	Асимм.валент – S = O = O	ROSO ₂ Cl		
164	1400 – 1340	ИҚ	Деф. – O – Н	Спиртлар		Водород боғланиш ҳосил бўлганда катталаша ди.
165	1400 – 1300	ИҚ	Валент. C=S			
166	1390	КТ	NO ₃ ⁻ тебраниш	Иитрат иони		

167	1385 – 1375	ИҚ	Симм.деф. CH ₃	Гемдиметилли гурух		КТда намоен булмайди
168	1385 – 1380	ИҚ	Симм.деф. CH ₃	Изопропил гурухи	-	КТда намоен булмайди
169	1385 – 1375	ИҚ	Симм.деф – CH ₃	Бензолнинг метлланган ҳосилалари	10-20	-
170	1380	КТ	Асимм.валент – S =O =O	ROSO ₂ OR'		
171	1380 – 1378	ИҚ	Асимм.деф CH ₃	Чизикли занжирли алифатик углеводородлар	CH ₂ да 5 та гурух на	КТда намоен булмайди
172	1372- 1366	ИҚ	Симм.деф – CH ₃	Гемдиметил ёки учламчи бутил гурухи		
173	1370	КТ	Симм.валент – N – N=O=O	Алчилнитраминлар		
174	1362 – 1360	ИҚ	Симм.деф – CH ₃	Карбометоксиэфир лар		
175	1360 – 1330	КТ, ИҚ	C – H	Кўп тармоқли углеводородлар занжири	Жуда кучсиз	
176	1350	ИҚ	- N =N ⁺ =N ⁻	Метилазид	Кучсиз	
177	1350	ИҚ	Симм.валент – C – N =O=O	Алчил ва арилнитробирикма	Кучли	
178	1350- 1330	ИҚ		N ₁ N – дибириккан сульфидлар билан		
179	1350 - 1280	ИҚ	Валент – C – N –	AgNHR		
180	1350- 1150	ИҚ, КТ	Ишончли ва айланма CH ₂	Полиметилени занжир	ИҚ соҳада айланм а терани ш кучсиз ёки мавжуд эмас	Қаттиқ ҳолатда спектра ғалаёнлани шҳосил бўлади

181	1348 – 1177	КТ	Симм.валент $N = N^+ = N^-$	Метилазид	Кучсиз	
182	1340 – 1310	ИҚ, КТ	Симм.валент $- N - N = O$ $= O$	Алкилнитраминлар	-	-
183	1335 - 1310	ИҚ	Асимм валент $S = O = O$	Алкилсульфонлар	250 – 600	
184	1331	КТ	NO_2	Нитрит иони		
185	1320	ИҚ	NO_2	Нитрит иони		
186	1315 – 1162	ИҚ	$- N - N = O$	Алкилнитрозоаминлар	Кучли	
187	1306 – 1303	ИҚ, КТ	Ишончли CH_2	Углеводородлар ривожланмаган ҳалқада	Кучли КТ ва кучсиз в ИҚ	
188	1300	ИҚ		Карбон кислоталар димерлари		
189	1300 – 1250	ИҚ	Валент $P=O$	Фосфорли оксикислоталар ва уларни эфирлари		
190	1285 – 1260	ИҚ, КТ	Симм.валент $- O - N = O = O$	Алкилнитратлар		
191	1280 – 1270	ИҚ	Симм. валент $- N - N = O = O$	Алкилнитро аминлар	Кучли	
192	1280 - 1230	ИҚ	Валент $- C - N -$	$ArNHR$		
193	1280- 1150	ИҚ	Асимм.валент $- C - O - C -$	Мураккаб эфирлар, лактонлар	500- 1200	Кучсиз в КТ
194	1277	ИҚ	Валент $- C - F$	CF_4		
195	1275 – 1200	КТ, ИҚ	Асимм.валент $- C - O - C -$	$- C = C - O - C$ гуруҳ эфирларда	Кучли	
196	1270	КТ	Асимм валент $- S = O = O$	RSO_2R'		
197	1268	ИҚ, КТ	Симм.тебрани ш ҳалқаси	Этилен оксиди	Кучли в КТ	
198	1265 – 1258	ИҚ	$- Si - CH_3$	Силанлар	Кучли	
199	1260	ИҚ	Обертон деф. $- C \equiv C - H$			
200	1250	ИҚ,КТ	CH_3 гуруҳлар- нинг маятник- ли тебраниши	Учламчи бутил гуруҳи	КТ да кучли	Соҳа 1210 – 1200 намоён

						бўлади
201	1250 – 1180	ИҚ	Валент – C – N	$ArNR_1R_2$		
202	1250 – 1175	ИҚ	- P = O	Фосфорли оксикислотларни ароматик эфирлари	Кучли	
203	1240	КТ	NO_2^-	Нитрат иони		
204	1240 – 1190	ИҚ	Валент – P – O – C –	Фосфорли оксикислотларни ароматик эфирлари		
205	1230	КТ	Валент – S = O	$ClSOCl$		
206	1230 - 1130	ИҚ	Валент – C – N	$(RCH_2)_3 N$		
207	1220	ИҚ	NO_2^-	Нитрит иони		
208	1216	КТ	Валент – S =O	$ClSOOR$		
209	1210 - 1200	ИҚ, КТ	Метил гурухининг маятникли тебраниши	Учламчи бутил гурухи		
210	1205 – 1125	ИҚ, КТ	Валент – C – OH	Тўйинган учламчи алифатик спиртлар, юқори симметрик иккиламчи спиртлар	Кучли	
211	1200	КТ	Валент – S =O	$ROSOOR$		
212	1200	ИҚ	-	Алкилкетонлар		
213	1200 – 1160	ИҚ		Сульфонатлар ва сульфатлар		
214	1060 – 1045	ИҚ	Валент S = O	Алкилсульфоокси длар	300	
215	1056 – 1038	ИҚ	Скелет. валент	Кетал ваи ацеталлар		
216	1050	ИҚ, КТ	Валент – C – OH	Икки тўйинган ривожланмаган ёки тўйинмаган иккиламчи спиртлар	Кучли	
217	1050 - 1035	ИҚ	-	Эпоксидлар		

218	1050 – 1030	ИҚ	Валент – P – O – C –	Фосфорли азот сақлаган бирикмаларни алкил эфирлари	Жуда кучли	
219	1046	ИҚ	- N= N -	Ароматик азобирикмалар	ИҚ да кучсиз	
220	1030	КТ	Валент – S = O	RSOR		
221	1028	ИҚ, КТ	Ҳалқани симм. тебраниши	Триметилен оксиди	КТ кучли	
222	1025 - 1017	ИҚ	Ҳалқа тебраниши	Алкилциклопропа нлар		
223	1000 – 950	ИҚ	Ҳалқа тебраниши	Алкилциклобутанл ар		
224	996	ИҚ	Деф. – C – D C =C-H да	тетрадейтерометан		
225	990	ИҚ	C–H да ясси бўлмаган.деф	RCH=CH ₂	30-50	910 да ҳам
226	980-971	ИҚ, КТ	Ҳалқанинг асимм. тебраниши	Триметилен оксиди	ИҚ да кучли	
227	980-965	ИҚ	C – H ни ясси бўлмаган деф – C=C – H	RCH=CHR'	100	
228	980-930	ИҚ	ClO ₃ ⁻	Хлорат иони	Кучли	
229	970	КТ	Ҳалқа тебраниши	Циклобутан	-	
230	958	ИҚ, КТ	Симм. халқа тебраниши	1,3,5-Триоксан	КТ да кучли	
231	940	ИҚ	Симм.валент C – O – C	Диметил эфир (буғ)		
232	935	ИҚ	– O – H да ясси бўл- маган	Карбон кислота димерлари	Кучсиз	
233	930	ИҚ, КТ	Валент C – C (?)	Учламчи бутил гуруҳи	Кучли КТ, кучсиз ИҚ	
234	930-910	ИҚ, КТ	ClO ₃ ⁻	Хлорат иони	Кучсиз	
235	918	КТ	Симм.валент C – O – C	Диметил эфир (буғ)		
236	917	ИҚ		Занжир охиридаги		840 да ҳам

				ёғ кислотасини эпокси гуруҳи ҳолати		шундай
237	913	ИҚ,КТ	Симм. ҳалқа тебраниши	Тетрагидрофуран	Кучли КТ	
238	910	ИҚ	Ҳалқа тебраниши	Алкилциклобутанлар	-	
239	910	ИҚ	-C – H ва – C ≡ C – H да ясси бўлмаган	RHC=CH ₂	100-150	990 да ҳам шундай
240	893	ИҚ		Эпокиси (транс)		
241	890	КТ	Ҳалқа тебраниши	Циклопентан		
242	885-870	ИҚ	Деф.С – Н	R'RC=CH ₂	100-150	
243	880	ИҚ, КТ	Валент – C – N –	Алифатик нитробирикмалар		
245	877	ИҚ, КТ	Валент . – O – O –	H ₂ O ₂ органик перексидлар	Кучли КТ, кучсиз ИК	Переоксид- ларни хамма сида эмас
246	870	ИҚ	Деф. С – Н	Бешта бириккан бензол ҳосиласи		
247	870-855	ИҚ	Деф.С – Н	1,2,4,5 – Тўртта бирик-кан бензол ҳосиласи		
248	860-715	ИҚ	Валент – Si – C –	Силанлар		
249	856-840	ИҚ	Асимм. Ҳалқа тебраниши	Этилен оксиди	ИҚ да кучли	
250	850 – 840	ИҚ	Деф. С – Н	1,2,3,5 – Тўртта бириккан бензол ҳосиласи		
251	850-830	ИҚ	Деф С – Н	1,3,5 – Учта бириккан бензол ҳосиласи		
252	849 844	ИҚ ИҚ	Валент – C – N – Валент – N – O	Ароматик нитробирик-ма Метилнитрит (цис), буғ		
253	840	ИҚ	-	Занжир охиридаги ёғ кислотасини эпокси гуруҳи ҳолати		917 да ҳам шундай

254	840-815	ИҚ	NO_3^-	Нитрит иони	Кучли	-
255	840-810	ИҚ	$\text{C} - \text{H}, \text{C} = \text{C} - \text{H}$ да ясси бўлмаган	$\text{R}'\text{RC}=\text{CHR}''$	-	-
256	840-800	ИҚ	Деф $\text{C} - \text{H}$	Олти аъзоли ҳалқада учламчи бириккан иккиламчи боғ	-	Иккита соҳа
257	838	ИҚ	Ясси $- \text{S} - \text{H}$	Тиоуксус кислота	-	-
258	835-795	ИҚ	Валент $\text{C} - \text{C}$	Изопропил ва учламчи бутил гуруҳи	Кучли КТ, кучсиз ИҚ	-
259	833	ИҚ	-	Эпоксид (цис)	-	-
260	833-810	ИҚ	Деф. $\text{C} - \text{H}$	1,4-Дибириккан бензола ҳосиласи	-	-
261	832	ИҚ	Ясси $- \text{S} - \text{H}$	Этилмеркаптан	-	-
262	825-805	ИҚ	Деф $\text{C} - \text{H}$	1,2,4 –учламчи бириккан бензола ҳосиласи	100	-
263	822	ИҚ	Ҳалқа тебраниши	Циклогексан	-	-
264	814	ИҚ	Валент $- \text{N} - \text{O}$	Метилнитрит (транс),буғ	-	-
265	813	КТ	NO_2	Нитрит иони	-	-
266	813	ИҚ,КТ	Симм Ҳалқа тебраниши	Тетрагидропиран	Кучли КТ	-
267	810-800	ИҚ, КТ	Деф . $\text{C} - \text{H}$	1,2,3,4 – Тетрабириккан бензола ҳосиласи	-	-
268	810-790	ИҚ	BrO_3^-	Бромат иони	-	-
269	802	КТ	Ҳалқа тебраниши	Циклогексан	-	-
270	802-790	ИҚ	Валент $- \text{O} - \text{N} = \text{O}$	$\text{RR}'\text{NC} - \text{O} - \text{N} = \text{O}$ (транс)	-	-
271	800-770	ИҚ	Деф $\text{C} - \text{H}$	1,3 – Дибириккан бензола ҳосиласи	-	710-690. да ҳам КТ йўқ
272	800-650	ИҚ	Деф. $\text{C} - \text{H}$	Олти аъзоли ҳалқада учламчи бириккан	50-150	-

				иккиламчи боғ		
273	785-730	ИҚ	IO_3^-	Иодат иони	-	-
274	783-775	ИҚ	Валент $-\text{O}-\text{N}=\text{O}$	$\text{RR}'\text{RC}''-\text{O}-\text{N}=\text{O}$ (транс)	-	Буғ
275	780-760	ИҚ	Деф $\text{C}-\text{H}$	1,2,3- Учламчи бириккан бензола ҳосиласи	-	745-705 да ҳам КТ намоён бўлмайди
276	780-710	ИҚ	$\text{CCl}_2-\text{CCl}_3$	Тўйинган бирикма	-	-
278	773	ИҚ	Валент $\text{C}-\text{Cl}$	CCl_4	-	-
279	764-751	ИҚ	Валент $-\text{O}-\text{N}=\text{O}$	$\text{RR}'\text{R}''\text{C}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$	-	Буғ
280	760-740	ИҚ	Деф. $\text{C}-\text{H}$	1,2- Дибириккан бензола ҳосиласи	100-500	КТ да намоён бўлмайди
281	751	ИҚ	Валент $-\text{P}=\text{S}$	Тиофосфонил хлорид	-	-
282	750	ИҚ	NO_2^-	Нитрит иони	-	-
283	750-650	ИҚ	Валент $-\text{P}-\text{C}-$	-	-	-
284	750-600	ИҚ	Валент $-\text{C}-\text{S}-\text{C}-$	Диалкил сульфидлар	-	-
285	747-737	ИҚ	Деф $\text{C}-\text{H}$	Монобириккан бензола ҳосиласи	100-300	701-694 да ҳам КТ намоён бўлмайди
286	745-705	ИҚ	Деф $\text{C}-\text{H}$	1,2,3- Учламчи бирик кан бензола ҳосиласи	-	780-760 да ҳам КТ намоён бўлмайди
287	742-716	КТ	Деф $\text{C}-\text{H}$	1,2,4- Учламчибирик кан бензола ҳосиласи	-	ИҚ да йўқ
288	736-711	КТ	Деф $\text{C}-\text{H}$	1,2 - Дибириккан бензола ҳосиласи	-	ИҚ да йўқ
289	733	КТ	Ҳалқа тебраниши	Циклогептан	-	
290	725-675	ИҚ	$\text{C}-\text{H}$, ва $\text{C}=\text{C}-\text{H}$ да яссимас деф.	$\text{RHC}=\text{CHR}'$ (цис)	-	
291	721-711	КТ	Деф $\text{C}-\text{H}$	1,3- Дибириккан	-	

				бензола ҳосиласи		
292	720	ИҚ	Мятникли CH ₂	- (CH ₂) _n (n > 4)	Ҳар бир CH ₂ гурухи учун 3 та	Қаттиқ ҳолатда спекТрда при n>5 да соҳа ўсади
293	712	ИҚ	Валент С – Cl	CHCl ₃	-	-
294	710-690	ИҚ	Валент – С – Н	1,3- Дибириккан бензола ҳосиласи	100	800-770 да хам; КТ йук
295	705-685	ИҚ,КТ	Деф - С – S –	CH ₃ – S –	-	
296	703	КТ	Ҳалқа тебраниши	ЦиклооКТан	-	
297	701-694	ИҚ	Деф С – Н	Монобириккан бензола ҳосиласи	100-200	747-737 да хам КТ намоён булмайд.
298	700-680	ИҚ	Деф С – Н	1,3,5 – Учламчи бириккан бензола ҳосиласи	100	850-830 да хам КТ
299	700-650	ИҚ	Валент. P = S	Органик тиофосфатлар	-	-
300	700-600	ИҚ,КТ	Валент С – S – Н	Меркаптанлар	Кучли КТ да , кучсиз ИК да	-
301	700-600	ИҚ	-	Ацетилацетонли металл комплекслари	-	-
302	689-680	ИҚ	Деф.О – N =O	RCH ₂ – O – N = O	-	Буғ
303	682-678	ИҚ	Деф.О – N =O	RR'CH – O – N = O	-	Буғ
304	680	ИҚ	Деф.О – N =O	RR'R''C – O – N = O	-	Буғ
305	680-600	ИҚ	СBr ₂ – СBr ₂	Тўйинган биикмалар	-	-
306	675	ИҚ	О – D да ясси деф.	R – COOD димер		КТ да йук
307	671	ИҚ	Деф.С – Н	Бензол	-	-
308	669	ИҚ	Валент. С – Br	CBr ₄	500	КТ да йук

309	660-630	ИҚ,КТ	Валент - C - S -	RCH ₂ - S -	-	-
310	656	ИҚ	Валент C - Cl	CH ₃ CH ₂ Cl	-	-
311	652-651	КТ	Деф. C - H	1,2,3- Дибириккан бензола ҳосиласи	-	ИК да йук
312	650-600	ИҚ,КТ	Деф . - C ≡ C - H	Монобириккан ацетилена ҳосиласи	Кучли	1260 да обертон
313	650-250	ИҚ	-	Бензол ҳосиласи	-	Бириккан гуруҳлар тавсифий
314	630-600	ИҚ,КТ	Валент - C - S -	RR'HC - S -	-	-
315	628-620	ИҚ	ClO ₄ ⁻	CH ₃ CH ₂ Cl	-	-
316	625-581	ИҚ	Деф . - O - N = O	RH ₂ C - O - N = O	-	Буғ
317	621-613	ИҚ	Деф . - O - N = O	RR'R''C - O - N = O	-	Буғ
318	620	КТ	Деф. C - H	Монобириккан ацетилена ҳосиласи	-	ИК да йўқ
319	617	ИҚ	Деф. - O - N = O	CH ₃ - O - N = O (цис)	-	Буғ
320	615	ИҚ	Валент. C - Cl	(CH ₃) ₂ HC - Cl	-	-
321	610	ИҚ,КТ	Деф . - C - NO ₂	Алифатик нитробирикмалар	Кучли	-
322	610-560	КТ	Деф . - O - NO ₂	Нитрат кислота эфирлари	-	Буғ
323	605-594	ИҚ	Деф. - O - N = O	RR'HC - O - N = O	-	-
324	600-570	ИҚ,КТ	Валент - C - S	RR'R''C - S -	-	-
325	594	ИҚ	Валент. C - Br	CH ₃ - Br	-	-
326	580	ИҚ,КТ	-	RHC = CHR (цис)	-	КТда шундай 413 ва 297
327	570	ИҚ	Валент. C - Cl	(CH ₃) ₃ C - Cl	-	-
328	570-554	КТ	Деф. C - H	1, 3, 5- Учламичи бириккан бензол ҳосиласи	-	ИҚ да йўқ
329	565	ИҚ	- O - N = O	CH ₃ - O - N = O (транс)	-	Буғ

330	550	ИҚ	-	$\text{RCH} = \text{CH}_2$	-	-
331	550-450	ИҚ, КТ	Валент · - S - S -	Алкилдисульфидлар	-	-
332	536	ИҚ	Валент. C - Br	$(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{Br}$	-	-
333	522	ИҚ	Валент. C - I	$\text{CH}_3 - \text{I}$	-	-
334	514	ИҚ	Валент. C - Br	$(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{Br}$	-	-
335	500	ИҚ	Валент. C - I	$\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{I}$	-	-
336	495	ИҚ	Валент. C - I	$(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{I}$	-	-
337	490	ИҚ	Валент. C - I	$(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{I}$	-	-
338	490	ИҚ		$\text{RHC} = \text{CHR}$ (транс)	-	-
339	490	КТ	-	$\text{RHC} = \text{CHR}$ (транс)	-	210 да ҳам
340	490-430	ИҚ	Валент · - S - S -	Алкилдисульфидлар	Кучсиз	-
341	435	КТ	-	$\text{RHC} = \text{CH}_2$	-	-
342	434	КТ	-	$\text{RRC} = \text{CH}_2$	-	394, 261 да ҳам
343	334-234	КТ	Деф. C - C	Н - Парафинли занжир	-	Заржир чўзилиши билан соҳа камаяди
344	332	КТ	-S -H да яссимас деф.	Меркаптан	-	-
345	319	ИҚ	Деф. S - Cl	CCl_4	-	-
346	183	ИҚ	Деф. S - Br	CBr_4	-	-

Турли гуруҳ атомларнинг ютилиш частоталарини тавсифий жадваллари

Жадвал -1

Алканлар

Гуруҳ	$\gamma, \text{см}^{-1}$	$\lambda, \text{мк}$	Жадаллик (ϵ^a)	Эслатма
—CH ₃	2975-2950	3,36- 3,39	Кучли (70)	ν_{asCH_3}
	2885-2860	3,47- 3,50	кучли (30)	ν_{sCH_3} ; $\nu - \text{OCH}_3$ 2830-2815 ($\epsilon \alpha= 35-75$); $\nu \text{N} - \text{CH}_3$ 2820-2730($\epsilon \alpha =15-21$)
	1470-1435 1385-1370	6,80-6,97 7,22-7,30	Ўр.жадал. (< 15) кучли (15)	δ_{asCH_3} δ_{sCH_3}
C(CH ₃) ₂	1385-1370 1370-1365	7,22-7,30 7,30-7,33	кучли кучли	δ_{sCH_3} Тахминан бир хил жадаликка эга бўлган нусха
	1175-1165 1170-1140	8,51-8,58 8,55-8,77	кучли (15) кучли	Скелетли тебраниш
	840-790	11,90-12,66	Ўр. жадал.	Худди шундай
C(CH ₃) ₃	1395-1385 1365	7,17- 7,22 7,33	Ўр. жадал. кучли	Нусха ; жадалик нисбати 1:2
	1255-1245 1250-1200	7,97-8,03 8,00-8,33	кучли кучли	Скелетли тебраниш
	2940-2915 2870-2845	3,40-3,45 3,49-3,52	кучли(75) кучли .(45)	Худди шундай ν_{asCH_2}
-CH ₂ -	1480-1440	6,76-6,94	Ўр. жадал. (8)	ν_{sCH_2}
-CH ₂ - циклопропанда -(CH ₂) <i>n</i> -	3080-3040 1020-1000	3,25-3,29 9,80-10,00	Ўр. жадал. Ўртача (20-80)	CH ₂ қайчили ν_{asCH_2} Скелетли (CH ₂) <i>n</i> нусха қаттиқ ҳолатда баъзида маятникли $n \geq 4$ бўлади
	1350-1180	7,40-8,48	кучсиз	Охирида узун ва кутубли гуруҳга эга бўлган бирикмалар(амидлар, кислоталар, эфирлар) қаттиқ ҳолатда характерли соҳани намоён қилади.
 —CH 	2900-2880 1340	3,45-3,47 7,46	кучсиз кучсиз	ν_{CH} , δ_{CH} амалда ишлатилмайди.

Алкенлар CH₂

Гурух	γ , см ⁻¹	λ , мк	Жадалик (ϵ^a)	Эслатма
а) CH тебраниши				
CHR=CH ₂	3095-3010	3,29-3,32	Ўр.(30)	$\nu_{as CH_2}$
	2975	3,37	Ўр.	$\nu_s CH_2$
	3040-3010	3,29-3,32	Ўр.	ν_{CH}
	1850-1800	5,41-5,56	Ўр. (30)	Обертон
	1420-1410	7,04-7,09	Ўр. (10-20)	δ_{CH_2} ясси
	1300-1290	7,69-7,75	Ўзг. жадаллик	δ_{CH} ясси
	995-985	10,05-10,15	Кучли (50)	δ_{CH_2} нотекис
	915-905	10,93-11,05	Кучли (110)	δ_{CH} нотекис
RR'C=CH ₂	3095-3075	3,23-3,25	Ўр.	ν_{CH_2}
	1800-1780	5,56-5,62	Ўр. (30)	Обертон
	1420-1410	7,04-7,09	Ўр. (10-20)	δ_{CH_2} ясси
	895-885	11,17-11,30	Кучли (100-150)	δ_{CH_2} нотекис
CHR=CHR' (цис)	3040-3010	3,29-3,32	Ўр.	ν_{CH}
	1420-1400	7,04-7,14	Ўр. (10-20)	δ_{CH} ясси
	730-665			
CHR=CHR' (транс)	3040-3010	13,70-15,04	Ўр. (40)	δ_{CH} нотекис
	1310-1290	3,29-3,32	Ўр.	ν_{CH}
	980-960	7,63-7,75	Кучсиз	δ_{CH} ясси
CRR'=CHR'	3040-3010	10,20-10,42	Кучли (100)	ν_{CH} нотекис
	850-790	3,29-3,32	Ўр.	ν_{CH}
		11,76-12,66	Кучли (40)	δ_{CH} нотекис
б) C=C тебраниши				
C=C	1680-1620	5,97-6,15	Аралаш.	
боғланмаган	1645-1640	6,80-6,10	Ўр. ин.	
CHR=CH ₂	1660-1640	6,02-6,10	(40)	
CRR'=CH ₂	1665-1635	6,01-6,12	Ўр. ин.	
CHR=CHR' цис	1675-1665	5,97-6,00	(35)	
CHR=CHR' тран	1675-1665	5,97-6,00	Ўр. ин.	
CRR'=CHR''	1690-1670	5,92-5,99	(10)	
CRR'=CR''R'	1650	6,06	Кучсиз.(2)	
”	1600	6,25	Аралаш. Кучсиз.	
	1650-1580	6,06-6,33		Кенг полоса
	~ 1625	~ 6,16		Юқориланган жадаллик ёки жадаллик
Полиенлар C=C фенил билан боғлан ган C=C, C=O билан боғланган	1660-1580	6,02-6,33	Кучли. Кучли.	Юқори жадаллик ёки жадаллик

Алкинлар ва алленлар

Гуруҳ	γ , см^{-1}	λ , мк	Жадаллик ϵ^a	Эслатма
RC=CH	3310-3300 2140-2100 700-600	3,2-3,3 4,7-4,6 14,9-16,37	кучли.(100) кучсиз.(5)	ν CH ν C=C
RC=CR'	2260-2190	4,3-4,7	кучсиз(1)	ν C=C ; Юқори симметрияда кўринмайди Ацетиленли бирикма ҳам 1750 ва 1300-1200 см^{-1} шундай полосага эга Охирги ҳолатда ва электроноакцептор гуруҳга бирикканда парчаланаяди
C=C=C	1970-1950 1060 850	5,08-5,13 9,43 11,76	ўртача ўртача ўртача	шундай полосага эга Охирги ҳолатда ва электроноакцептор гуруҳга бирикканда парчаланаяди δ_{CH} ; фақат охирги ҳолатда ҳосил бўлады

Жадвал-4

Ароматик бирикмалар

Гуруҳ	γ , см^{-1}	λ , мк	Жадаллик(ϵ^a)	Эслатма
а) Ароматик ҳалқани тебраниши				
	1625-1575 1525-1475 1590-1575	6,16-6,35 6,56-6,78 6,29-6,38	ўзгарувчан ўзгарувчан ўзгарувчан	Одатда 1600 яқин Одатда 1500 яқин Боғланган система учун чизик жадал
	1465-1440	6,38-6,94	ўзгарувчан	
б) Валент тебраниш CH				
	3080-3030	3,25-3,30	Ўртача(<60)	Одатда бер нечта чизик
в) Ясси деформацион тебраниш CH				
Моноалмашинган	1175-1125	8,51-8,89	Кучсиз	1,3,5 – бирикмаларда иштирок этмайди
1,3-, 1,2,3- ва 1,3,5-алмашинган	1110-1070 1070-1000	9,01-9,35 9,35-10,00	Кучсиз Кучсиз	
1,2-, 1,4-, ва 1,2,4-алмашинган	1225-1175 1125-1090	8,17-8,51 8,89-9,17	Кучсиз Кучсиз	
1,2-, 1,2,3-ва 1,2,4-алмашинган	1070-1000 1000-960	9,35-10,00 10,00-10,42	Кучсиз Кучсиз	Иккита соҳа
г) Нотекис деформацион тебраниш CH				
Моноалмашинган	770-730	12,99-13,70	кучли	
	710-690	14,08-14,49	кучли	
1,2-алмашинган	770-735	12,99-13,61	кучли	

1,3-алмашинган	900-860 810-750 725-680	11,11-11,63 12,35-13,33 13,74-14,71	ўртача кучли ўртача	
1,4- и 1,2,3,4- алмашинган	860-800	11,63-12,50	кучли	
1,2,3- алмашинган	800-700	12,50-12,99	кучли	
1,2,4- алмашинган	720-685	13,89-14,60	ўртача	
1,3,5- алмашинган	860-800	11,63-12,50	кучли	
1,2,3,5 -1,2,4,5- ва	900-860	11,11-11,63	ўртача	
1,2,3,4,5- алмашинган	865-810 730-675 900-860	11,56-12,35 13,70-14,81 11,11-11,63	кучли кучли ўртача	

Эслатма. 2000-1600 см^{-1} соҳада барча ароматик бирикмалар кучсиз гуруҳ чизикқа эга (обертон ва составленные частоты), сони ва ҳолати бензўл ҳалқасига боғланганлик билан тавсифланади.

Жадвал-5

Спиртлар ва феноллар

	γ , см^{-1}	λ , мк	Жадаллик (ϵ α)	Эслатма
а) Валент тебраниш ОН				
Молекулалар аро эркин ОН гуруҳ	3670-3850	2,73-2,79	Ўзг. (30-100)	Қисқа соҳа
Молекулалараро водород боғланиш: Димерлар	3550-3450	2,82-2,90	ўзгарувчан	Қисқа соҳа. Эритмани суюлтириш билан жадалик камаяди
Полиассоциатлар	3400-3200	2,94-3,13	кучли	
Ичкимолукулали водород боғланиш	3590-3420	2,79-2,92	ўзг.(50-100)	Кенг соҳа. Жадалик эритмага сув қўшиш билан камаяди
Хелатлар	3200-2500	3,13-4,00	кучсиз	Қисқа соҳа. Жадаллик эритма суюлтирилганда хам ўзгармайди. Кенг соҳа. Жадаллик эритма суюлтирилганда хам ўзгармайди.
б) С-О-Н гуруҳи билан боғланган тебраниш				
Бирламчи спиртлар	1075-1000 1350-1260	9,30-10,0 7,40-9,71	кучли (60-200) кучли	Кенг
Иккиламчи спиртлар	1125-1030 1350-1260	8,93-9,71 7,41-7,94	кучли кучли	>>
Учламчи спиртлар	1170-1100	8,55-9,09	кучли	

Феноллар	1410-1310	7,09-7,63	кучли	>>
	1230-1140	8,13-8,77	кучли	
	1410-1310	7,09-7,63	кучли	

Жадвал-6

Оддий эфирлар

Грух	γ , см ⁻¹	λ , мк	Жадаллик (ϵ α)	Эслатма
Алифатик: а) –С-О-С- С I	1150-1060	8,70-9,43	кучли (>200)	транс-бирирма учун цис- бирирма учун Гуруҳ 4 ёки 5соҳада
б)С- С – О I С	920-800	10,87-12,50	кучли (>200)	
Ароматик винилли =С=О-С	1270-1230 1075-1020	7,87-8,13 9,30-9,80	кучли (>200) кучли	
Циклик эфирлар: а)эпоксибирирма	1260-1240 950-860	7,94-8,07 10,53-11,63	кучли (>200) ўзгарувчан	
б) Катта ҳалқали эфирлар	865-750	11,56-13,32	кучли	
Кетал, ацетал С-О-С-О-С	1140-1070	8,77-9,35	кучли (>200)	
Переоксидлар А) алифатик Б) ароматик	1200-1040	8,34-9,62	жуда.кучсиз кучсиз	

Жадвал-7

Кетонлар

Грух	γ , см ⁻¹	λ , мк	Жадаллик (ϵ α)	Эслатма
а) Карбонил груҳи тебраниши				
Алифатик -H ₂ C-CO-CH ₂ -	1725-1700	5,80-5,88	к. (300-600)	С=С боғни жадал лиги 1650-1600 см ⁻¹ соҳада юқори
α - , β –тўйинмаган С=C- СО	1695-1660	5,90-6,02	кучли	
α - , β -, α -', β '- тўйинмаган С=C-СО- С=C	1670-1660	5,99-6,02 5,83-5,88	кучли кучли	
Циклогептанонлар	1715-1700	5,81-5,83	кучли	
Циклогексанонлар	1720-1700	5,71-5,75	кучли	
Циклопентанонлар	1750-1740	5,62-5,68	кучли	

Циклобутанонлар	1780-1760	5,88-5,95	кучли	циклик кетонларда фақат экваториал галоген аралашу чакиради ν_{OH} 3200-2700 cm^{-1} да кенгсоҳага эга Баъзида дублет ν_{OH} ёки ν_{NH} боғланишларда соҳани намоён қилади ν_{OH} да ёки ν_{NH} , водород боғда соҳа мавжуд
Арилалкилкетон	1700-1680	5,99-6,02	кучли	
Диарилкетонлар	1670-1660	5,72-5,80	кучли	
α -Галогенбириккан СХ-СО	1745-1725			
α, α' – Дигалогенбириккан СХ- СО-СХ	1765-1745	5,67-5,72	кучли	
α – Дикетонлар -СО-СО	1730-1710	5,78-5,85	кучли	
β - Дикетонлар СО-СН ₂ -СО а)енол форма	1640-1535	6,10-6,52	кучли	
б) кетон форма –СО- С=C-ОН (ёки NH ₂)	~1720 1640-1535	~5,81 6,10-6,52	кучли кучли	
-СО-С=C-OR -СО-С ₆ H ₄ -ОН (орто) (ёки NH ₂)	~1640	~6,10	кучли	
-СО-СН ₂ -СН ₂ -СО –СО- СН ₂ -О-СО- Хинонлар: а)бирта ҳалқада иккита СО гуруҳи б)хар хил ҳалқада СО гуруҳи Трополонлар	1725-1705 1745-1725 1690-1655 1690-1655 1655-1635 1620-1600	5,80-5,87 5,73-5,80 5,92-6,04 5,92-6,04 6,04-6,12 6,17-6,25	кучли кучли кучли кучли кучли кучли	
б) Бошқа тебранишлар				
СН ₃ СО -СН ₂ -СО	1360-1355 1435-1405	7,35-7,38 6,97-7,12	Кучли Кучли	δ_{CH_3} δ_{CH_2}
Диалкилкетонлар Арилалкилкетонлар	1325-1215 1225-1075 3550-3200	7,55-8,23 8,17-9,30 2,82-3,13	ўртача ўртача кучсиз	Обертон $\nu_{C=O}$

Альдегидлар

	γ , см ⁻¹	λ , мк	Жадаллик (ϵ χ)	Эслатма
а) Карбонил гуруҳи тебраниши				
Тўйинган алифатик -CH ₂ -CHO	1740-1720 1705-1685 1680-1660	5,75-5,81 5,78-5,93 5,95-6,02	Кучли кучли кучли	V он соҳада ички молекуляр водород боғланиш мавжуд
α , β - тўйинмаган C=C-C=C-CHO	1715-1695	5,83-5,90	кучли	
Ароматик ArCHO-	1670-1645	5,99-6,08	кучли	
C(OH)=C-CHO				
б) Бошқа тебранишлар				
CHO	2880-2650	3,47-3,77	кучсиз ёки ўрт	иккита соҳа мавжуд бўлиши мумкин: V он ва обертон ёки дон асосий частота
Алифатик альдегидлар	975-780 1440-1325	10,26-12,82 6,94-7,55	кучсиз кучсиз	
Ароматик альдегидлар	1415-1530 1320-1260 1230-1160	7,07-7,41 7,58-7,94 8,13-8,62	ўртача ўртача ўртача	

Карбон кислоталар

	γ , см ⁻¹	λ , мк	Жадаллик (ϵ $^{\alpha}$)	Эслатма
а) Карбонил гуруҳини тебраниши				
Тўйинган алифатик кислоталар -CH ₂ -COOH	~1760 1725-1700	~5,68	кучли(~1500)	
Мономер Димер α , β - тўйинмаган кислоталар		5,80-5,88	кучли	
C=C-COOH		~5,81 5,83-5,95	кучли кучли	
Мономер Димер	~1720 1715-1680	~5,81 5,83-5,95	кучли кучли	
Ароматик кислоталар ArCOOH				
Мономер Димер	~1720 1700-1680	~5,81 5,88-5,95	кучли кучли	
Кислоталар ички	1680-1650	5,95-6,06	кучли	

молекуляр водородли боғланишли α - Галогенли кислоталар -CHX-COON	1740-1715	5,83-5,83	кучли	
б) ОН- гуруҳини тебраниши				
Эркин ОН гуруҳи	3550-3500	2,82-2,86	ўр.	ν_{OH}
Боғланган ОН гуруҳ	3300-2500	3,00-4,00	Кучсиз .	кенг соҳа, соҳалар гуруҳи бўлиши мумкин
ОН ни хохлаган гуруҳи	955-890	10,47-11,24	Ўзгарувчан жадаллик	Кенг соҳалар ОН нинг яссимас дефор-мацион тебраниш
в) Бошқа тебраниш				
Қаттиқ ёғ кислоталар – COON	1350-1180	7,40-8,48	кучсиз	CH ₂ нинг тебраниши Соҳа гуруҳи. Соҳа сони углерод занжир узунлиги тўғрисида маълумот беради.
	1440-1395 1320-1210	6,94-7,17 7,58-8,26	кучсиз кучли	Частоталар таркиби
г) Кислота тузлари				
-COO-	1610-1550 1420-1300	6,21-6,45 7,04-7,69	кучли ўртача	Асимм. валент.тебраниш Симм.валент.т еб

Жадвал-10

Мураккаб эфирлар ва лактонлар

Гуруҳ	γ , см ⁻¹	λ , мк	Жадаллик (ϵ^a)	Эслатма
а) Карбонил гуруҳлар тебраниши				
Тўйинган алифатик эфирлар -CH ₂ -COOR	1750-1735	5,71-5,76	кучли (500-1000)	
α , β – Тўйинмаган – C=C-COO- Ароматик Ar – COO-	1730-1715	5,78-5,83	кучли	

Винилли эфирлари ва фенолларни эфирлари	1800-1770	5,56-5,65	кучли	$\nu_{C=C}$ 1690-1650 см ⁻¹ да кучли соҳа мавжуд
α - Кетоэфирлар ва α – диэфирлар $\sim\beta$ – Кетоэфинлар: Кетонли форма	1755-1740 ~ 1735	5,70-5,75 ~5,76	кучли кучли	 ~1750 см ⁻¹ да β – Кетонли $\nu_{C=O}$
Енолли форма	1655-1365	6,04—6,12	кучли	1630 см ⁻¹ да C=C кенг, жуда кучли соҳаси
γ - ва кейинги кетоэфирлар ва диэфирлар	1750-1735	5,71-5,76	кучли	
о – Окси ёки о- аминоароматик мураккаб эфирлар	1690-1670	5,92-5,99	кучли	ОН (ёки NH ₂) хелат соҳаси мавжуд
β – Лактонлар	~1825	~5,48	кучли	
γ - Лактонлар, тўйинган	1780-1760	5,62-5,68	кучли	
γ - Лактонлар, α , β – тўйинмаган	1760-1740	5,68-5,75	кучли	Соҳа ёйилган бўлиши мумкин
γ - Лактонлар, β , γ – тўйинмаган	1805-1785	5,54-5,60		
δ - Лактонлар, тўйинган	1750-1735	5,71-5,76	кучли	
δ - Лактонлар, α , β - тўйинмаган	~1720	~5,81	кучли	
δ - Лактонлар, γ , δ - тўйинмаган	~1760	~5,68	кучли	
α - Галоген				10 – 40 см ⁻¹ га карбонил гуруҳлар частотаси барча эфирларда кўтарилиши рўй беради.
б) C-O боғи иштирокидаги тебранишлар				
Формиатлар HCOOR	1200-1180	8,33-8,48	кучли	
Ацетатлар CH ₃ COOR	1250-1230	8,00-8,13	кучли	
Феноллар ацетатлари ва винил спиртлар	1220-1200	8,20-8,33	кучли	
Пропионатлар ва юқори эфирлар	1200-1170	8,33-8,55	кучли	

Эфирлар: α , β - тўйинмаган алифатик кислоталар	1310-1250 1180-1130	7,63-8,00 8,48-8,85	кучли кучли	
ароматик кислоталар	1300-1250 1150-1100	7,69-8,00 8,70-9,09	кучли кучли	

Жадвал-11

Кислота ангидридлари, галогенангидридлар ва перексидлар

	ν , см^{-1}	λ , $\mu\text{к}$	Жадаллик ϵ^α	Эслатма
а) Карбонил гуруҳи тебраниши				
Тўйинган ациклик ангидридлар	1840-1800 1780-1740	5,44-5,76 5,62-5,75	кучли кучли	
Боғланган ациклик ангидридлар	1820-1780 1760-1720	5,50-5,62 5,68-5,81	кучли кучли	
Беш аъзоли ҳалқали тўйинган ангидридлар	1870-1830 1800-1760	5,35-5,46 5,56-5,68	кучли кучли	
Беш аъзоли ҳалқали боғланган ангидридлар	1850-1810 1795-1740	5,41-5,53 5,57-5,75	кучли кучли	
Олти аъзоли ҳалқали тўйинган ангидридлар	~1800 ~1750	~5,56 ~5,71	кучли кучли	} $\Delta\nu = 50-70$ см^{-1}
Олти аъзоли ҳалқали α , β тўйинмаган ангидридлар	~1780 ~1735	~5,62 ~5,77	кучли кучли	} $\Delta\nu = 45 \text{ см}^{-1}$ да эндод боғи ва $\Delta\nu = 75 \text{ см}^{-1}$ да экзод боғи
Тўйинган кислоталарнинг галогенангидридлари	1815-1785	5,51-5,60	кучли	
Тўйинмаган кислоталарнинг галогенангидридлари	1800-1770	5,56-5,65	кучли	
Ёғ қатори перооксидлари	1820-1810	5,50-5,53	кучли	
R-CO-O-O-CO-R	1800-1780	5,56-5,62	кучли	
Ароматик қатор перексидлари ArCOOOCOAr	1805-1780 1785-1755	5,54-5,62 5,60-5,70	кучли кучли	
б) Бошқа тебранишлар				
Ациклик ангидридлар	1175-1045	8,51-9,57	кучли	
Ҳалқали ангидридлар	1130-1210	7,63-8,26	кучли	
Перексидлар	890-830	11,24-12,05	кучсиз	

Кислота амидлари

	γ , см^{-1}	λ , $\mu\text{м}$	Жадаллик ϵ^a	Эслатма
а) NH- валент тебраниши				
Эркин NH_2	3540-3480	2,83-2,88	кучли	
гуруҳини бирламчи амидлари	3420-3380	2,92-2,96	кучли	
Боғланган NH_2 гуруҳи	3360-3320	2,97-3,01	ўртача	
	3220-3180	3,11-3,15	ўртача	
Эркин NH (цис) ли иккиламчи амидлар	3440-3420	2,91-2,93	кучли	
Эркин NH (транс) ли боғланган NH (цис)	3460-3440	2,89-2,91	кучли	
боғланган NH (транс)	3180-3140	3,15-3,19	ўртача	
Боғланган NH (цис ва транс)	3330-3270	3,00-3,06	ўртача	
	3100-3070	3,23-3,26	кучсиз	
б) «Амид I» соҳа (C=O ютилиши соҳаси)				
Бирламчи амидлар: қаттиқ	~ 1650	~6,06	кучли	
суюлтирилган эритмалар	~1690	~5,92	кучли	
Иккиламчи амидлар: қаттиқ	1680-1630	5,95-6,14	кучли	
суюлтирилган эритмалар	1700-1665	5,88-6,01	кучли	
Учламчи амидлар: (қаттиқ ва суюлтирилган эритмалар)	1670-1630	5,99-6,14	кучли	
Моноҳалқали β - Лактанлар	1760-1730	5,68-5,78	кучли	Суюлтирилган эритмалар учун
Конденсирланган ҳалқали β - Лактанлар	1780-1770	5,62-5,65	кучли	Суюлтирилган эритмалар учун
Моноҳалқали γ -Лактанлар	~ 1700	~5,88	кучли	
Конденсирланган				

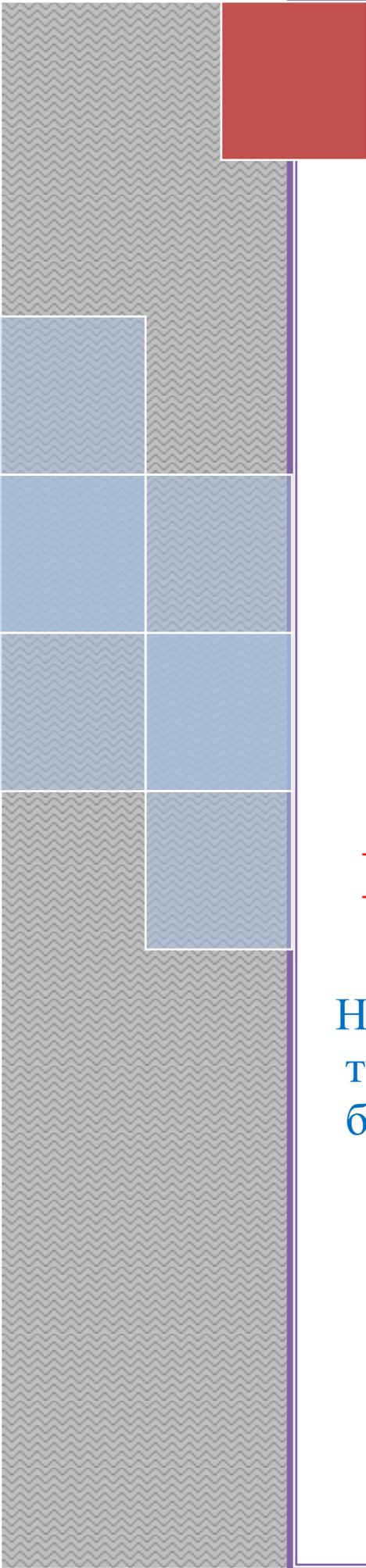
ҳалқали γ - Лактанлар	1750-1700	5,71-5,88	кучли	Суюлтирилган эритмалар учун
Катта ҳалқали лактанлар	~1680	~5,95	кучли	
Мочевина ҳосилалари: -NH-CO-NH- -CO-NH-CO	1660 1790-1720 1710-1670	6,02 5,59-5,81 5,85-5,99	кучли кучли кучли	
Уретанлар	1735-1700	5,76-5,88	кучли	
Карболатлар	1710-1690	5,85-5,92	кучли	
в) «Амид II» соҳа (NH- деформацион тебраниши ва C-N- тебраниши)				
Бирламчи амидлар: каттик суюлтирилган эритмалар	1650-1620 1620-1590	6,06-6,17 6,17-6,31	кучли кучли	
Иккиламчи амидлар: каттик суюлтирилган эритмалар	1570-1515 1550-1510	6,37-6,60 6,45-6,02	кучли кучли	
г) Бошқа соҳалар				
Бирламчи амидлар Иккиламчи амидлар	1420-1400 1305-1200 770-620 630-530	7,04-7,14 7,67-8,33 13,60-16,13 15,87-18,87	ўртача ўртача ўртача кучли	«Амид III» соҳаси

Жадвал-13

Аминлар, иминлар ва уларнинг тузи

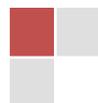
	γ, см ⁻¹	λ, мк	Жадаллик ε ^α	Эслатма
а) Валент тебраниши				
Бирламчи аминлар	3500-3300	2,83-3,03	RNH ₂ ε~30 да кучсиз ArNH ₂ да кучсиз	ν _{as} ва ν _{SNH₂} иккита соҳа
Иккиламчи аминлар	3500-3300	2,86-3,03	RNHR; ε~ 30-40 да кучсиз	Битта соҳа Битта соҳа
Иминлар C=NH	3400-3200	2,94-3,13	ArNHR ўзгарувчан	1690-1640 см ⁻¹ да ν _{C=N} кузатилади.
Ассоцияланган NH гуруҳи	3400-3100	2,94-3,23	ўртача	
б) NH нинг деформацион тебраниши				

Бирламчи аминлар	1650-1550 900-650	6,06-6,33 11,2-15,4	ўртача, кучли ўртача	Ясси деформацион тебраниш Кенг соҳа. Нотекис деформацион тебраниш Ясси деформацион тебраниш юқори частота томонга силжийди
Иккиламчи аминлар	1650-1550	6,06-6,45	кучсиз	
в) Бошқа тебранишлар				
Алифатик аминлар Ароматик аминлар:	1220-1020	8,20-9,80	кучсиз, ўртача	
Бирламчи	1340-1250	7,46-8,00	кучли	
Иккиламчи	1350-1280	7,41-7,81	кучли	
Учламчи	1360-1310	7,35-7,63	кучли	
CH ₃ N	2820-2760	3,55-3,62	ўзгарувчан	v сн
г) Аминларнинг тузлари				
+ -NH ₃ : Қаттик	3350-3150	2,99-3,18	ўртача	Валент. NH ₃ ⁺ Кенг соҳа
Эритмалар	~3380 ~3280 ~1600 ~1300 ~ 800	~2,96 ~3,05 ~6,25 ~7,69 ~12,50	ўртача ўртача ўртача ўртача кучсиз	Валент. NH ₃ ⁺ Асимм. деф. NH ₃ ⁺ Симм. Деф. NH ₃ ⁺ Маятниксимон NH ₂ ⁺
-NH ₂ ⁺	2700-2250	3,70-4,44	кучли	Валент. NH ₂ ⁺ кенг соҳа ёки, қиска соҳали гуруҳ
	1620-1560 ~800	6,17-6,41 ~12,50	ўртача кучсиз	Деф. NH ₂ ⁺ Маятниксимон NH ₂ ⁺
-NH ₂ ⁺	2700-2250	3,70-4,44	ўртача	кенг соҳа ёки, қиска соҳали гуруҳ
+ C=NH	2500-2325	4,00-4,30	кучли	кенг соҳа ёки, қиска соҳали гуруҳ
	2200-1800	4,45-5,56	ўртача	Бир ёки бир неча соҳа.
C I ⁺ C-N-C I C	~1680	~5,95	ўртача	v C=N ⁺ Тавсифий соҳага эга эмас.



Мустақил таълим машғулотлари

Назорат саволлари,
тушунтиришлар,
бошқа маълумотлар



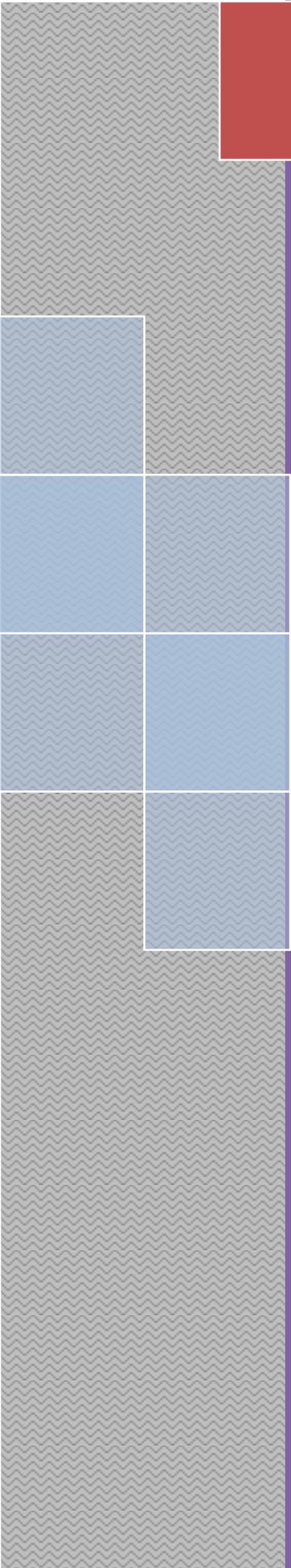
Назорат саволлари

1. Физик-кимёвий таҳлилнинг асосий тушунчалар нималардан иборат?
2. Физик-кимёвий таҳлил усулларининг неча хили мавжуд?
3. Физик-кимёвий таҳлили қандай афзалликларга эга?
4. Ёруғликнинг қандай ютилиш қонуниятлари ва ютилиш спектрларини биласиз?
5. Спектрал ва бошқа оптик усуллар ҳақида тушунча беринг?
6. Нефт ва газ маҳсулотларини таҳлил қилишда ҳозирги вақтда физик-кимёвий таҳлил усуллардан оптик усулларини тавсифланг?
7. Жадаллик деганда нимани тушунаси?
8. Электромагнит спектр нима?
9. Чиқариш спектрлари орқали моддаларни тузилиши қандай аниқланади?
10. Ютилиш спектрлари нима?
11. Фотоколориметрик таҳлил усулининг моҳияти нималардан иборат у қайси соҳаларда ишлатилади?
12. Бугер- Ламберг- Бер қонуни ва уни қўллаш шарти нимадан иборат?
13. Фотоколориметрияда рангли эритмалар олиш учун реакцияларнинг қандай турларидан фойдаланилади?
14. Синишнинг моляр коэффицентини физик маъносини тушунтиринг?
15. Фотометрияда қандай эритмалар стандарт дейилади?
16. Фотоэлементнинг вазифаси нимадан иборат?
17. Ўтказиш коэффицентини ва оптик зичлик деб нимага айтилади?
18. Даражаланган графикнинг моҳияти нимадан иборат?
19. Абсорбцион таҳлил усуллари (колориметрик, фотоколориметрик, спектрофотометрик) нимага асосланган?
20. Ютилиш спектридаги максимумнинг баландлиги нима билан тавсифланади?
20. Ультрабинафша спектроскопия ҳақида тушунча беринг?
21. Органик бирикмаларни тузилиши ультрабинафша спектроскопия ёрдамида қандай аниқланади?
22. Ультрабинафша спектроскопияда электрон ўтишларни тушунтиринг?
23. Кўп атомли органик бирикмаланинг спектрлари ҳақида изоҳ беринг?.
24. Цис-транс изомерларни фарқ қилинишда УФ-спектрлаш ёрдам берадими?
25. Электрон спектроскопияда жами ўтишлар нечта гуруҳга ажратилади?
26. Маълум ва номаълум моддаларнинг УФ-спектрини бир хил шароитда олиб айна моддаларнинг бир хил ёки бир хил эмаслиги исботлаш мумкинми?
27. УФ-спектроскопиядан фойдаланиб молекулани айланма ва тебранма, қўзгалган ҳолатга ўтказиш учун қилиш керак?
28. УФ-спектроскопиядан фойдаланиб, диалмашинган бензол ҳосилаларидаги ўринбосарларнинг жонланиш тартибини қандай аниқланади?
29. УФ-спектроскопиядан фойдаланиб синглет ва триплет ўтишлар ҳақида тушунча беринг?
30. Молекулаларнинг тебранишлари ҳақида тушунча беринг?
31. Молекуладаги энергиянинг айланма, тебранма ва электрон поғоналари ҳақида тушунча беринг?

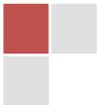
32. Валант тебраниш нимани англатади?
33. ИҚ спектроскопиядан фойдаланиб қандай моддаларнинг сифат ва миқдори ўрганилади?
34. Склет тебраниш нима?
35. Турли тип боғлари бўлган изомерларни ИҚ спектроскопия усулида қандай топилади?
36. Ароматик бирикмаларнинг тавсифий частоталар соҳаси қандай?
37. Инфрақизил спектроскопчўққи усулда органик моддаларнинг тузилиши қандай ўрганилади?
38. Инфрақизил спектрда боғларнинг ютилиш максимумини қандай кузатилади?
39. Инфрақизил спектроскопияда қайтар органик реакцияларни сифат ва миқдорий жиҳатдан қандай ўрганилади?
40. Молекуланинг коfigurationия ва конформациясини ИҚ спектридан фойдаланиб қандай ўрганилади?
41. ИҚ-спектрлардан фойдаланиб циклогексаннинг конформацияси аниқлансин?
42. Номмаълум модданинг ИҚ спектрини маълум модда спектри билан таққослаб, уларнинг бир хиллигини исботланг?
43. Турли тип боғлари бўлган изомерлари ИҚ спектроскопиядан фойдаланиб қандай аниқлаш мумкин?
44. ИҚ спектроскопиядан орқали, органик моддалар молекулаларининг конфигурацияси ва конформацияси тўғрисида хулоса чиқаринг?
45. $3500-3650\text{ см}^{-1}$ қайси гуруҳнинг ютилиш максимумида кузатилади?
46. Ядро магнит резонанси (ЯМР) ҳақида тушунча беринг?
47. Ядро магнит резонанси усулида радиотўлқинлар қандай берилади?
48. Ядро магнит резонансини катталиклардаги тавсифи қандай?
49. Ядро спинларида магнит майдоннинг жойлашуви қандай?
50. Моддаларни ЯМР спектрини қандай ҳолатда олиш мумкин?
51. Ядро спинининг магнит майдонида жойлашуви қандай?
52. Магнит майдонида ядролар энергетик поғоналарнинг ажралиши кўрсатинг?
53. ЯМР-спектр қандай катталиклар билан тавсифланади?
54. Сигналлар сони нимани билдиради?
55. Сигналлар жадалликлиги қандай тавсифланади?
56. ЯМР спектроскопиясида сигналларнинг ўрнини тушунтиринг?
57. ЯМР спектроскопиясида кимёвий силжиш қандай юзага келади?
58. Протонларнинг кимёвий силжиши ҳақида тушунча беринг?
59. ЯМР спектроскопияда локал майдон қандай тушунтирилади?
60. Ташқи майдон (H_0) таъсирида электр майдони қандай ҳосил бўлади?
61. Мультиплет назариясини асослаб беринг?
62. Нефтни тузилишини ўрганишда ЯМР спектроскопияси қандай аҳамиятга эга?
63. Спин спинларни таъсирини изоҳланг?
64. ЯМР спектроскопияда интегратор нима учун ўрнатилади?
65. Спектрнинг ажралиб кетиши деганда нима тушунилади?
66. Майдонинг кучайиши қачон юзага келади?
67. Протон сигналининг жойлашишини функционал гуруҳларга боғлиқ-лигини изоҳланг?

68. Масс-спектрометрия таҳлил қилиш усулини вазифаси нимадан иборат?
69. Масс-спектрометрияда ион ва катионлар қандай ҳосил бўлади?
70. Масс-спектрометрияда модда нима учун бомбардимон қилинади?
71. Масс-спектрометрияда боғларнинг узилиши қандай?
72. Масс-спектрда кўпинча массаси каср сонга тенг бўлган ионлар кузатилади нима сабабдан шундай қилинади?
73. Фотонларнинг пойдо бўлиши қандай содир бўлади?
74. Ионларнинг ҳосил бўлишини тушунтиринг?
75. Масс-спектрометрияда парчаланиш турлари ҳақида нима биласиз?
76. Парчаланишга таъсир этувчи омиллар нималардан иборат?
77. Фрагментланиш жараёни қандай боради?
78. Гетеролитик парчаланиш содир бўлишини изоҳланг?
79. Гомолик тарзда парчаланиш қачон содир бўлиши мумкин?
80. Қачон α -парчаланиш дейилади?
81. Органик моддаларнинг масс-спектри ҳақида тушунча беринг?
82. Тармоқланган занжирли алканларнинг масс-спектрлари қандай бўлади?.
83. Спиртлар, алдегид ва кетонларнинг парчаланишини изоҳланг?
84. Феноллар ва ароматик аминларнинг масс-спектрлари қандай бўлади.?
85. Бензол масс-спектрининг қандай хусусиятларини биласиз?
86. Тармоқланган занжирли алканлар учун қандай қонуниятларни биласиз?
87. Масс-спектроскопиядан фойдаланиш имкониятлари ҳақида тушун-тириб беринг.
88. Хроматографик таҳлил усули нимага асосланган?
89. Хроматография усули қандай аломатларига қараб классификация қилинади?
90. Хроматографик таҳлил усули қаерда қўлланилади?
91. Юзага чиқариш ва сиқиб чиқариш хроматографиясини айтиб беринг.
92. Адсорбцион хроматография усулида сифат ва миқдорий таҳлиллар ўтказиш учун қандай параметрларни аниқлаш керак?
93. Газ ва газсуюқлик хроматографияларининг моҳияти нимада?
94. Газ хроматографиясининг қандай турларини биласиз?
95. Адсорбцион, газ ва газ- суюқлик хроматографиясининг афзаллик-лари, камчиликлари ва қўлланиш соҳаларини айтиб беринг.
96. Газ ва газ-суюқлик хроматографиясида компонентларнинг миқдори-ни аниқлашда асосий ўлчаш усулларини келтиринг.
97. Хроматографияда кўпроқ қўлланиладиган адсорбентлар ва эритувчиларни айтиб беринг.
98. Тақсимланиш хроматографиясининг асоси нимадан иборат ва қандай вариантларда олиб борилади?
99. Тақсимланиш хроматографиясида сифат ва миқдорий таҳлил усули нимага асосланган?
100. Газ-суюқлик хроматографиясида ишлатиладиган асбобининг принципиал схемасини чизинг.
101. Колонкали хроматография билан қоғоздаги хроматография орасида қандай фарқ бор?
102. Чўктириш хроматографиясининг моҳиятини тушунтириб беринг.

103. Юқори самарали суюқлик хроматографиясини вазифаси ва газ-суюқлик хроматографиясидан афзаллик тарафлари қандай?
104. Юзлатилган фазали суюқлик хроматографиясини нормал фазали хроматографиядан қандай фарқи ва афзаллиги бор?
105. Юқори самарали суюқлик хроматографиясида қандай колонкалар ишлатилади ва уларнинг улчамлари қандай?
106. Юқори самарали суюқлик хроматографиясида нечанчи йилдан ривожланган?
107. Юқори самарали суюқлик хроматографияси детектори қанча миқдордаги моддани аниқлай олади?
108. Нормал фаза деб қандай фазага айтилади?
109. Юзланган фаза деб қандай фазага айтилади?
110. Суюқлик хроматографиясини принципиал схемаси нечта бўлақдан иборат?
111. Хроматографияда детектор нима вазифани бажаради?
112. Юқори самарали хроматография қандай ишлайди?
113. Фронтал усул қандай усул?
114. Ковачнинг тутилиб туриш индексидан қачон фойдаланилади?
115. Нормаллаш усули тўғрисида тушунча беринг?
116. Даражалаш графиги қандай чизилади?
117. Мутлақ даражалаш усули моҳияти нимадан иборат?
118. Суюқлик-адсорбцион хроматографик таҳлил усули ҳақида тушунча беринг?
119. Хроматограмманинг қандай ўлчамларини биласиз?
120. Хроматографик ажратишнинг самарадорлиги нимадан иборат?
121. Қандай адсорбентларни биласиз?
122. Хроматографик таҳлилда адсорбентлар қандай класификацияланади?
123. Полимер сорбентлар ҳақида маълумот беринг?
124. Хроматографияда ишлатиладиган колонкалар ва уларнинг турлари ҳақида тушунча беринг?
125. Очилтириш (элюент) усули моҳиятини тушунтиринг?
126. Хроматографияда сиқиб чиқариш усули қандай рол ўйнайди?
127. Градиент хроматография нима?
128. Юпқа қатламдаги хроматографик усул тўғрисида тушунча беринг?
129. Хроматографияда старт чизиғи нимани билдиради?
130. Суюқлик-суюқликда тақсимланиш хроматографияси ҳақида тушунча беринг?
131. Қоғозда тақсимланиш хроматография моҳияти нимадан иборат?
132. Электрофоретик хроматография тўғрисида нима биласиз?
133. Газ хроматографиясини қандай афзаллигини биласиз?
134. Гел хроматография нимага асосланган?
135. Ион алмашилиш хроматографик таҳлилинини изоҳланг?
136. Ионитлар турлари тўғрисида нимани биласиз?
137. Ион алмашилиш хроматографиянинг қандай усулларини биласиз?



2. ГЛОССАРИЙ



ГЛОССАРИЙ

(ма`руза матнида учрайдигана сосий тушунчаларнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги шарҳи)

Кимёвий атамалар	Ўзбек тилида	Кимёвий атамалар	Рус тилида	Кимёвий атамалар	Инглиз тилида
Аллотропия	– муайян химиявий элемент атомларининг икки ёки бир неча хил оддий модда ҳосил қилиш ҳодисалари	Аллотропия -	Способность того или иного элемента существовать в виде различных простых веществ, отличающихся по строению и свойствам	absorption spectrum	The spectrum produced when atoms absorb specific wavelengths of incoming light and become excited from lower to higher energy levels. (228)
Алюмосиликатлар	– таркибида алюминий оксид ҳам бўладиган силикатлар.	Амфотерность-	Способность некоторых веществ в зависимости от условий проявлять кислотные или основные свойства.	accuracy	The closeness of a measurement to the actual value. (24)
Анионлар	– манфий зарядланган ионлар	Ангидридная кислота -	Оксид неметалла, который при взаимодействии с водой, образует кислоту.	acid acid anhydride	In common laboratory terms, any species that produces H ⁺ ions when dissolved in water. (126) [See also Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis acid-base definitions.]
Атом огирлик	– элемент атомининг углерод бирлигида ифодаланган огирлиги.	Анион -	Отрицательно заряженный ион.	acid-base buffer (also buffer)	A solution that resists changes in pH when a small amount of either strong acid or strong base is added. (618)
Бертолидлар	– узгарувчан таркибли бирикмалар	Атом -	Наименьшая частица химического элемента, являющаяся	acid-base indicator	An organic molecule whose color is different in acid and in base and is used to

			носителем его свойств. Атомы входят в состав простых и сложных веществ.		monitor the equivalence point of a titration or the pH of a solution. (588)
Богланиш энергияси	– химиявий боғни узиб юбориш учун зарур булган энергия миқдори.	Атом-молекулярные таълимот -	Первое учение о строении вещества	acid-base reaction	Any reaction between an acid and a base. (126) (See also neutralization reaction.)
Далтонидлар	– узгармас таркибли бирикмалар	Атомные орбитали -	Пространство вокруг атомного ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона.	acid-base titration curve	A plot of the pH of a solution of acid (or base) versus the volume of base (or acid) added to the solution. (626)
Давр	– хар кайси ишқорий металлдан галогенгача булган элементлар катори.	Бертолиды -	Вещества переменного состава.	acid-dissociation (acid-ionization) constant (K_a)	An equilibrium constant for the dissociation of an acid (HA) in H ₂ O to yield the conjugate base (A ⁻) and H ₃ O ⁺ :
Диффузия	– бир модда заррачаларини нг икки модда ичида уз-узича бир текисда таксимланиши	Валентность-	Свойство атомов данного элемента присоединять определенное число атомов других элементов с образованием химических связей.	actinides	The Period 7 elements that constitute the second inner transition series (5f block), which includes thorium (Th; Z = 90) through lawrencium (Lr; Z = 103). (256) activated complex (See transition state.)
Экзотермик реаксия	– иссиқлик чиқиши билан борадиган реаксия.	Вещество -	То, из чего состоят физические тела.	activation energy (f_a)	The minimum energy with which molecules must collide to react. (519)

<p>Электролит лар</p>	<p>– эритмалари ёки суюкланмалари электр токини утказадиган моддалар.</p>	<p>Внутри молекулярные окислительно-восстановительные реакции -</p>	<p>Реакции, в которых окислитель и восстановитель находятся в одной и той же молекуле, являются атомами разных элементов</p>	<p>active site</p>	<p>The region of an enzyme formed by specific amino acid side chains at which catalysis occurs. (532) activity (λ) (also decay rate) The change in number of nuclei (N) of a radioactive sample divided by the change in time (t). (772) activity series of the metals A listing of metals arranged in order of decreasing strength of the metal as a reducing agent in aqueous reactions. (138)</p>
<p>Электролиз</p>	<p>– электр токи таъсирида электролит эритмаларда ёки суюкланмаларда борадиган оксидланиш-кайтарилиш процесси;</p>	<p>Водородная связь -</p>	<p>Связь, возникающая между молекулами, в состав которых входит атом водорода, связанный с атомами наиболее электроотрицательных элементов: фтора, кислорода, азота, реже хлора или серы.</p>	<p>actual yield</p>	<p>The amount of product actually obtained in a chemical reaction. (97)</p>
<p>Эндотермическая реакция</p>	<p>– иссиқлик ютилиши билан борадиган реакция</p>	<p>Водородный показатель pH -</p>	<p>Величина, характеризующая концентрацию ионов водорода и кислотность среды. Это отрицательный десятичный логарифм концентрации</p>	<p>addition polymer (also <i>chain-reaction</i>, or <i>chain-growth polymer</i>)</p>	<p>A polymer formed when monomers (usually containing C=C) combine through an addition reaction. (484) addition reaction A type of organic</p>

			ионов водорода $pH \approx -\lg[X^*]$.		reaction in which atoms linked by a multiple bond become bonded to more atoms. (473)
Энергия	– жисм харакатининг улчови.	Выход реакции -	Отношение реальной массы продукта (гр) к теоретически возможной (гр), выраженное в долях единицы или в процентах	adduct	The product of a Lewis acid-base reaction characterized by the formation of a new covalent bond. (607) adenosine triphosphate (ATP) A high-energy molecule that serves most commonly as a store and source of energy in organisms. (675)
Эритма	– икки ёки ундан ортик компонентлардан иборат гомоген система	Гетерогенные смеси -	Смеси, в которых компоненты разделяются границей раздела	alcohol	An organic compound (ending, -ol) that contains a $C-O-H$ functional group. (476)
Эркин радикаллар	– туйинмаган валентликка эга булган заррачалар	Гибридизации -	Процесс смешения атомных орбиталей(электронных облаков) различного типа (например, с и p - орбиталей), приводящий к их выравниванию по форме и энергии	aldehyde	An organic compound (ending, -al) that contains the carbonyl functional group ($C=O$) in which the carbonyl C is also bonded to H. (479) "
Эрувчанлик	– модданинг бирор эритувчида эрий олиш хусусияти	Гидроксиды -	Сложные вещества, образующие при диссоциации одну или несколько гидроксильных групп и ион металла (или ион	alkane	A hydrocarbon that contains only single bonds and no rings (general formula, C_nH_{2n+2}). (464)

			аммония)		
Фаза	– гетероган системанинг бошка кисмларидан чегара сиртлар билан ажраган гомоген кисми	Гидролиз солей -	Процесс обменного взаимодействия ионов растворенной соли с водой, приводящий к образованию малодиссоциируемых продуктов и сопровождающийся изменением pH среды раствора	alkene	A hydrocarbon that contains at least one C=C bond (general formula, C_nH_{2n}). (469)
Фосфоресен сия	– моддаларнинг коронгида шуълаланиш ходисаси;	Главная квантовая числа -	Характеризует общую энергию электрона в атоме, определяет энергетический уровень электрона (период), удаленность его от ядра и размеры электронных облаков	alkyl group	A saturated hydrocarbon chain with one bond
Гетероген система	– бир-биридан сирт чегаралари билан ажралган моддалар системаси	Гомогенные смеси -	Смеси, в которых между компонентами нет границы раздела	alkyne	A hydrocarbon that contains at least one $C\equiv C$ bond (general formula, C_nH_{2n-2}). (470)
Гидридлар	– таркибида бирор элемент ва водород булган бирикмалар	Графическая формула -	Отражает порядок соединения частиц, т.е. связи между ними, но не дает представления об их пространственном расположении	allotrope	One of two or more crystalline or molecular forms of an element. In general, one allotrope is more stable than another at a particular pressure and temperature.

					(434)
Грамм атом	– элементнинг атом оғирлигига сон жихатдан тенг булиб, грамм хисобида олинган миқдори.	Группа -	Вертикальные столбцы элементов (обозначены римскими цифрами) с одинаковым числом валентных электронов, равным номеру группы.	alloy	A mixture of elements with metallic properties that is typically a solid-solid solution. (396)
Грамм эквивалент	– модданинг эквивалент оғирлигига сон жихатдан тенг қилиб, грамм хисобида олинган миқдори.	Дальтон иды -	Вещества постоянного состава	alpha (α) decay	A radioactive process in which an alpha particle is emitted from a nucleus. (765)
Грамм молекула	– модданинг молекуляр оғирлигига сон жихатдан тенг қилиб, грамм хисобида олинган миқдори.	Дисперсность -	Взаимодействие, обусловленное взаимодействием между двумя неполярными молекулами.	amorphous solid	A solid that has a poorly defined shape because it lacks extensive molecular-level ordering of its particles. (373) ampere (A) The SI unit of electric current; 1 ampere of current results when 1 coulomb flows through a conductor in 1 second. (726)
Группа	– битта вертикал каторга жойлашган ухшаш элементлар катори	Жёсткость воды -	Совокупность свойств, обусловленных содержанием в воде катионов кальция Ca^{3+} и магния Mg^{2+}	amphoteric	Able to act as either an acid or a base. (265) amplitude The height of the crest (or depth of the trough) of a wave; related to the intensity of the energy (brightness of the light). (217)

Индикаторлар	– ранги водород ионларининг концентрасияси га қараб узгарадиган моддалар	Закон Авогадро -	В равных объемах различных газов при одинаковых условиях (температуре и давлении) содержится одинаковое число молекул	atom	The smallest particle of an element that retains the chemical nature of the element. A neutral, spherical entity composed of a positively charged central nucleus surrounded by one or more negatively charged electrons. (38)
Ингибиторлар	– металл коррозиясини секинлаштирувчи моддалар	Закон Бойля-Мариотта а -	При постоянной температуре давление, произведенное данной массой газа, обратно пропорционально объёму газа	atomic mass (also <i>atomic weight</i>)	The average of the masses of the naturally occurring isotopes of an element weighted according to their abundances. (45)
Ионлар	– атом ёки молекулаларнинг электрон бериши ёки қабул қилиб олиши натижасида ҳосил буладиган заррачалар	Закон Гей-Люссака -	При постоянном давлении объём газа изменяется прямо пропорционально абсолютной температуре	atomic mass unit (amu) (also <i>dalton, Da</i>)	A mass exactly equal to 12 the mass of a carbon-12 atom. (44)
Изобарлар	– атом оғирликлари бир-бирига тенг, лекин ядро зарядлари бошқа-бошқа булган элементлар.	Закон Гесса -	Тепловой эффект химической реакции или физике - химического процесса не зависит от пути перехода из начального состояния системы в конечное состояние, а определяется только природой	atomic number (Z)	The unique number of protons in the nucleus of each atom of an element (equal to the number of electrons in the neutral atom). An integer that expresses the positive charge of a nucleus or subatomic particle in multiples of the electronic

			и состоянием исходных и конечных веществ		charge. (43)
Изотоплар	– ядро зарядлари бир хил, лекин атом огирликлари бир-бирларидан фарк қиладиган элементлар.	Закон действующих масс -	Скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, равных их стехиометрическим коэффициентам	atomic orbital (also <i>wave function</i>)	A mathematical expression that describes the motion of the electron's matter-wave in terms of time and position in the region of the nucleus. The term is used qualitatively to mean the region of space in which there is a high probability of finding the electron. (232)
Жисм	– модданинг фазода чегараланган кисми.	Закон кратных отношений -	Если два элемента образуют друг с другом несколько химических соединений, то на одну и ту же массу одного из них приходится такие массы другого, которые относятся между собой как простые целые числа	atomic size	One-half the distance between nuclei of two adjacent atoms in a sample of the element. (258) Also refers to the extent of the spherical contour in which an atom's electrons spend 90% of their time. (234)
Катализатор	– реакция тезлигини узгартирадиган, лекин реакция натижасида химиявий жихатдан узгармайдиган модда	Закон периодический системы элементов -	Свойства химических элементов, так же как и их соединений, находятся в периодической зависимости от зарядов ядер их атомов	atomic solid	A solid consisting of individual atoms held together by dispersion forces; the frozen noble gases are the only examples. (379)
Катионлар	– мусбат зарядланган ионлар	Закон постоянства состава -	Каждое чистое вещество независимо от места	atomic symbol (also	A one- or two-letter abbreviation for the English, Latin, or

			нахождения и способа его получения всегда имеет постоянный качественный и количественный состав	<i>element symbol</i>)	Greek name of an element. (43)
Кайтар процесс	– икки қарама-қарши юналишда борадиган процесс	Закон разбавления Оствальда -	С разбавлением раствора степень диссоциации слабого электролита увеличивается	aufbau principle	The conceptual approach for building up atoms by adding one proton at a time to the nucleus and one electron around it to obtain the ground-state electron configurations of the elements. (249)
Кайтарувчи	– узидан электрон берган атом, молекула ёки ион	Закон сохранения массы веществ -	Общая масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна общей массе продуктов реакции	autoionization (also <i>self-ionization</i>)	A reaction in which two molecules of a substance react to give ions. The most important example is for water:
Коррозия	– металларнинг хаво, сув, кислота, ишқор ва тузларнинг эритмалари таъсирида емирилиши	Закон Шарли -	При постоянном объеме давление газа изменяется прямо пропорционально абсолютной температуре	average rate	The change in concentration of reactants (or products) divided by a finite time period. (501)
Масса сони	– атом ядроси массасини углерод бирликда тақрибан ифодалайдиган бутун сон.	Закон эквивалентов -	Вещество вступающее в реакции, согласно их эквивалентам	Avogadro's law	The gas law stating that, at fixed temperature and pressure, equal volumes of any ideal gas contain equal numbers of particles, and, therefore, the volume of a gas is directly proportional to its amount (mol):

					V n. (156)
Металлургия	– саноатда табиий хом-ашёдан металллар ажратиб олиш усуллари хакидаги фан	Закон электролиза -	Масса электролита, подвергшаяся превращению при электролизе, а также массы образующихся на электродах веществ, прямо пропорциональны количеству электричества, прошедшего через раствор или расидав электролита и эквивалента соответствующих веществ	Avogadro's number	A number (6.022X 10 ²³ to four significant figures) equal to the number of atoms in exactly 12 g of carbon-12; the number of atoms, molecules, or formula units in one mole of an element or compound. (72)
Молекула	– модданинг мустақил мавжуд була оладиган энг кичик заррачаси	Изобары -	Разновидности атомов, имеющие одинаковые массовые числа, но разные заряды ядер	band of stability	The band of stable nuclides that appears on a plot of number of neutrons versus number of protons for all nuclides. (768)
Молекуляр огирлик	– модда молекуласининг углерод бирлигида ифодаланган огирлиги	Изотоны -	Разновидности атомов, имеющие одинаковые число нейтронов	band theory	An extension of molecular orbital (MO) theory that explains many properties of metals and other solids, in particular, the differences in electrical conductivity of conductors, semiconductors, and insulators. (382)
Молял концентрация	– 1000 гр. Эритувчида эриган модданинг мол сони	Изотопы -	Разновидности атомов одного и того же элемента, обладающие одинаковыми	barometer	A device used to measure atmospheric pressure. Most commonly, a tube open at one end,

			зарядами (т.е. одинаковым числом протонов), но с разным числом нейтронов в ядре		which is filled with mercury and inverted into a dish of mercury. (150) base In common laboratory terms, any species that produces OH ⁻ ions when dissolved in water. (126) [See also Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis acid-base definitions.] base-dissociation (base-ionization) constant (K _b) An equilibrium constant for the reaction of a base (B) with H ₂ O to yield the conjugate acid (BH ⁺) and OH ⁻ :
Моляр концентрация	– 1 л эритмада эриган модданинг моллар сони	Ингибитор -	вещество, замедляющее скорость химической реакции, которое после её протекания остаётся химически неизменным	base pair	Two complementary mononucleotide bases that are H bonded to each other; guanine (G) always pairs with cytosine (C), and adenine (A) always pairs with thymine (T) (or uracil, U). (490)
Мураккаб модда	– узаро маълум нисбатларда бириккан икки ёки бир неча элементдан ташқил топади.	Индикаторы -	вещества, меняющие свою окраску в зависимости от среды раствора	base unit (also <i>fundamental unit</i>)	A unit that defines the standard for one of the seven physical quantities in the International System of Units (SI). (14)
Нормал концентрация	– 1 л. Эритмада эриган модданинг эквивалентлар	Индукционность -	Взаимодействие, осуществляемое взаимодействием между полярной и неполярной	battery	A group of voltaic cells arranged in series; primary and secondary types are self-contained, but

	сони		молекулами.		flow batteries are not. (713)
Оддий модда	– химиявий элементнинг эркин холда мавжуд була оладиган тури.	Ионная связь -	химическая связь между ионами, обуславливаемая за счёт сил электростатического притяжения	bent shape (also <i>V shape</i>)	A molecular shape that arises when a central atom is bonded to two other atoms and has one or two lone pairs; occurs as the AX ₂ E shape class (bond angle < 120°) in the trigonal planar arrangement and as the AX ₂ E ₂ shape class (bond angle < 109.5°) in the tetrahedral arrangement. (314) beta decay A radioactive change that encompasses any of three specific processes— p- decay, p+ emission, and e- capture. (767) P ₋ decay A radioactive process in which a beta particle is emitted from a nucleus. (767)
Оксидланиш	– бирор атом, молекула ёки ион узига электрон кабул қилиш процесси	Ионы -	электрически заряженные частицы	beta particle (p, p⁺, or e⁻)	A negatively charged particle, identified as a high-speed electron, that is one of the common types of radioactive emissions. (765)
Оксидлаш	– металл сиртида коррозияга чидамли оксид парда хосил	Катализ -	процесс, протекающий в присутствии катализатора	bimolecular reaction	An elementary reaction involving the collision of two reactant species.

	қилиш процесси				(525)
Оксидловчи	–узиға электрон қабул қилған заррача	Катализа тор -	вещество, которое в незначительных количества существенно увеличивает скорость химической реакции, не изменяя после её окончания своего химического состава и количества	binary covalent compound	A compound that consists of atoms of two elements in which bonding occurs primarily through electron sharing. (58)
Полимерлан иш	– бир хил молекулаларни нғ бирикиб, бир мунча йирик молекулар хосил қилиш процесси;	Катион -	положительно заряженный ион	binary ionic compound	A compound that consists of the oppo- sitedly charged ions of two elements. (49)
Просент концентраци я	– 100 гр. Эритмада эриган модданинг граммлар хисобидаги микдори	Кислотн ые свойства -	свойства веществ, характерные для кислот	bond order	The number of electron pairs shared by two bonded atoms. (285)
Руда	– таркибида металларнинг табиий бирикмалари булган тоғ жинслари	Кислоты -	сложные вещества, состоящие из атомов водорода, способных замещаться на металл, н кислотного остатка	bonding MO	A molecular orbital formed when wave functions are added to each other, which increases electron density between the nuclei. Electrons occupying such an orbital stabilize the molecule. (338)
Силикатлар	– силикат ва полисиликат кислоталарнин	Ковкость -	свойство металлов деформироватьс я без трещин под	bonding pair (also shared	An electron pair shared by two nuclei; the mutual

	г тузлари;		влиянием сжатия при температуре ниже температуры плавления металла	<i>pair</i>)	attraction between the nuclei and the electron pair forms a covalent bond. (285)
Термохимия	– химияниг химиявий реакциялар вақтида содир буладиган энергетикавий ходисаларни текширувчи кисми	Комплексные соединения - решётки	соединения, в узлах кристаллической решётки которых находятся сложные комплексные ионы, способные к самостоятельному существованию как в растворе, так и в узлах кристаллической	Boyle's law	The gas law stating that, at constant temperature and amount of gas, the volume occupied by a gas is inversely proportional to the applied (external) pressure: $V \propto 1/P$ (154) Brønsted-Lowry acid-base definition A model of acid-base behavior based on proton transfer, in which an acid and a base are defined, respectively, as species that donate and accept a proton. (588) buffer (See acid-base buffer.)
Титр	– эритманинг 1 миллилитрида булган эрувчи модданинг оғирлик миқдори	Константа диссоциации -	отношение произведения равновесных концентраций ионов в степенях, соответствующих стехиометрическим коэффициентам к концентрации недиссоциированных молекул	buffer capacity	A measure of the ability of a buffer to resist a change in pH; related to the total concentrations and relative proportions of buffer components. (623)
Валентлик	– у ёки бу элемент атомининг уз атрофида бошка неча атомни ушлаб	Коррозия -	процесс самопроизвольного разрушения металлов и сплавов под действием внешней среды	buffer range	The pH range over which a buffer acts effectively. (624)

	тура олиш кобилияти.				
Халкогенлар	– O, C, Se Te элементларнинг г умумий номи;	Кристал логидрат ы -	вещества, содержащие в своём составе молекулы воды	calibration	The process of correcting for systematic error of a measuring device by comparing it to a known standard. (25) calorie (cal) A unit of energy defined as exactly 4.184 joules; originally defined as the heat needed to raise the temperature of 1 g of water 1°C (from 14.5°C to 15.5°C). (193) calorimeter A device used to measure the heat released or absorbed by a physical or chemical process taking place within it.
Халководоро длар	– кислород группачасидаги элементларнинг водородли бирикмалари;	Магнитн ое квантово е число -	характеризует направление орбиталей (электронных облаков) в пространстве	capillarity (or <i>capillary action</i>)	A property that results in a liquid rising through a narrow space against the pull of gravity. (370)
Химиявий элемент	– узида муайян хоссаларни муассамлаш тирган атомлар тури, ядроларнинг зарядлари бир хил булган атомлар тури	Массова я доля элемента -	показывает, какую часть составляет масса одного элемента от всей массы вещества. Может быть выражена в процентах	carbonyl group	The C=O grouping of atoms. (479) carboxylic acid An organic compound (ending, -oic acid) :O:
Ёниш	– иссиқлик ва ёруғлиқ чиқариш билан борадиган тез	Металли ческая связь -	связь в металлах или сплавах, обусловленная взаимодействием относительно	catalyst	A substance or mixture that increases the rate of a reaction without

	оксидланиш процесси		свободных электронов в узлах кристаллической решётки		being used up in the process. (530) catenation The process by which atoms of an element bond to each other in chains; most common with carbon in organic com- pounds but also occurs with boron, silicon, sulfur, and several other elements. (460)
Аллотропия	– муайян химиявий элемент атомларининг икки ёки бир неча хил оддий модда хосил қилиш ходисалари	Металли чность -	способность атомов химического элемента отдавать электроны	cathode	The electrode at which reduction occurs in an electro- chemical cell. Electrons enter the cell and are acquired by the oxidizing agent at the cathode. (692)
Алюмосилик атлар	– таркибида алюминий оксид ҳам буладиган силикатлар.	Метод полуреак ции -	или ионно- электронный метод, основанный на составлении ионных уравнений для процессов окисления- восстановления с последующим их суммированием в общее уравнение	cathode ray	The ray of light emitted by the cathode (negative electrode) in a gas discharge tube; travels in straight lines, unless deflected by magnetic or electric fields. (40) cation A positively charged ion. (49)
Анионлар	– манфий зарядланган ионлар	Метод электрон ного баланса -	число электронов, отданных восстановителем , равно числу электронов, принятых окислителем	cell potential (fcell) (also electromoti ve force, or emf; cell voltage)	The potential difference between the electrodes of an electrochemical cell when no current flows. (697)
Атом	– элемент	Молекул	мельчайшая	Celsius	A temperature scale

огирлик	атомининг углерод бирлигида ифодаланган огирлиги.	а -	физически неделимая частица вещества, обладающая определённой массой и всеми химическими свойствами этого вещества и способная к самостоятельному у существованию	scale (formerly <i>centigrade</i> <i>scale</i>)	in which the freezing and boiling points of water are defined as 0°C and 100°C, respectively. (18)
Бертолидлар	– узгарувчан таркибли бирикмалар	Моль -	количество вещества, содержащее число частиц (атомов, молекул, ионов), равное числу атомов в 0,012 кг углерода, состоящего только из изотопа С	chain reaction	In nuclear fission, a self-sustaining process in which neutrons released by splitting of one nucleus cause other nuclei to split, which releases more neutrons, and so on. (786)
Богланиш энергияси	– химиявий богни узиб юбориш учун зарур булган энергия микдори.	Мольная доля -	отношение растворённого вещества (или растворителя) к сумме количеств веществ, находящихся в растворе вещества, находящегося на 1 кг растворителя	change in enthalpy (ДН)	The change in internal energy plus the product of the constant pressure and the change in volume: $\Delta H = \Delta E + P\Delta V$; the heat lost or gained at constant pressure: $\Delta H = qP$ (195)
Далтонидлар	– узгармас таркибли бирикмалар	Молярна я концентр ация, или молярно сть -	количество растворенного вещества (в молях), сю держасьее в 1 л раствора	charge density	The ratio of the charge of an ion to its volume. (398)
Давр	– хар кайси ишқорий металлдан галогенгача булган	Молярна я масса вещества -	величина, равная отношению массы вещества к его количеству	Charles's law	The gas law stating that at constant pressure, the volume occupied by a fixed amount of gas is

	элементлар катори.				directly proportional to its absolute temperature: $V \propto T$. (154)
Диффузия	– бир модда заррачаларини нг икки модда ичида уз-узича бир текисда таксимланиши	Насыщенный раствор -	раствор, находящийся в равновесии с растворенным веществом и содержащий максимально возможное для данных условий количество этого вещества	chelate	A complex ion in which the metal ion is bonded to a bidentate or polydentate ligand. (744)
Экзотермическая реакция	– иссиқлик чиқиши билан борадиган реакция.	Нейтрон -	электронейтральная частица	chemical bond	The force that holds two atoms together in a molecule (or formula unit). (49)
Электролитлар	– эритмалари ёки суюкланмалари электр токини утказадиган моддалар.	Неметаллическая -	способность атомов химического элемента присоединять электроны	chemical change (also <i>chemical reaction</i>)	A change in which one or more substances are converted into one or more substances with different composition and properties. (4) chemical equation A statement that uses chemical formulas to express the identities and quantities of the substances involved in a chemical or physical change. (85)
Электролиз	– электр токи таъсирида электролит эритмаларда ёки суюкланмаларда борадиган оксидланиш-кайтарилиш	Неорганическая химия -	изучает химические элементы и образуемые ими простые и сложные неорганические (минеральные) вещества, их свойства и превращения	chemical formula	A notation of atomic symbols and numerical subscripts that shows the type and number of each atom in a molecule or formula unit of a substance. (53)

	процессы;				
Эндотермическая реакция	– иссиқлик ютилиши билан борадиган реакция	Неэлектролиты -	вещества, которые при растяжении в воде или расплавлении не распадаются на ионы и не проводят электрический ток.	chemical kinetics	The study of the rates and mechanisms of reactions. (499)
Энергия	– жисм харакатининг улчови.	Окисление -	процесс отдачи электронов атомом, молекулой или ионом, при этом степень окисления повышается	absorption spectrum	The spectrum produced when atoms absorb specific wavelengths of incoming light and become excited from lower to higher energy levels. (228)
Эритма	– икки ёки ундан ортиқ компонентлардан иборат гомоген система	Окислитель -	вещество, принимающее электроны в процессе восстановления	accuracy	The closeness of a measurement to the actual value. (24)
Эркин радикалы	– туйинмаган валентликка эга булган заррачалар	Оксиды -	сложные вещества, состоящие из двух элементов, один из которых кислород в степени окисления (-2)	acid acid anhydride	In common laboratory terms, any species that produces H ⁺ ions when dissolved in water. (126) [See also Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis acid-base definitions.]
Ерувчанлик	– модданинг бирор эритувчида эрий олиш хусусияти	Оксиды амфотерные -	оксиды металлов со степенями окисления (+3) и (+4), а также в виде исключения его со степенями окисления (+2) - <u>ZnO, PbO, SnO₂, CdO</u>	acid-base buffer (also buffer)	A solution that resists changes in pH when a small amount of either strong acid or strong base is added. (618)
Фаза	– гетероген системанинг	Оксиды кислотн	оксиды, которым соответствуют	acid-base	An organic molecule whose color is

	бошка кисмларидан чегара сиртлар билан ажраган гомоген кисми	ые -	кислоты; образованы неметаллами и металлами, проявляющими высокие степени окисления	indicator	different in acid and in base and is used to monitor the equivalence point of a titration or the pH of a solution. (588)
Фосфоресен сия	– моддаларнинг коронгида шуълаланиш ходисаси;	Оксиды основны е -	оксиды типичных металлов и металлических элементов в низкой степени окисления (+1) и (+2)	acid-base reaction	Any reaction between an acid and a base. (126) (See also neutralization reaction.)
Гетероген система	– бир-биридан сирт чегаралари билан ажралган моддалар системаси	Оксиды солеоб разующи е, или безразли чные -	оксиды, которые не образуют солей при взаимодействии с кислотами и основаниями	acid-base titration curve	A plot of the pH of a solution of acid (or base) versus the volume of base (or acid) added to the solution. (626)
Гидридлар	– таркибида бирор элемент ва водород булган бирикмалар	Ориента ционност ь-	Взаимодействие, сопоставляемое взаимодействием между полярными молекулами	acid- dissociatio n (acid- ionization) constant (K_a)	An equilibrium constant for the dissociation of an acid (HA) in H ₂ O to yield the conjugate base (A ⁻) and H ₃ O ⁺ :
Грамм атом	– элементнинг атом огирлигига сон жихатдан тенг булиб, грамм хисобида олинган миқдори.	Относите льная атомная масса -	величина, показывающая во сколько раз масса молекулы вещества больше 1/12 массы атома углерода	actinides	The Period 7 elements that constitute the second inner transition series (5f block), which includes thorium (Th; Z = 90) through lawrencium (Lr; Z = 103). (256) activated complex (See transition state.)
Грамм эквивалент	– модданинг эквивалент огирлигига сон жихатдан тенг килиб, грамм хисобида олинган	Относите льная плотност ь газа -	отношение массы определенного объема одного газа к массе такого же объема другого газа, взятого при	activation energy (f_a)	The minimum energy with which molecules must collide to react. (519)

	микдори.		тех же условиях		
Грамм молекула	– модданинг молекуляр огирлигига сон жихатдан тенг қилиб, грамм хисобида олинган микдори.	Период -	горизонтальный ряд элементов, начиная от щелочного металла до инертного газа, атомы которых имеют одинаковое число энергетических уровней, равное номеру периода	active site	The region of an enzyme formed by specific amino acid side chains at which catalysis occurs. (532) activity (^) (also decay rate) The change in number of nuclei (N) of a radioactive sample divided by the change in time (t). (772) activity series of the metals A listing of metals arranged in order of decreasing strength of the metal as a reducing agent in aqueous reactions. (138)
Группа	– битта вертикал каторга жойлашган ухшаш элементлар катори	Перокси ды -	бинарные соединения, содержащие кислород в степени окисления (-1)	actual yield	The amount of product actually obtained in a chemical reaction. (97)
Индикаторлар	– ранги водород ионларининг консентрасияси га қараб узгарадиган моддалар	Пластич носъ -	свойство металлов деформироваться без трещин под действием определенной нагрузки при обычной и повышенной температура	addition polymer (also <i>chain-reaction</i> , or <i>chain-growth</i> , <i>polymer</i>)	A polymer formed when monomers (usually containing C=C) combine through an addition reaction. (484) addition reaction A type of organic reaction in which atoms linked by a multiple bond become bonded to more atoms. (473)
Ингибитор	– металл	Побочно	характеризует	adduct	The product of a

лар	коррозиясини секинлаштирувчи моддалар	е квантово е число, или орбитальное, или азимутальное -	энергетические подуровни и обозначает форму электронных облаков		Lewis acid-base reaction characterized by the formation of a new covalent bond. (607) adenosine triphosphate (ATP) A high-energy molecule that serves most commonly as a store and source of energy in organisms. (675)
Ионлар	– атом ёки молекулаларнинг электрон бериши ёки кабул қилиб олиши натижасида ҳосил буладиган заррачалар	Правило валентности -	в соединении, состоящем из двух элементов А,3,, произведение валентности одного элемента на число его атомов равно произведению валентности другого элемента на число его атомов.	alcohol	An organic compound (ending, -ol) that contains a —C—O—H functional group. (476)
Изобарлар	– атом оғирликлари бир-бирига тенг, лекин ядро зарядлари бошқа-бошқа булган элементлар.	Правило Вант - Гоффа -	при повышении температуры на каждые 10 для реакции в гомогенных системах скорость реакции возрастает в 2-4 раза	aldehyde	An organic compound (ending, -al) that contains the carbonyl functional group (C=O) in which the carbonyl C is also bonded to H. (479) "
Изотоплар	– ядро зарядлари бир хил, лекин атом оғирликлари бир-бирларидан фарқ қиладиган элементлар.	Правило Дюлонга - Пти -	произведение удельной теплоемкости (C) твердого простого вещества и атомной массы (A) образующего его химического элемента* есть величина постоянная в при	alkane	A hydrocarbon that contains only single bonds and no rings (general formula, C _n H _{2n+2}). (464)

			средних температурах приблизительно равна 61		
Жисм	– модданинг фазода чегараланган кисми.	Правило Хунда -	электроны располагаются на одинаковых орбиталях таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным	alkene	A hydrocarbon that contains at least one C=C bond (general formula, C_nH_{2n}). (469)
Катализатор	– реакция тезлигини узгартирадиган, лекин реакция натижасида химиявий жихатдан узгармайдиган модда	Принцип Ле-Шателье -	если на систему, находящуюся в химическом равновесии, оказать внешнее воздействие, то в системе происходит смещение равновесия, которое ослабит эффект внешнего воздействия	alkyl group	A saturated hydrocarbon chain with one bond
Катионлар	– мусбат зарядланган ионлар	Принцип Паули -	в атоме не может быть электронов с одинаковым значением всех четырех квантовых чисел	alkyne	A hydrocarbon that contains at least one C≡C bond (general formula, C_nH_{2n-2}). (470)
Кайтар процесс	– икки қарама-қарши юналишда борадиган процесс	Простые вещества -	состоят из атомов одного и того же химического элемента	allotrope	One of two or more crystalline or molecular forms of an element. In general, one allotrope is more stable than another at a particular pressure and temperature. (434)
Кайтарувчи	– узидан электрон берган атом, молекула ёки ион	Радиоактивность -	самопроизвольный распад атомов элементов, сопровождающийся испусканием излучения	alloy	A mixture of elements with metallic properties that is typically a solid-solid solution. (396)

Коррозия	– металлнинг хаво, сув, кислота, ишқор ва тузларнинг эритмалари таъсирида емирилиши	Радиус атома -	условное расстояние от ядра до границ электронной плотности	alpha (α) decay	A radioactive process in which an alpha particle is emitted from a nucleus. (765)
Масса сони	– атом ядроси массасини углерод бирликда такрибан ифодалайдиган бутун сон.	Раствор -	однородная (гомогенная) система, состоящая из двух или более компонентов (составных частей) и продуктов их взаимодействия	amorphous solid	A solid that has a poorly defined shape because it lacks extensive molecular-level ordering of its particles. (373) ampere (A) The SI unit of electric current; 1 ampere of current results when 1 coulomb flows through a conductor in 1 second. (726)
Металлургия	– саноатда табиий хом-ашёдан металллар ажратиб олиш усуллари хақидаги фан	Раствор истинный -	система с размером части менее 1нм (10^{-10} м)	amphoteric	Able to act as either an acid or a base. (265) amplitude The height of the crest (or depth of the trough) of a wave; related to the intensity of the energy (brightness of the light). (217)
Молекула	– модданинг мустақил мавжуд була оладиган энг кичик заррачаси	Раствор коллоидный -	высоко дисперсные двухфазные системы, состоящие из дисперсионной среды и дисперсной фазы, причем линейные размеры частиц последней лежат в пределах от 1 до 100нм	atom	The smallest particle of an element that retains the chemical nature of the element. A neutral, spherical entity composed of a positively charged central nucleus surrounded by one or more negatively charged electrons. (38)

Молекуляр огирлик	– модда молекуласинин г углерод бирлигида ифодаланган огирлиги	Раствор концентрованый -	раствор, содержащий много частиц растворенного вещества	atomic mass (also <i>atomic weight</i>)	The average of the masses of the naturally occurring isotopes of an element weighted according to their abundances. (45)
Молял концентрасия	– 1000 гр. Эритувчида эриган модданинг мол сони	Раствор разбавленный -	раствор, содержащий мало части растворенного вещества	atomic mass unit (amu) (also <i>dalton, Da</i>)	A mass exactly equal to 12 the mass of a carbon-12 atom. (44)
Моляр концентрасия	– 1 л эритмада эриган модданинг моллар сони	Реакции экзотермическая -	реакция, протекающая с выделением тепла	atomic number (Z)	The unique number of protons in the nucleus of each atom of an element (equal to the number of electrons in the neutral atom). An integer that expresses the positive charge of a nucleus or subatomic particle in multiples of the electronic charge. (43)
Мураккаб модда	– узаро маълум нисбатларда бириккан икки ёки бир неча элементдан ташкил топади.	Реакции эндотермическая -	реакция, протекающая с поглощением тепла	atomic orbital (also <i>wave function</i>)	A mathematical expression that describes the motion of the electron's matter-wave in terms of time and position in the region of the nucleus. The term is used qualitatively to mean the region of space in which there is a high probability of finding the electron. (232)
Нормал концентрасия	– 1 л. Эритмада эриган модданинг	Реакция диспропорционир	- реакция, при протекании которой окислителем и	atomic size	One-half the distance between nuclei of two

	эквивалентлар сони	ования	восстановителем являются атомы одного и того элемента, находящегося в промежуточной степени окисления		adjacent atoms in a sample of the element. (258) Also refers to the extent of the spherical contour in which an atom's electrons spend 90% of their time. (234)
Оддий модда	– химиявий элементнинг эркин холда мавжуд була оладиган тури.	Реакция замеще ния -	реакция, в результате которой атомы одного или того вещества замещают атомы одного из элементов сложного вещества, при этом образуются новые простые и сложные вещества	atomic solid	A solid consisting of individual atoms held together by dispersion forces; the frozen noble gases are the only examples. (379)
Оксидланиш	– бирор атом, молекула ёки ион узига электрон кабул қилиш просесси	Реакция необрати мая -	реакция, протекающая до конца, т.е. до полного превращения исходных веществ в продукты реакции	atomic symbol (also <i>element symbol</i>)	A one- or two-letter abbreviation for the English, Latin, or Greek name of an element. (43)
Оксидлаш	– металл сиртида коррозияга чидамли оксид парда хосил қилиш просесси	Реакция обмена -	реакция между сложными вещества, в результате которой они обмениваются своими составными частями, при этом образуются два новых сложных вещества	aufbau principle	The conceptual approach for building up atoms by adding one proton at a time to the nucleus and one electron around it to obtain the ground-state electron configurations of the elements. (249)
Оксидловчи	–узига электрон кабул қилган заррача	Реакция обратима я -	реакция, протекающая в данных условиях в двух взаимно противоположны	autoionizat ion (also <i>self-</i>	A reaction in which two molecules of a substance react to give ions. The most

			х процессах	ionization)	important example is for water:
Полимерлан иш	– бир хил молекулаларнинг бирикиб, бир мунча йирик молекулар хосил қилиш процесси;	Реакция окислительно-восстановительная -	реакция, протекающая с изменением степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ	average rate	The change in concentration of reactants (or products) divided by a finite time period. (501)
Процент концентрации	– 100 гр. Эритмада эриган модданинг граммлар хисобидаги миқдори	Реакция разложения -	реакция, в результате которой из одного исходного вещества образуются два или более продукта	Avogadro's law	The gas law stating that, at fixed temperature and pressure, equal volumes of any ideal gas contain equal numbers of particles, and, therefore, the volume of a gas is directly proportional to its amount (mol): $V \propto n$. (156)
Руда	– таркибида металлларнинг табиий бирикмалари булган тоғ жинслари	Реакция соединения -	реакция, в результате которой из двух или нескольких простых или сложных веществ образуется новое сложное вещество	Avogadro's number	A number (6.022X 10 ²³ to four significant figures) equal to the number of atoms in exactly 12 g of carbon-12; the number of atoms, molecules, or formula units in one mole of an element or compound. (72)
Силикатлар	– силикат ва полисиликат кислоталарнинг тузлари;	Сложные вещества -	вещества, молекулы которых состоят из атомов двух и более химических элементов	band of stability	The band of stable nuclides that appears on a plot of number of neutrons versus number of protons for all nuclides. (768)
Термохимия	– химиянинг химиявий	Смещение	переход системы из одного равновесного	band theory	An extension of molecular orbital

	реаксиялар вактида содир буладиган энергетикавий ходисаларни текширувчи кисми	химического равновесия -	состояния в другое, отличающееся от первого концентрациями участвующих веществ и скоростями реакций		(MO) theory that explains many properties of metals and other solids, in particular, the differences in electrical conductivity of conductors, semiconductors, and insulators. (382)
Титр	– эритманинг 1 миллилитрида булган эрувчи модданинг огирлик микдори	Соли двойные -	соли, в которых с ионом кислотного остатка связаны ионы разных металлов	barometer	A device used to measure atmospheric pressure. Most commonly, a tube open at one end, which is filled with mercury and inverted into a dish of mercury. (150) base In common laboratory terms, any species that produces OH ⁻ ions when dissolved in water. (126) [See also Arrhenius, Brønsted- Lowry, and Lewis acid-base definitions.] base- dissociation (base- ionization) constant (K _b) An equilibrium constant for the reaction of a base (B) with H ₂ O to yield the conjugate acid (BH ⁺) and OH ⁻ :
Валентлик	– у ёки бу элемент атомининг уз атрофида бошка неча атомни ушлаб	Соли кислые -	продукты неполного замещения атомов водорода в молекуле кислоты на металл	base pair	Two complementary mononucleotide bases that are H bonded to each other; guanine (G) always pairs with

	тура олиш кобилияти.				cytosine (C), and adenine (A) always pairs with thymine (T) (or uracil, U). (490)
Халкогенлар	– O, C, Se Te элементларнинг умумий номи;	Соли комплексные -	соли, в которых хотя бы одна связь образована по донорно-акцепторному механизму	base unit (also <i>fundamental unit</i>)	A unit that defines the standard for one of the seven physical quantities in the International System of Units (SI). (14)
Халководоролар	– кислород группачасидаги элементларнинг водородли бирикмалари;	Соли основны е -	продукты неполного замещения гидроксогрупп в молекуле оснований на кислотные остатки	battery	A group of voltaic cells arranged in series; primary and secondary types are self-contained, but flow batteries are not. (713)
Кимёвий элемент	– узида муайян хоссаларни мужассамлаштираган атомлар тури, ядроларнинг зарядлари бир хил булган атомлар тури	Соли смешанные —	соли, состоящие из одного и того же катиона металла и анионов различных кислот	bent shape (also <i>V shape</i>)	A molecular shape that arises when a central atom is bonded to two other atoms and has one or two lone pairs; occurs as the AX ₂ E shape class (bond angle < 120°) in the trigonal planar arrangement and as the AX ₂ E ₂ shape class (bond angle < 109.5°) in the tetrahedral arrangement. (314) beta decay A radioactive change that encompasses any of three specific processes— p- decay, p+ emission, and e- capture. (767) P ₋ decay A radioactive process in which a beta

					particle is emitted from a nucleus. (767)
Ёниш	– иссиклик ва ёруглимк чиқариш билан борадиган тез оксидланиш процесси	Соли средние или нормальные -	продукты полного замещения атомов водорода в молекулы кислоты на ионы металлов	beta particle (p, p⁻, or ⁰p)	A negatively charged particle, identified as a high-speed electron, that is one of the common types of radioactive emissions. (765)
Аллотропия	– муайян химиявий элемент атомларининг икки ёки бир неча хил оддий модда ҳосил қилиш ходисалари	Сродство к электрону -	энергия, которая выделяется при присоединении электрона к нейтральному атому, т.е. при превращении атома в отрицательно заряженный ион (анион)	bimolecular reaction	An elementary reaction involving the collision of two reactant species. (525)
Алюмосилик атлар	– таркибида алюминий оксид ҳам буладиган силикатлар.	Степень гидролиза -	отношение количества соли, подвергающееся гидролизу к общему числу растворенной в воде соли	binary covalent compound	A compound that consists of atoms of two elements in which bonding occurs primarily through electron sharing. (58)
Анионлар	– манфий зарядланган ионлар	Степень диссоциации -	отношение числа молекул, распавшихся на ионы в данном растворе, к общему числу растворенных молекул, введенных в раствор	binary ionic compound	A compound that consists of the oppositely charged ions of two elements. (49)
Атом огирлик	– элемент атомининг углерод бирлигида ифодаланган огирлиги.	Стехиометрия – раздел	химии, в котором рассматриваются массовые и объемные соотношения между реагирующими веществами,	bond order	The number of electron pairs shared by two bonded atoms. (285)

			вывод химических форму и составлением химических реакций		
Бертолидлар	– узгарувчан таркибли бирикмалар	Структурная формула -	отражает пространственное расположение частиц, т.е. геометрическую форму молекулы	bonding MO	A molecular orbital formed when wave functions are added to each other, which increases electron density between the nuclei. Electrons occupying such an orbital stabilize the molecule. (338)
Богланиш энергияси	– химиявий богни узиб юбориш учун зарур булган энергия микдори.	Тепловый эффект реакции -	количество выделяемой или поглощаемой во время химической реакции теплоты	bonding pair (also <i>shared pair</i>)	An electron pair shared by two nuclei; the mutual attraction between the nuclei and the electron pair forms a covalent bond. (285)
Далтонидлар	– узгармас таркибли бирикмалар	Тягучест ь -	способность металлов выпрягаться в нить, т.е. изменять свою форму на ударе, прокатываться в проволоку.	Boyle's law	The gas law stating that, at constant temperature and amount of gas, the volume occupied by a gas is inversely proportional to the applied (external) pressure: $V \propto 1/P$ (154) Brønsted-Lowry acid-base definition A model of acid-base behavior based on proton transfer, in which an acid and a base are defined, respectively, as species that donate and accept a proton. (588) buffer (See acid-base buffer.)

Давр	– хар кайси ишқорий металлдан галогенгача булган элементлар катори.	Фаза -	часть системы, которая отделена от других частей поверхностью раздела	buffer capacity	A measure of the ability of a buffer to resist a change in pH; related to the total concentrations and relative proportions of buffer components. (623)
Диффузия	– бир модда заррачаларининг икки модда ичида уз-узича бир текисда таксимланиши	Физические явления -	явления, при которых не происходит превращений одних веществ в другие, а меняются их форма и размеры тел	buffer range	The pH range over which a buffer acts effectively. (624)
Экзотермическая реакция	– иссиқлик чиқиши билан борадиган реакция.	Химическая кинетика -	раздел химии, изучающий скорость химических реакций, механизмы их протекания и факторы, влияющие на скорость	calibration	The process of correcting for systematic error of a measuring device by comparing it to a known standard. (25) calorie (cal) A unit of energy defined as exactly 4.184 joules; originally defined as the heat needed to raise the temperature of 1 g of water 1°C (from 14.5°C to 15.5°C). (193) calorimeter A device used to measure the heat released or absorbed by a physical or chemical process taking place within it.
Электролитлар	– эритмалари ёки суюқланмалари электр токини утказадиган моддалар.	Химическая коррозия -	непосредственно взаимодействие металла с токонепроводящей внешней средой	capillarity (or <i>capillary action</i>)	A property that results in a liquid rising through a narrow space against the pull of gravity. (370)

Электролиз	– электр токи таъсирида электролит эритмаларда ёки суюкланмаларда борадиган оксидланиш-кайтарилиш процесси;	Химическая формула -	способ отражения химического состава вещества посредством химических знаков и индексов.	carbonyl group	The C=O grouping of atoms. (479) carboxylic acid An organic compound (ending, -oic acid) :O:
Эндотермическая реакция	– иссиқлик ютилиши билан борадиган реакция	Химические явления, или химические реакции -	явления, при которых происходит превращения одних веществ в другие	catalyst	A substance or mixture that increases the rate of a reaction without being used up in the process. (530) catenation The process by which atoms of an element bond to each other in chains; most common with carbon in organic compounds but also occurs with boron, silicon, sulfur, and several other elements. (460)
Энергия	– жисм харакатининг улчови.	Химический элемент -	определенный вид атомов с одинаковым положительным зарядом ядра	cathode	The electrode at which reduction occurs in an electrochemical cell. Electrons enter the cell and are acquired by the oxidizing agent at the cathode. (692)
Еритма	– икки ёки ундан ортиқ компонентлардан иборат гомоген система	Химическое уравнение -	условная запись химической реакции с помощью химических знаков и формул в стехиометрической	cathode ray	The ray of light emitted by the cathode (negative electrode) in a gas discharge tube; travels in straight lines, unless

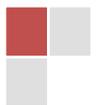
			их соотношениях		deflected by magnetic or electric fields. (40) cation A positively charged ion. (49)
Эркин радикаллар	– туйинмаган валентликка эга булган заррачалар	Химия -	наука о составе, строении, свойствах и превращениях веществ, а также явлениях, сопровождающих эти превращения	cell potential (f_{cell}) (also <i>electromotive force</i> , or <i>emf</i> ; <i>cell voltage</i>)	The potential difference between the electrodes of an electrochemical cell when no current flows. (697)
Ерувчанлик	– модданинг бирор эритувчида эрий олиш хусусияти	Эквивалент кислоты -	отношение молярной массы кислоты к ее основности, т.е. к количеству атомов водорода в кислоте	Celsius scale (formerly <i>centigrade scale</i>)	A temperature scale in which the freezing and boiling points of water are defined as 0°C and 100°C, respectively. (18)
Фаза	– гетероган системанинг бошка кисмларидан чегара сиртлар билан ажраган гомоген кисми	Эквивалент основания -	отношение молярной массы основания к числу гидроксогрупп в молекуле основания	chain reaction	In nuclear fission, a self-sustaining process in which neutrons released by splitting of one nucleus cause other nuclei to split, which releases more neutrons, and so on. (786)
Фосфоресенция	– моддаларнинг коронгида шуълаланиш ходисаси;	Эквивалент соли -	отношение молярной массы соли к произведению числа атомов металлов в молекуле соли и валентности этого металла	change in enthalpy (ΔH)	The change in internal energy plus the product of the constant pressure and the change in volume: $\Delta H = \Delta E + P\Delta V$; the heat lost or gained at constant pressure: $\Delta H = q_P$ (195)
Гетероген система	– бир-биридан сирт чегаралари билан ажралган	Эквивалентная масса -	масса одного эквивалента	charge density	The ratio of the charge of an ion to its volume. (398)

	моддалар системаси				
Гидридлар	– таркибида бирор элемент ва водород булган бирикмалар	Эквивалентный объём -	объем, занимаемый одним эквивалентом вещества в газообразном состоянии	Charles's law	The gas law stating that at constant pressure, the volume occupied by a fixed amount of gas is directly proportional to its absolute temperature: $V \propto T$. (154)
Грамм атом	– элементнинг атом оғирлигига сон жихатдан тенг булиб, грамм хисобида олинган миқдори.	Электродиз -	окислительно-восстановительные процессы, происходящие на электродах при прохождении постоянного электрического тока через растворы или расплавы электролитов	chelate	A complex ion in which the metal ion is bonded to a bidentate or polydentate ligand. (744)
Грамм эквивалент	– модданинг эквивалент оғирлигига сон жихатдан тенг қилиб, грамм хисобида олинган миқдори.	Электродиты -	вещества, растворы или расплавы которых проводят электрический ток	chemical bond	The force that holds two atoms together in a molecule (or formula unit). (49)
Грамм молекула	– модданинг молекуляр оғирлигига сон жихатдан тенг қилиб, грамм хисобида олинган миқдори.	Электрон -	отрицательно заряженная частица	chemical change (also <i>chemical reaction</i>)	A change in which one or more substances are converted into one or more substances with different composition and properties. (4) chemical equation A statement that uses chemical formulas to express the identities and quantities of the

					substances involved in a chemical or physical change. (85)
Группа	– битта вертикал каторга жойлашган ухшаш элементлар катори	Электронный слой -	совокупность электронов, находящихся на одном энергетическом уровне	chemical formula	A notation of atomic symbols and numerical subscripts that shows the type and number of each atom in a molecule or formula unit of a substance. (53)
Индикаторлар	– ранги водород ионларининг концентрасиясига қараб узгарадиган моддалар	Электроотрицательность -	величина, количественно характеризующая способность атома присоединять к себе электроны, которые участвуют в образовании химических связей с другими атомами в молекуле	chemical kinetics	The study of the rates and mechanisms of reactions. (499)
Ингибиторлар	– металл коррозиясини секинлаштирувчи моддалар	Электрохимическая коррозия -	процесс разрушения металлов в растворе электролита	absorption spectrum	The spectrum produced when atoms absorb specific wavelengths of incoming light and become excited from lower to higher energy levels. (228)
Ионлар	– атом ёки молекулаларнинг электрон бериши ёки қабул қилиб олиши натижасида ҳосил буладиган заррачалар	Электрохимический ряд напряжения		accuracy	The closeness of a measurement to the actual value. (24)

Изобарлар	– атом огирликлари бир-бирига тенг, лекин ядро зарядлари бошка-бошка булган элементлар.	Эмульсии -	дисперсная система, в которой дисперсная фаза и дисперсионная среда являются жидкостями, взаимно не смешивающимися	acid acid anhydride	In common laboratory terms, any species that produces H ⁺ ions when dissolved in water. (126) [See also Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis acid-base definitions.]
Изотоплар	– ядро зарядлари бир хил, лекин атом огирликлари бир-бирларидан фарк қиладиган элементлар.	Энергетический уровень -	совокупность орбиталей, которые имеют одинаковое значение главного квантового числа	acid-base buffer (also buffer)	A solution that resists changes in pH when a small amount of either strong acid or strong base is added. (618)
Жисм	– модданинг фазода чегараланган кисми.	Энергия ионизации -	количество энергии, которое необходимо затратить для отрыва наиболее слабого электрона от невозбуждённого атома, иона или молекулы с превращением его в положительно заряженный ион (катион)	acid-base indicator	An organic molecule whose color is different in acid and in base and is used to monitor the equivalence point of a titration or the pH of a solution. (588)
Катализатор	– реакция тезлигини узгартирадиган, лекин реакция натижасида химиявий жихатдан узгармайдиган модда	Ядерная реакции -	процесс, в результате которого происходит превращение одних атомных ядер в другие	acid-base reaction	Any reaction between an acid and a base. (126) (See also neutralization reaction.)
Катионлар	– мусбат зарядланган ионлар	Ядро -	положительно заряженная частица, состоящая из протонов и нейтронов	acid-base titration curve	A plot of the pH of a solution of acid (or base) versus the volume of base (or acid) added to the solution. (626)

3. ИЛОВАЛАР



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

Рўйхатга олинди:
№ _____
201_ йил “ ___ ” _____

ТАСДИҚЛАЙМАН
Ўқув ишлари бўйича проректор
_____ О.Зарипов
201_ йил “ ___ ” _____

НЕФТЬ ВА ГАЗ МАҲСУЛОТЛАРИНИ ЗАМОНАВИЙ ФИЗИК-КИМӢВИЙ ТАҲЛИЛ
УСУЛЛАРИ
ФАН ДАСТУРИ

Билим соҳалари:	300000	–	Ишлаб чиқариш - техник соҳа;
Таълим соҳалари:	310000	–	Мухандислик иши;
Таълим йўналишлари:	5321400		-Нефть-газ кимё саноати технологияси

Тошкент – 2019

Фан дастури Тошкент давлат техника университетида ишлаб чиқилди.

Тузувчилар:

Г.А. Таджикиева	- ТДТУ, ГКФ “Нефть-газни қайта ишлаш объектлари” кафедра ассистенти
Ж. Саидов	-ТДТУ, ГКФ, “Нефть-газни қайта ишлаш объектлари” кафедра ассистенти

Такризчилар:

У.К.Уринов	- ТДТУ, Нефть-газни қайта ишлаш объектлари т.ф.б. ф.д PhD.;
С.Ш. Хабибуллаев	-ТДТУ, Геология-қидирув факультет декан муовини т.ф.б. ф.д PhD.;

Фан дастури Тошкент давлат техника университети Кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган (201__ йил “__” _____ даги ____ - сонли баённома).

1. Ўқув фанининг долзарблиги ва олий касбий таълимдаги ўрни

Ушбу ўқув дастур нефтни қайта ишлаш технологияси, аппаратлар жараёни ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш келажакда мутахассисларни тайёрлашда замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари билан боғлиқ бўлган масалаларни қамраб олган. “Замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари” ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида талаба амалга ошириладиган масалалар доирасида: нефть ва газ саноати корхоналари лабораторияларида қўлланиладиган аналитик кимёни бир бўлаги бўлган физик-кимёвий таҳлилида маҳсулотларини сифатини ва миқдорини аниқлайдиган усуллар билан танишади. Бу усуллар нафақат нефть ва газ хом ашёларни сифатини ва миқдорини ёки атроф-муҳит ифлосланиши ва экологик тизимини аниқлашда катта аҳамиятга эга.

Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган нефть ва газ кимёси, аналитик кимё, математика ва информатика, технологик жараёнларни автоматлаштириш, экология ва бошқа фанларни билишга асосланади.

2. Ўқув фанининг мақсади ва вазифаси

Фанни ўқитишдан мақсад – Талабаларга органик моддалар ва нефть ва газ маҳсулотларини таҳлил қилишнинг физик-кимёвий усуллари бўйича асосий илмий, назарий ва амалий билим беришдир. Фаннинг вазифаси-таҳлил қилиш ва ҳисоблаш усулларини, технология оқимидаги катталикларни назоратини ўргатишдан иборат.

Нефть, газ маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлил қилиш усуллари ҳақида моддаларни анализ қилишнинг оптик усули жихозлари (ультрабинавша, инфрақизил спектрал мосламалар) ва масс-спектроскоп, газ-суюқлик хроматография *масаввурга эга бўлиши*;

Мосламаларининг тузилиши ва ишлаш принципларини ўрганади; нефть, газни қайта ишлаш технологияси жараёнларини, улардан олинадиган маҳсулотларни сифатини физик-кимёвий усуллар билан назорат қилиш усулларини *билиши ва улардан фойдана олиши*;

Физик-кимёвий таҳлил қилиш мосламаларидан олинган натижаларини ҳисоблаш усулларини билади ва таҳлил қила олади; спектрал таҳлил қилиш усули билан моддаларнинг сифати, тузилиши ва таркиби ҳақида маълумот бера олиш *кўникмаларига эга бўлиши керак*.

3. Асосий назарий қисм (маъруза машғулоти)

1-модуль. Нефть ва газ маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлили

1-мавзу. Нефть ва газ маҳсулотларини тузилишини тадқиқ қилишда физик-кимёвий таҳлил усуллардан фойдаланишнинг асосий тушунчалари

Тўлқиннинг тезлиги, узунлиги ва частотаси. Ядро магнит резонанс. Электронларнинг тақсимланиши. Электромагнит спектрларини ўрганиш.

2-мавзу. Ёруғликнинг ютилиш қонуниятлари ва ютилиш спектрларини ифодалаш усуллари

Оптик спектрлар Ламберт-Бугер-Бер қонуни. Муайян частотада тўлқинларнинг ютилиши. Экстинкция ёки моляр ютилиш.

2-модуль. Оптик таҳлил усуллари. Фотокалориметрик таҳлил усуллари. Бегер-Ламберт-Бер қонуни.

3-мавзу. Нур ютилишининг асосий қонуни.

Фотокалориметрик таҳлил. Ҳотказувчанлик коэффиенти. Оптик зичлик. Нур ютилиш спектрлари. Рангли эритмалар концентрацияларини аниқлаш усуллари

3-модуль. Таҳлилнинг спектроскопия усуллари

4-мавзу. Ультрабинафша спектроскопия (УБ). Нефт маҳсулотларидан олинган кўп атомли молекулалар спектрлари

Ультрабинафша спектроскопия. Электрон спектроскопияда ўтишлар. Нефть маҳсулотларидан олинган органик моддаларни тузилишини ўрганиш. Бензол ҳалқасига ўринбосарнинг киритилиши. Спин ўзгариши.

5-мавзу. Инфрақизил (ИҚ)-спектроскопия таҳлил усули

Молекулада атомлар ўзаро кимёвий боғланганлиги ва доимий тебранма ҳаракатда бўлиши. Нур энергияси таъсирида молекула ўтиши. Валент тебранишлар. Деформацион тебранишлар.

6-мавзу. Инфрақизил спектроскопия усулида нефт ва газдан олинган органик моддаларнинг тузилишини ўрганиш

Нефтдан ёки газдан ажратиб олинган номаълум модданинг ИҚ-спектрини маълум модда спектри билан таққослаш. Изомерларнинг спектрини эталон намуна билан таққослаш. ИҚ-спектрда шу боғларнинг ютилиши максимумини кузатиш билан аниқлаш.

7-мавзу. Ядро магнит резонанси (ЯМР) усулининг назарий асослари.

Ядро спин квант сони билан тавсифланиши. ядрога мусбат заряднинг тақсимланши. Моддаларни ядромагнит резонанс усулида текшириш. Спинни заррачанинг ўз ўқи атрофида ҳаракат қилиши. Ядро магнит резонанси усулининг моҳияти.

8-мавзу. Ядро магнитрезонанси спектроскопиясида сигналларнинг ўрни, ва кимёвий силжиш

Локал магнит майдонининг ҳосил бўлиши. Кимёвий силжиш. Экранлашиш ёки дезэкранлашишнинг кузатилиши. Анизотроп гуруҳлар.

9-мавзу. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар сони.

Эквивалент ва ноэквивалент протонлар. Спектрда метил радикал протонларининг эквивалентлиги. Конформацияларнинг ёки конфигурацияларнинг бир-бирига секин ўтиши ва уни ЯМРда кайд қилиниши.

10-мавзу. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар жадаллиги

Интегратор қурилмасида жадалликни аниқлаш. “Зина”ларнинг баландликлари ўлчаб олингандан кейинги бажариладиган иш. Номаълум модда спектрини топиш.

11-мавзу. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналларнинг ажралиб кетиши.

Б протоннинг локал майдон ҳосил қилиши. Локал майдоннинг ташқи майдонга таъсири. Қўшни протонлар таъсирида спектрдаги сигналларнинг ажралиб кетиши. Спектрдаги дублет, триплетларнинг умумий номланиши.

4-модуль. Таҳлилнинг спектрометрия усули

12-мавзу. Масс-спектрометрия таҳлил усули

Модданинг масс-спектрал асбоблар ёрдамида текширилиши. Спектрдаги жадаллик чўққиларининг ҳосил бўлиши. Изотоплардан масс-спектрометрияда ҳам фойдаланиш. Метастабил ионлардан фрагментланиш схемасини тузиш.

13-мавзу. Масс-спектрометрияда ион ва фотонларнинг пайдо бўлиш жараёни. Парчаланиш турлари ва уларга таъсир қилувчи омиллар

Гетероатом тутувчи органик бирикмаларда заряднинг углерод атомларида йиғилиши. Ароматик система электронлардан бирининг “уриб” чиқарилиши ва ҳосил бўладиган мусбат заряднинг бутун молекулага тарқалиши. Фрагментланиш натижасида ҳосил бўладиган ионлар барқарорлиги.

14-мавзу. Нефть ва газ маҳсулотларидан олинган органик бирикмаларни тузилишини ўрганишда масс-спектрометрияни қўллаш

Алканлар. Алканлар ва алкинлар. Галогенли ҳосилалар. Спиртлар. Альдегид ва кетонлар. Бензол ва унинг ҳосилалари. Феноллар ва ароматик аминлар.

4-модуль. Хроматографик таҳлил усуллари

15-мавзу. Хроматографик таҳлил усулининг назарий асослари

Хроматографик таҳлилда хроматограмманинг ўлчамлари. Хроматографик ажратишнинг самарадорлиги. Ажратишни баҳолаш мезони

16-мавзу. Хроматографияда адсорбентлар ва уларни қўллаш усуллари.

Силикагель. Аллюминий оксиди. Цеолитлар. Ғовак шишалар. Фаоллантирилган кўмирлар. Графитланган курум. Полимер сорбентлар. Ғовак полимерлар. Юза қатламли сорбентлар. Юзаси ғовак адсорбентлар. Газ ташувчи.

17-мавзу. Хроматографияда ишлатиладиган колонка ва детекторлар.

Хроматографик колонканинг конструкцион талаблари. Детекторлар. Детекторларнинг турлари. Катарометрнинг ишлаш принципи. Тутилиб туриш вақти.

18-мавзу. Хроматографияда сифат ва миқдор таҳлили

Газ хроматографиясини сифат таркибини аниқлаш. Хроматографик усул билан моддаларни таҳлил қилиш босқичлари. Нормалаш усули. Мутлақ даражалаш усули.

4. Амалий машғулотлар бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кафедра профессор – ўқитувчилари томонидан кўрсатма ва тавсиялар ишлаб чиқилади. Унда талабалар асосий маъруза мавзулари бўйича олган билим ва кўникмаларини амалий масалалар ечиш орқали янада бойтадилар .

Амалий машғулотларнинг тахминий рўйхати

1. Дастлаб текширилаётган бирикмадаги азотни қайси шаклда эканлигини аниқлаш.
2. Кислороднинг қайси функционал гуруҳга мансублигини аниқлаш.
3. Потенциометрик усулда эритмани рН ини аниқлаш.
4. Иономер қурилмаси билан танишиш.

5. Ютилиш спектрларини ўрганадиган асбоблар спектрометр ва спектрофотометр билан танишиш
6. СФ-46 маркали спектрофотометрлар ишлаш прициплари билан таништириш
7. Юпқа қатламли хроматография хақида тушунча бериш.
- 8. Стандарт эритмаларни тайёрлаш.**
9. Нефт ва газ маҳсулотларидан олинган кимёвий бирикмаларни ажратиш

5. Лаборатория ишлари бўйича кўрсатма ва тасвиялар

Ушбу фан бўйича лаборатория ишлари режалаштирилмаган

6. Курс иши (лойихаси) бўйича кўрсатма ва тасвиялар

Ушбу фан бўйича курс иши режалаштирилмаган.

7. Мустақил таълим ва мустақил ишлар бўйича курсатма ва тасвиялар

Мустақил ўзлаштириладиган мавзулар бўйича талабалар томонидан рефератлар тайёрлаш ва уни тақдимот қилиш тавсия этилади.

Тавсия этиладиган мустақил таълим мавзулари

1. Кимёвий, физик ва физик-кимёвий таҳлил усуллари.
2. Электрокимёвий анализ усуллари.
3. Спектрал ва оптик анализ усуллари.
4. Моддаларнинг эриш температурасини аниқлаш.
5. Оптик спектрлар ва инфрақизил, ультрабинафша ва кўзга кўринадиган нурлардан ҳосил қилинадиган спектрлар.
6. Ютилиш спектрларини ўрганадиган асбоблар спектрометр.
7. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар.
8. Масс-спектрометрияда ион ва фотонларнинг пайдо бўлиш жараёни. Парчаланиш турлари ва уларга таъсир қилувчи омиллар
9. Хроматографияда ишлатиладиган адсорбентлар ва уларни қўллаш усуллари.
10. Юпқа қатламли хроматография асослари.
11. Газ-суюқлик хроматографияда моддаларни ажратиш ва уларни аниқлаш ва хроматография натижаларини ҳисоблаш усуллари.
12. Хроматографик таҳлил усуллари соддалигини, самарадорлигини, танловчанлиги, тезкорлигини, шунингдек, уни бошқа физик-кимёвий усуллар билан биргаликда автоматлаштириш.

8. Асосий ва қушимча ўқув адабиётлари ва ахборот манбалари

Асосий адабиётлар

1. В.П. Васильев. Аналитическая химия. Физико-химические методы М. «Высшая школа», 1989, т. 2.
2. С.И. Искандаров, А.А. Абдусаматов, Р.А. Шоймардонов. Органик химия- Тошкент, «Ўқитувчи», 1979.
3. М. Миркомилова. Аналитик кимё. Тошкент «Ўзбекистон» 1996.
4. Ш.Н. Назаров, З.А. Аминов. Аналитик химия, «Ўқитувчи» 1984.
5. Терентев Л. И. Масс-спектрокопия в органической химии. М.: Наука, 1984.
6. Б.В. Айвазов. Введение в хроматографию. М. «Высшая школа», 1983.
7. Р. Драго. Физические методы в химии. т. 2. Пер. с англ. /Под. ред. О.А. Реутова.- «Мир» 1981.
8. З.У. Суннатов, А. Икромов. «Нефть ва газ саноати кимёвий технологияларининг долзарб муаммолари», Илмий-амалий конференциялар тўплами. 2009.

Қўшимча адабиётлар

9. О.Я. Нейланд. Органическая химия, - М Высшая школа, 1990.
10. О. Файзуллаев., Аналитик кимё. Тошкент. « Янги аср авлоди». 2006.
11. И.М. Кустанович. Спектральный таҳлил, М. «Мир», 1984.
12. Й.Бобожонов. Оценка объемов отложений для их утилизации при очистки газопровода. Материалы международной научно-технической конференции. Ташкент. 2009.

Интернет сайтлари

12. www.gov.uz– Ўзбекистон Республикаси ҳукумат портали.
13. www.lex.uz – Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси.
14. Google.ru. Трубопроводный транспорт нефти и газа
15. www.oil and gas.com.
15. www.oil and gas library.com.
17. www.wikipedia.ru
18. www.artphotoclub.com
19. www.inpath.ru
20. www.geologiya.ru
21. www.Ziyo.net.

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Тошкент давлат техника университети

Рўйхатга олинди
№ _____
« _____ » _____ 201_ йил

ТАСДИҚЛАЙМАН
Ўқув ишлари бўйича проректор
_____ О.Зарипов
“ _____ ” _____ 201_ йил

НЕ
ФТ
Ъ
ВА
ГА

3 МАҲСУЛОТЛАРИНИ ЗАМОНАВИЙ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ТАҲЛИЛ УСУЛЛАРИ

ФАН ИШЧИ ДАСТУРИ

Билим соҳаси: 300000 - Ишлаб чиқариш-техник соҳа;
Таълим соҳаси: 310000 - Мухандислик иши;
Таълим йўналиши: 5321400 - Нефть-газкимё саноати технологияси

Таълим йўналиши (мутахассислик) коди ва номи	Талабанинг ўқув юкламаси, соат							Сем	соат
	Умумий юклама хажми	Аудитория машғулоти							
		Жами	Маъруза	Амалий машғулот	Лабор.иши	Семинар	Курс иши		
5321400-Нефть-газ кимё саноати технологияси	100	54	36	18	-	-	-	46	100

Тошкент – 2019

Ишчи ўқув дастур Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида № _____ рақам билан рўйхатга олинган ва 201_ йил “__” _____ да _____ - сонли буйруқ билан тасдиқланган намунавий фан дастури асосида тузилган.

Тузувчилар:

Г.А.Таджиева ТДТУ, ГҚФ “Нефт-газ қайта ишлаш объектлари”
кафедраси ассистети

Ж.Э.Саидов - ТДТУ, ГҚФ “Нефт-газ қайта ишлаш объектлари”
кафедраси ассистенти

Ишчи ўқув дастур Геология-қидирув факультетининг _____
кафедраси мажлисида (201 йил “__” _____ - сон баённома) муҳокама
этилди ва факультетнинг ўқув-услубий кенгашига тавсия этилди.

Кафедра мудирини _____ доц., т.ф.б.ф.д (PhD) У.К.Ўринов

Котиб _____ доц., к.ф.н. М.А. Эшмухамедов

Дастур Геология-қидирув факультетининг ўқув-услубий кенгашида кўриб
чиқилди (201 йил “__” _____ - сон баённома) ва университетнинг Илмий-
услубий кенгашига тасдиқлашга топширилди.

Ўқув-услубий кенгаш раиси _____ доц. Х.С. Ходжаев

Котиба _____ О.М. Юнусова

Ишчи ўқув дастур университетнинг Илмий-услубий кенгашида кўриб
чиқилди ва тасдиқланди (201 йил ___ июнь ___ -сон мажлис баённомаси).

Илмий-услубий кенгаш котиби

Н.Мамбетов

1. Фаннинг долзарблиги ва олий касбий таълимдаги ўрни.

Ушбу ўқув дастур нефтни қайта ишлаш технологияси, аппаратлар жараёни ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш келажакда мутахассисларни тайёрлашда замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари билан боғлиқ бўлган масалаларни қамраб олган. “Замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари” ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида талаба амалга ошириладиган масалалар доирасида: нефть ва газ саноати корхоналари лабораторияларида қўлланиладиган аналитик кимёни бир бўлаги бўлган физик-кимёвий таҳлилда маҳсулотларини сифатини ва миқдорини аниқлайдиган усуллар билан танишади. Бу усуллар нафақат нефть ва газ хом ашёларни сифатини ва миқдорини ёки атроф-муҳит ифлосланиши ва экологик тизимини аниқлашда катта аҳамиятга эга. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган нефть ва газ кимёси, аналитик кимё, математика ва информатика, технологик жараёнларни автоматлаштириш, экология ва бошқа фанларни билишга асосланади.

2. Фаннинг мақсад ва вазифалари

Фанни ўқитишдан мақсад – Талабаларга органик моддалар ва нефть ва газ маҳсулотларини таҳлил қилишнинг физик-кимёвий усуллари бўйича асосий илмий, назарий ва амалий билим беришдир. Фаннинг вазифаси-таҳлил қилиш ва ҳисоблаш усулларини, технология оқимидаги катталикларни назоратини ўргатишдан иборат.

Нефть, газ маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлил қилиш усуллари ҳақида моддаларни анализ қилишнинг оптик усули жихозлари (ультрабинавша, инфрақизил спектрал мосламалар) ва масс-спектроскоп, газ-суюклик хроматография ҳақида **тасаввурга эга бўлиши;**

Мосламаларнинг тузилиши ва ишлаш принципларини ўрганади; нефть, газни қайта ишлаш технологияси жараёнларини, улардан олинладиган маҳсулотларни сифатини физик-кимёвий усуллар билан назорат қилиш усулларини **билиши ва улардан фойдалана олиши;**

Физик-кимёвий таҳлил қилиш мосламаларидан олинган натижаларини ҳисоблаш усулларини билади ва таҳлил қила олади; спектрал таҳлил қилиш усули билан моддаларнинг сифати, тузилиши ва таркиби ҳақида маълумот бера олиш **кўникмаларига эга бўлиши керак.**

3. Асосий қисм

		Ўқитиш шакллари бўйича ажратилган соат
--	--	--

	Мавзу номи	Умумий юклама	Аудитория машгулотлари (соатда)					Мустақил таълим
			Жами	Маъруза	Амалиёт (семинар) машгулот	Лаборатория иши	Курс иши (лойиҳаси)	
1.	Нефть ва газ маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлили.	4	2	2	-	-	-	2
2.	Ёруғликнинг ютилиш қонуниятлари ва ютилиш спектрларини ифодалаш усуллари.	6	4	2	-	-	-	2
3.	Оптик таҳлил усуллари. Фотоколориметрик таҳлил усуллари. Бегер-Ламберт-Бер қонуни. Нур ютилишининг асосий қонуни.	6	4	2	-	-	-	2
4.	Таҳлилнинг спектроскопия усуллари. Ультрабинафша спектроскопия (УБ). Нефть маҳсулотларидан олинган	6	4	2	-	-	-	2
5.	Инфрақизил (ИҚ) спектроскопия таҳлил усули.	4	4	2	-	-	-	2
6.	Инфрақизил (ИҚ) спектроскопия таҳлил усулида нефть ва газдан олинган органик моддаларнинг тузилишини ўрганиш.	6	4	2	2	-	-	2
7.	Ядро-магнит резонанси (ЯМР) усулининг назарий асослари.	6	4	2	-	-	-	2
8.	Ядро-магнит стрескопиясида сигналларнинг ўрни ва кимёвий силжиши.	6	2	2	-	-	-	2
9.	Ядро-магнит резонанси (ЯМР) спектроскопияда сигналлар сони.	6	2	2	-	-	-	2
10.	Ядро-магнит резонанси (ЯМР) стрескопиясида сигналлар жадаллиги.	4	4	2	2	-	-	4
11.	Ядро-магнит резонанси (ЯМР) стрескопиясида сигналларнинг ажралиб кетиши.	6	2	2	2	-	-	4
12.	Масс-спектрометрия таҳлил усули.	4	2	2	2	-	-	2
13.	Масс-спектрометрияда ион ва фотонларнинг пайдо бўлиш	6	4	2	-	-	-	4

	жараёни. Парчаланиш турлари ва уларга таъсир қилувчи омиллар.							
14.	Нефть ва газ маҳсулотларидан олинган органик бирикмаларни тузилишини ўрганишда масс-спектрометрияни қўллаш.	8	4	2	2	-	-	4
15.	Хроматографик таҳлил усулининг назарий асослари.	4	2	2	-	-	-	4
16.	Хроматографияда адсорбентлар ва уларни қўллаш усуллари.	6	2	2	2	-	-	2
17.	Хроматографияда ишлатиладиган колонка ва детекторлар.	6	2	2	2	-	-	2
18.	Хроматографияда сифат ва миқдор таҳлили.	4	2	2	2	-		2
	Фан бўйича ҳаммаси	100	54	36	18	-	-	46

Назарий қисм (маърузалар)

1-модуль. Нефть ва газ маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлили
1-мавзу. Нефт ва газ маҳсулотларини тузилишини тадқиқ қилишда физик-кимёвий таҳлил усуллардан фойдаланишнинг асосий тушунчалари
Тўлқиннинг тезлиги, узунлиги ва частотаси. Ядро магнит резонанс.

Электронларнинг тақсимланиши. Электромагнит спектрларини ўрганиш.

2-мавзу. Ёруғликнинг ютилиш қонуниятлари ва ютилиш спектрларини ифодалаш усуллари

Оптик спектрлар Ламберт-Бугер-Бер қонуни. Муайян частотада тўлқинларнинг ютилиши. Экстинкция ёки моляр ютилиш.

2-модуль. Оптик таҳлил усуллари. Фотокалориметрик таҳлил усуллари. Бегер-Ламберт-Бер қонуни.

3-мавзу. Нур ютилишининг асосий қонуни.

Фотокалориметрик таҳлил. Ўтказувчанлик коэффиенти. Оптик зичлик. Нур ютилиш спектрлари. Рангли эритмалар концентрацияларини аниқлаш усуллари

3-модуль. Таҳлилнинг спектроскопия усуллари

4-мавзу. Ультрабинафша спектроскопия (УБ). Нефт маҳсулотларидан олинган кўп атомли молекулалар спектрлари

Ультрабинафша спектроскопия. Электрон спектрископияда ўтишлар. Нефть маҳсулотларидан олинган органик моддаларни тузилишини ўрганиш. Бензол ҳалқасига ўринбосарнинг киритилиши. Спин ўзгариши.

5-мавзу. Инфрақизил (ИҚ)-спектроскопия таҳлил усули

Молекулада атомлар ўзаро кимёвий боғланганлиги ва доимий тебранма ҳаракатда бўлиши. Нур энергияси таъсирида молекула ўтиши. Валент тебранишлар. Деформацион тебранишлар.

6-мавзу. Инфрақизил спектроскопия усулида нефт ва газдан олинган органик моддаларнинг тузилишини ўрганиш

Нефздан ёки газдан ажратиб олинган номаълум модданинг ИҚ-спектрини маълум модда спектри билан таққослаш. Изомерларнинг спектрини эталон намуна билан таққослаш. ИҚ-спектрда шу боғларнинг ютилиши максимумини кузатиш билан аниқлаш.

7-мавзу. Ядро магнит резонанси (ЯМР) усулининг назарий асослари.

Ядро спин квант сони билан тавсифланиши. ядрода мусбат заряднинг тақсимланши. Моддаларни ядромагнит резонанс усулида текшириш. Спинни заррачанинг ўз ўқи атрофида ҳаракат қилиши. Ядро магнит резонанси усулининг моҳияти.

8-мавзу. Ядро магнитрезонанси спектроскопиясида сигналларнинг ўрни, ва кимёвий силжиш

Локал магнит майдонининг ҳосил бўлиши. Кимёвий силжиш. Экранлашиш ёки дезэкранилашишнинг кузатилиши. Анизотроп гуруҳлар.

9-мавзу. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар сони.

Эквивалент ва ноэквивалент протонлар. Спектрда метил радикал

протонларининг эквивалентлиги. Конформацияларнинг ёки конфигурацияларнинг бир-бирига секин ўтиши ва уни ЯМРда кайд қилиниши.

10-мавзу. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар жадаллиги

Интегратор қурилмасида жадалликни аниқлаш. “Зина”ларнинг баландликлари ўлчаб олингандан кейинги бажариладиган иш. Номмаълум модда спектрини топиш.

11-мавзу. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналларнинг ажралиб кетиши.

Б протоннинг локал майдон ҳосил қилиши. Локал майдоннинг ташқи майдонга таъсири. Қўшни протонлар таъсирида спектрдаги сигналларнинг ажралиб кетиши. Спектрдаги дублет, триплетларнинг умумий номланиши.

4-модуль. Таҳлилнинг спектрометрия усули

12-мавзу. Масс-спектрометрия таҳлил усули

Модданинг масс-спектрал асбоблар ёрдамида текширилиши. Спектрдаги жадаллик чўққиларининг ҳосил бўлиши. Изотоплардан масс-спектрометрияда ҳам фойдаланиш. Метастабил ионлардан фрагментланиш схемасини тузиш.

13-мавзу. Масс-спектрометрияда ион ва фотонларнинг пайдо бўлиш жараёни.

Парчаланиш турлари ва уларга таъсир қилувчи омиллар

Гетероатом тутувчи органик бирикмаларда заряднинг углерод атомларида йиғилиши. Ароматик система электронлардан бирининг “уриб” чиқарилиши ва ҳосил бўладиган мусбат заряднинг бутун молекулага тарқалиши. Фрагментланиш натижасида ҳосил бўладиган ионлар барқарорлиги.

14-мавзу. Нефть ва газ маҳсулотларидан олинган органик бирикмаларни тузилишини ўрганишда масс-спектрометрияни қўллаш

Алканлар. Алканлар ва алкинлар. Галогенли ҳосилалар. Спиртлар. Альдегид ва кетонлар. Бензол ва унинг ҳосилалари. Феноллар ва ароматик аминлар.

4-модуль. Хроматографик таҳлил усуллари

15-мавзу. Хроматографик таҳлил усулининг назарий асослари

Хроматографик таҳлилда хроматограмманинг ўлчамлари. Хроматографик ажратишнинг самарадорлиги. Ажратишни баҳолаш мезони

16-мавзу. Хроматографияда адсорбентлар ва уларни қўллаш усуллари.

Силикагель. Алюминий оксиди. Цеолитлар. Ғовак шишалар. Фаоллантирилган кўмирлар. Графитланган қурум. Полимер сорбентлар. Ғовак полимерлар. Юза қатламли сорбентлар. Юзаси ғовак адсорбентлар. Газ ташувчи.

17-мавзу.Хроматографияда ишлатиладиган колонка ва детекторлар.

Хроматографик колонканинг конструкцион талаблари.Детекторлар. Детекторларнинг турлари. Катарометрнинг ишлаш принципи. Тутилиб туриш вақти.

18-мавзу. Хроматографияда сифат ва миқдор таҳлили

Газ хроматографиясини сифат таркибини аниқлаш. Хроматографик усул билан моддаларни таҳлил қилиш босқичлари. Нормалаш усули. Мутлак даражалаш усули.

4.Амалий машғулотлар бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кафедра профессор – ўқитувчилари томонидан кўрсатма ва тавсиялар ишлаб чиқилади. Унда талабалар асосий маъруза мавзулари бўйича олган билим ва кўникмаларини амалий масалалар ечиш орқали янада бойитадилар .

Амалий машғулотларнинг тахминий рўйхати

9. Дастлаб текширилаётган бирикмадаги азотни қайси шаклда эканлигини аниқлаш.
- 10.Кислороднинг қайси функционал гуруҳга мансублигини аниқлаш.
- 11.Потенциометрик усулда эритмани рН ини аниқлаш.
- 12.Иономер қурилмаси билан танишиш.
- 13.Ютилиш спектрларини ўрганадиган асбоблар спектрометр ва спектрофотометр билан танишиш
14. СФ-46 маркали спектрофотометрлар ишлаш прициплари билан таништириш
15. Юпқа қатламли хроматография ҳақида тушунча бериш.

16. Стандарт эритмаларни тайёрлаш.

9. Нефт ва газ маҳсулотларидан олинган кимёвий бирикмаларни ажратиш

5. Лаборатория ишлари бўйича кўрсатма ва тасвиялар

Ушбу фан бўйича лаборатория ишлари режалаштирилмаган

6. Курс иши (лойихаси) бўйича кўрсатма ва тасвиялар

Ушбу фан бўйича курс иши режалаштирилмаган.

7.Мустақил талим ва мустақил ишлар бўйича курсатма ва тасвиялар

Мустақил ўзлаштириладиган мавзулар бўйича талабалар томонидан рефератлар тайёрлаш ва уни тақдимот қилиш тавсия этилади.

Тавсия этиладиган мустақил таълим мавзулари

1. Кимёвий, физик ва физик-кимёвий таҳлил усуллари.
2. Электрокимёвий анализ усуллари.
3. Спектрал ва оптик анализ усуллари.

4. Моддаларнинг эриш температурасини аниқлаш.
5. Оптик спектрлар ва инфрақизил, ультрабинафша ва кўзга кўринадиган нурлардан ҳосил қилинадиган спектрлар.
6. Ютилиш спектрларини ўрганадиган асбоблар спектрометр.
7. Ядро магнит резонанси спектроскопиясида (ЯМР) сигналлар.
8. Масс-спектрометрияда ион ва фотонларнинг пайдо бўлиш жараёни. Парчаланиш турлари ва уларга таъсир қилувчи омиллар
9. Хроматографияда ишлатиладиган адсорбентлар ва уларни қўллаш усуллари.
10. Юпқа қатламли хроматография асослари.
11. Газ-суюқлик хроматографияда моддаларни ажратиш ва уларни аниқлаш ва хроматография натижаларини ҳисоблаш усуллари.
12. Хроматографик таҳлил усуллари соддалигини, самарадорлигини, танловчанлиги, тезкорлигини, шунингдек, уни бошқа физик-кимёвий усуллар билан биргаликда автоматлаштириш.

8. Асосий ва қўшимча ўқув адабиётлари ва ахборот манбалари **Асосий адабиётлар**

7. Васильев В.П. Аналитическая химия. Физико-химические методы М. «Высшая школа», 1989, т. 2.
8. Ляликов Ю.С. Физико-химические методы таҳлила 5-е изд. М.: «Химия» 1974.
9. Искандаров С.И., Абдусаматов А.А., Шоймардонов Р.А. Органик химия-Тошкент, «Ўқитувчи», 1979.
10. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. Изд-во М. «Высшая школа» 1971.
11. Миркомилова М. Аналитик кимё. Тошкент «Ўзбекистон» 1996.
12. Назаров Ш.Н., Аминов З.А. Аналитик химия, «Ўқитувчи», 1984.
13. Терентев Л. И. Масс-спектрокопия в органической химии. М.: Наука, 1984.
14. Айвазов Б.В. Введение в хроматографию. М. «Высшая школа», 1983.
10. Драго Р. Физические методы в химии. т. 2. Пер. с англ. /Под. ред. О.А. Реутова.- «Мир» 1981.
11. Бабушкин А.А. и др. Методы спектрального таҳлила. Изд-во МГУ, 1962.
12. Белами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул ИЛ, М., 1963.

Қўшимча адабиётлар

13. Шавкат Мирзиёев “Эркин ва фаровон, демократик ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз” Ўзбекистон республикаси президенти лавозимидаги киришиш тантанали маросимида бағиитанган олий мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқ. Т.Ўзбекистон-2016 й.

14. Шавкат Мирзиёев “Танқидий таҳлил, қатъий тартиб-интизом ва шахсий жавобгарлик - ҳар бир раҳбар фаолиятининг кундалик қоидаси бўлиши керак” Мамлакатимизни 2016 йилда ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришнинг асосий яқунлари ва 2017 йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг муҳим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамасининг кенгайтирилган мажлисидаги маърузаси. Т.Ўзбекистон-2016 й.

15. Кусаков М.М., Шиманко Н.А., Шишкина М.В. Ультрафиолетовые спектры поглощения ароматических углеводородов. Изд-во АН СССР, М., 1963.

16. Нейланд о.Я. Органическая химия, - М Высшая школа, 1990.

17. Наканаси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. « Мир», М., 1965.

18. Грибов Л.А. Введение в теорию и расчет колебательных спектров многоатомных молекул. Изд-во ЛГУ, 1965.

19. Бранд Дж., Эглинтон Г. Применение спектроскопии в органической химии. « Мир», 1967.

20. Ионин Б.И., Ершов Б. А. ЯМР спектроскопия в органической химии. « Химия», Л., 1967.

21. Файзуллаев О., Аналитик кимё. Тошкент. « Янги аср авлоди». 2006.

22. Кустанович И.М. Спектральный таҳлил, М. «Мир», 1984.

Интернет сайтлари

23. www.gov.uz– Ўзбекистон Республикаси ҳукумат портали.

24. www.lex.uz – Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси.

25. Google.ru. Трубопроводный транспорт нефти и газа

26. www.oil and gas.com.

27. www.oil and gas library.com.

28. www.wikipedia.ru

29. www.artphotoclub.com

30. www.inpath.ru

31. www.geologiya.ru

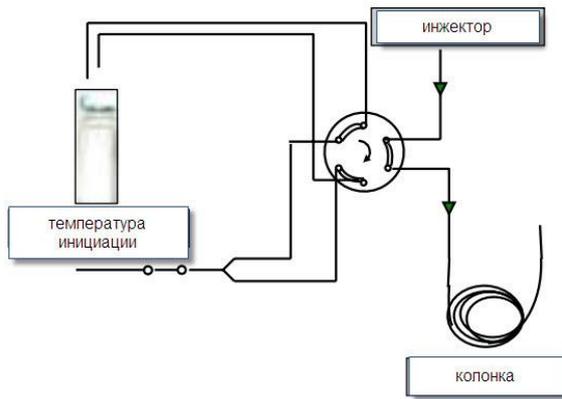
Нефт ва газ маҳсулотларини замонавий физик-кимёвий усуллар
фани бўйича
ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛЛАР

Gaz xromotografyasi

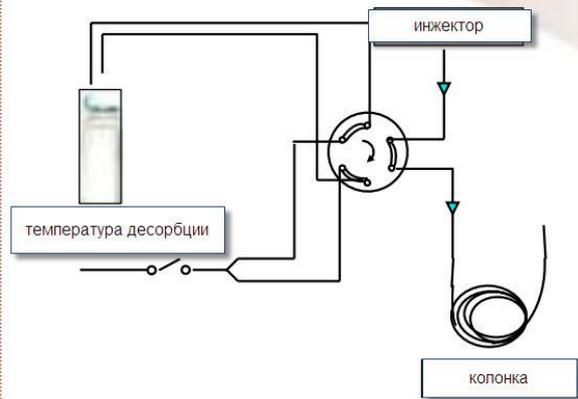
Konik 5000B



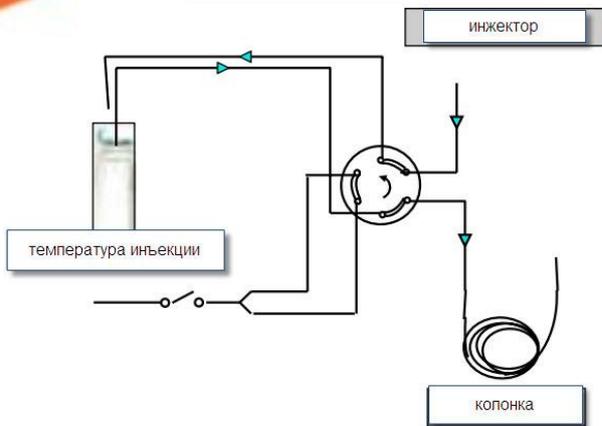
1. Инициация



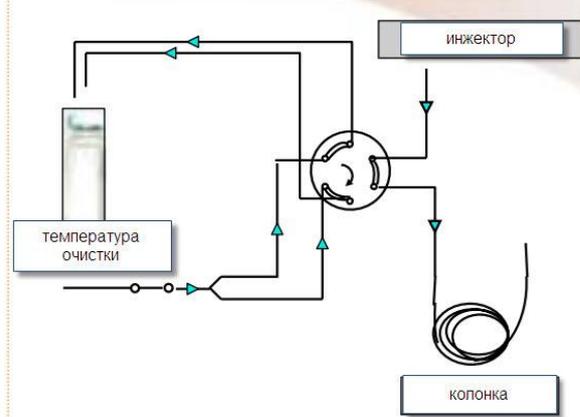
2. Десорбция



3. Инъекция



4. Очистка









Нефт ва газ маҳсулотларини замонавий физик-кимёвий усуллар

фани бўйича

ТЕСТЛАР

1. Бугер-Ламберт-Бер формуласи тўғри кўрсатилган жавобни топинг?

A. $\ln \frac{J_0}{J} = k \cdot n$ *

B. $V = E_1 - E_2$

C. $\Delta E = h\nu = h(c/\lambda)$

2. Бугер-Ламберт-Бер қонунини изоҳланг?

A. Эритмадан ўтаётган нурнинг қатталиги эритмадаги ёруғлик ютаётган модданинг миқдорига тўғри мутаносибдир.

B. Ўтаётган нурнинг тезлиги (сезгирлиги, қатталиги) унинг ўтаётган қаватнинг қалинлиги билан боғлиқдир.*

C. Молекуладаги атомларнинг қўзғатиш учун етарли энергия миқдори электромагнит тўлқинларининг инфрақизил соҳасига мос келади.

3. Ёруғликнинг 1-қонунини ким томонидан топилган?

A. Бер

B. Ламберт Бер

C. Бугер Ламберт *

4. Нернст тенгламаси қайси жавобда тўғри кўрсатилган?

A. $E = E^1 + \frac{\theta}{n} \lg a$ *

B. $V = E_1 - E_2$

C. $\ln \frac{J_0}{J} = k \cdot n$

5. Оптик зичлик қийматининг оралиғи қанчага тенг?

A. 0.4 – 0.8

B. 0.1 – 0.9

C. 0.2 – 0.8 *

6. 200 дан 800 нм оралиғида қандай моддаларнинг спектрлари олинади?

A. Суюқ моддаларнинг

B. Ноорганик моддаларнинг

C. Органик моддаларнинг *

7. Хромофорлар ва ауксохромлар терминини фанга ким киритди?
- А. 1876 й Витт*
 - В. 1862 й Бер
 - С. 1729 й Бугер Ламберт
8. Кўриш соҳасида ўзининг ютилиш паласаси бўлмаган гуруҳлар қайсилар ?
- А. Хромофорлар.
 - В. Ауксохромлар. *
 - С. Гипсохромлар.
9. Гипсохром силжиш яни ...?
- А. Кўк силжиш .*
 - В. Қизил силжиш.
 - С. Яшил силжиш.
10. Батохром силжиш бу ...?
- А. Паласа қисқа тўлқинга силжийди.
 - В. Ютилишнинг сезгирлиги катталашади.
 - С. Паласа узун тўлқин томонга силжийди.*
11. Оптик ускуналарнинг тўғри ишлаётганлигини аниқлаш мақсадида нима ишлатилади?
- А. KCrO_7 нинг H_2SO_4 даги эритмаси.*
 - В. KCrO_7 нинг H_2O даги эритмаси.
 - С. K_2CrO_7 нинг H_2O даги эритмаси.
12. Молекуланинг умумий энергиясини қандай ифодалаш мумкин?
- А. $\nu = 1/2\pi\sqrt{f/m_r}$
 - В. $1/mr = 1/m_1 + 1/m_2$ ёки $mr = m_1 + m_2$
 - С. $E = E_{\text{электрон}} + E_{\text{айланма}} + E_{\text{тебранма}}.$ *
13. Молекуладаги тебранишлар неча хил спектрларда номоён бўлади ?
- А. Бир.
 - В. Икки.*
 - С. Тўрт.

14. Молекула учун инфрақизил соҳасидаги асосий тебранишлар қандай тебранишларга бўлиниди ?

- А. Валент ва деформацион *
- В. Валент ва симметрик
- С. Симметрик ва носимметрик

15. Инфра қизил спектроскопик усулда тўғри чизикли структурага эга бўлган модда учун қандай формула ўринли?

- А. $n=3N - 5^*$
- В. $n= 2N + 6$
- С. $n= 4N - 5$

16. Бугер-Ламберт-Бер формуласи тўғри кўрсатилган жавобни топинг?

- А. $\ln \frac{J_0}{J} = k \cdot n$ *
- В. $V = /E_1 - E_2/$
- С. $\Delta E = h\nu = h(c / \lambda)$

17. Бугер-Ламберт-Бер қонунини изоҳланг?

- А. Эритмадан ўтаётган нурнинг катталиги эритмадаги ёруғлик ютаётган модданинг миқдорига тўғри мутаносибдир.
- В. Ўтаётган нурнинг тезлиги (сезгирлиги, катталиги)унинг ўтаётган қаватнинг қалинлиги билан боғлиқдир.*
- С. Молекуладаги атомларнинг қўзғатиш учун етарли энергия миқдори электромагнит тўлқинларининг инфрақизил соҳасига мос келади.

18. Ёруғликнинг 1-қонунини ким томонидан топилган?

- А. Бер
- В. Ламберт Бер
- С. Бугер Ламберт *

19. Нернст тенгламаси қайси жавобда тўғри кўрсатилган?

- А. $E = E^1 + \theta/n \lg a$ *
- В. $V = /E_1 - E_2/$
- С. $\ln \frac{J_0}{J} = k \cdot n$

20. Оптик зичлик қийматининг оралиғи қанчага тенг?

- A. 0.4 – 0.8
- B. 0.1 – 0.9
- C. 0.2 – 0.8 *

21. 200 дан 800 нм ораллигида қандай моддаларнинг спектрлари олинади?

- A. Суюқ моддаларнинг.
- B. Ноорганик моддаларнинг.
- C. Органик моддаларнинг. *

22. Хромофорлар ва ауксохромлар терминини фанга ким киритади?

- A. 1876 й Витт*
- B. 1862 й Бер
- C. 1729 й Бугер Ламберт

23. Кўриш соҳасида ўзининг ютилиш паласаси бўлмаган гуруҳлар қандай ?

- A. Хромофорлар.
- B. Ауксохромлар. *
- C. Гипсохромлар.

24. Гипсохром силжиш яни ...?

- A. Кўк силжиш. *
- B. Қизил силжиш.
- C. Яшил силжиш.

25. Батохром силжиш бу ...?

- A. Паласа қисқа тўлқинга силжийди.
- B. Ютилишнинг сезгирлиги катталашади.
- C. Паласа узун тўлқин томонга силжийди. *

26. Оптик ускуналарнинг тўғри ишлаётганлигини аниқлаш мақсадида нима ишлатилади?

- A. K_2CrO_7 нинг H_2SO_4 даги эритмаси. *
- B. K_2CrO_7 нинг H_2O даги эритмаси.
- C. K_2CrO_7 нинг H_2O даги эритмаси.

27. Молекуланинг умумий энергиясини қандай ифодалаш мумкин?

- A. $\nu = 1 / 2\pi \sqrt{f / m_r}$
- B. $1 / m_r = 1 / m_1 + 1 / m_2$ ёки $m_r = m_1 + m_2$
- C. $E = E_{\text{электрон}} + E_{\text{айланма}} + E_{\text{тебранма}}.$ *

28. Молекуладаги тебранишлар неча хил спектрларда номоён бўлади ?
- А. Бир.
 - В. Икки.*
 - С. Тўрт.
29. Молекула учун инфрақизил соҳасидаги асосий тебранишлар қандай тебранишларга бўлиниди ?
- А. Валент ва деформацион *
 - В. Валент ва симметрик
 - С. Симметрик ва носимметрик
30. Инфра қизил спектроскопик усулда тўғри чизиқли структурага ега бўлган модда учун қандай формула ўринли?
- А. $n=3N - 5^*$
 - В. $n= 2N + 6$
 - С. $n= 4N - 5$
31. Молекуладаги атомларни кузгатиш учун етарли энергия микдори электромагнит тулкинларнинг қайси соҳасига мос келади?
- А. Масс-спектрометрия
 - В. Инфрақизил *
 - С. ЯМР- спектроскопия
32. Антисимметрик тебраниш частотасининг киймата симметрик тебраниш частотаси кийматидан доимо қандай бўлади?
- А. доимо юкори*
 - В. катта ёки кичик
 - С. доимо паст
33. Молекула валент бурчаклари қийматининг ўзгариши нима деб айтнлади?
- А. Валент тебраниш
 - В. Антисимметрик тебраниш
 - С. деформацион тебраниш*
34. СОН-Н. Карбон кислоталарнинг ИК спектирида қандай гуруҳга хос ютилиш содир бўлади?
- А. Карбокцил
 - В. Амино *
 - С. Карбонил

35. Тўлқин узунлиги 10^{-2} 10^2 А бўлган электромагнитавий тўлқинлар нима дейилади?

- A. Рентген нурлари.*
- B. Инфракизил нурлар
- C. Рентген нурлари ва Инфракизил нурлар.

36. Рентген нурларининг ўзи қутбланмаган, яъни нейтрал бўлиб, уларга нималар таъсир қилмайди?

- A. электрик майдон.
- B. электрик майдон ва магнит майдон *
- C. магнит майдон.

37. Қандай анализ усули рентген нурларининг мода кристалл панжарасига тушганда дифракцияланишига асосланган?

- A. Рентгенографик анализ*
- B. Инфра қизил спектроскопик анализ.
- C. Масс-спектрометрия.

38. Рентген нурларининг кристалл мода атомларига урилиб тарқалишини кимлар кристаллдаги атомлар текислигидан қайтиши деб қарадилар?

- A. Г.В.Вульфа.
- B. Г.В.Вульфа ва Брэгг.*
- C. Брэгг.

39. Текширилаётган модданинг нимасига қараб рентген структуравий анализ усулидан бири танланади?

- A. Тузилиши.
- B. Таркибига.
- C. тузилиши ва таркибига.*

40. Ядро магнит резонанси ходисасини биринчи марта 1946 йилда АКШ да Англияда кимлар кузатган эдилар?

- A. АКШ да Перселл ва Англияда Блох.
- B. АКШ да Перселл ва Блох, Англияда Роллин.*
- C. АКШ да Роллин ва Англияда Перселл.

41. Сорбция — умумий тушунча булиб, нечтага булинади?

- A. 3 га
- B. 4 га
- C. 2 га*

42. Адсорбция бу --- ?

- A. Газларни қаттиқ фаза юзасидаги ютилиши. *
- B. Газларни буғ фаза хажмида ютилиши.
- C. Газларни буғ ва қаттиқ фаза юзасида ютилиши.

43. Моддаларни ажратишнинг хроматография усули қандай жараёнига асосланади?

- A. Адсорбция ва абсорбция.
- B. Сорбция.
- C. А ва В жавоблар туғри.*

44. Насадкали колонка, узунлиги ----?

- A. 0,6 – 15м
- B. 0,5 – 10 м*
- C. 10 – 20 м

45. Газли хроматографияда қўзғалувчи фаза сифатида нималар ишлатилади?

- A. Суюқ мойсимон моддалар.
- B. Инерт бўлган қаттиқ моддалар
- C. Гелий, аргон, водород, азот, СО ва хаво.*

46. Газ суюқлик хроматографияда қаттиқ ташувчи сифатида нималар ишлатилади?

- A. Суюқ мойсимон моддалар*
- B. Гелий, аргон, водород, азот, СО ва хаво
- C. Инерт бўлган қаттиқ моддалар

47. Газли хроматографияда қўзғалмас фаза сифатида нималар ишлатилади?

- A. Инерт бўлган қаттиқ моддалар*.
- B. Суюқ мойсимон моддалар.
- C. Гелий, аргон, водород, азот, СО ва хаво.

48. Сорбцияни қандай шароитларда амалга ошириш мумкин?

А. Статик ва динамик.*

В. Динамик

С. Статик

49. Газ хроматографияси бу ?

А. Харакатчан фаза суюқ бўлганида.

В. Харакатчан фаза газ бўлганида.*

С. Харакатчан фаза қаттиқ бўлганида.

50. Колонкали хроматография учун назарий тарелкалар сони N қандай формулаларга асосланиб топилади?

А. $\ln \frac{J_0}{J} = k \cdot n$

В. $K_t = (v_{R_2} - v_{R_1}) / (v_{R_2} + v_{R_1}) = (t_{R_2} - t_{R_1}) / (t_{R_1} + t_{R_1})$. (3)

С. $N = 5,54(t_R/\mu_{0,5})^2$
 $N = 15(t_R/\mu)^2$. *

51. Газ ташувчини танлаш, асосан, қандай омилларга боғлиқ бўлади?

А. детекторнинг ишлаш принципага. *

В. колонканинг самарадорлиги ва сезгирлигига.

С. колонканинг самарадорлигига.

52. Суюқлик-адсорбцион хроматография ишлатиладиган асбобларига қараб қандай усулларда олиб борилади?

А. колонкали ва юпка қатламли усулда.*

В. Колонка ва детектор усулида.

С. Юпка қатламли ва фронтал усулда.

53. Одатда, ишлатилувчи қоғознинг навлари гидрофил бўлиб, курук ҳолатда таркибида неча % гача сув бўлади?

А. 20 – 30 %

В. 15 – 25 %

С. 20 – 22 % *

54. . Газ хроматографиясидан қандай жараёнлар технологиясида фойдаланилад?

А. биологияда, тиббиётда, ёғочни қайта ишлаш технологиясида.

В. озиқ-овқат саноатида, баъзи юқори ҳароратли жараёнлар технологиясида.

С. А ва Б жавоблар тўғри *

55. Ярим қаттиқ геллар қандай йўл билан олинади?

- А. Полимерлаш.*
- В. Поликонденсатлаш
- С. Крекинглаш.

56. Қаттиқ геллар қаторига нималар киради?

- А. Суюқ моддалар
- В. Сликогеллар, ғовак шишалар.*
- С. Аморф моддалар.

57. Қаттиқ геллар қандай бўлиши мумкин?

- А. Гидрофил
- В. Лиофил
- С. Гидрофил ва лиофил.*

58. Кўмир оксидланганда уларда қандай гуруҳлар ҳосил бўлади?

- А. Гидроксил
- В. Карбоксил*
- С. Амино

59. Молекуланинг тебраниши қандай гуруҳга ажратилади?

- А. Деформацион
- В. Валент ва дефармацион.*
- С. Айланма

60. Юпқа қатламли хроматография усулига ким асос слоган?

- А. Н.А Измаилов ва М.С .Шрайберлар .*
- В. Г. В. Вулфа
- С. Г. В. Вулфа ва Брегг

Баҳолаш мезонлари

Нефт ва газ маҳсулотлари физик-кимёвий таҳлиliga доир келтирилган масалалар жавоблари

1-жавоб: α -Нафтоллар (бирикмаларни спектрлари тўлиқ бир бирига мос келади).

2-жавоб: 1-бром-3-метилбутан.

3-жавоб: 2,4-диндастуриитрофенол.

4-жавоб: Кислород қуйидаги функционал гуруҳларга кириши мумкин: OH, C=O турли карбонил сақлаган гуруҳлар, SO, SO₂ гуруҳлари.

Ўрганилаётган бирикма спектрида 2960 см⁻¹ (ν_{CH_2} ютилиши) дан юқорида ютилиш кузатилмайди, бунда OH гуруҳи бўлмайди.

Карбонил сақлаган гуруҳлар ν_{CO} 1800 – 1600 см⁻¹ ораликда кучли ютилиш соҳасига эга бўлади. Ўрганилаётган бирикмада бу саҳадаги ютилиш чизиғи кузатилмаса, у C=O кўринишидаги кислородни тутмайди.

Сульфоксид гуруҳига хос бўлган 1070-1030 см⁻¹ соҳани бўлмаслиги S=O гуруҳли бирикманинг йўқлигидан далолат беради.

Сульфонлар иккита кучли соҳа 1350 – 1300 ва 1160 – 1120 см⁻¹ билан характерланади, улар ёйилган ҳолатда бўлиши мумкин. Тегишли соҳалар ўрганилаётган бирикма спектрида (1312, 1282 ва 1130 см⁻¹) кузатилди. Тегишлича бирикмада олтингугурт ва кислород SO₂ гуруҳи кўринишида бўлса, бирикманинг структураси (H-C₃H₇)₂SO₂ ушбу кўришда бўлади.

5-жавоб: Спектрда иккита кескин соҳалар 3485 ва 3356 см⁻¹ кузатилган. Бундай ютилиш бирламчи аминларга хосдир. NH₂ гуруҳни деформацион тебранишига 1616 см⁻¹ даги ютилиш соҳаси мос келади. NH₂ гуруҳни яссимас деформацион тебраниши 900–650 см⁻¹ соҳада ўртача интенсивликдаги кенг чўққини беради. Бу тебранишга тегишлича 792 см⁻¹ даги ютилиш спектри ҳам керади.

Иккинчи азот атоми ёки ҳар қандай кислород сақлаган гуруҳ (NO₂, NO) киради, ёки азот ва кислород атомлари турли гуруҳлар таркибига киради.

Углерод ва водород атомлари миқдорлари нисбатидан кўринадИҚи, ўрганилаётган бирикма тўйинмаган ҳисобланади. Тўйинмаган ва ароматик нитро бирикмалар антисимметрик ва симметрик нитро гуруҳни валент тебраниш соҳасига 1500–1510 ва 1365–1335 см⁻¹ эга бўлади. Ўрганилаётган бирикманинг спектрида 1500 ва 1335 см⁻¹ соҳалар мавжуд. Демак, моддада ниро гуруҳи бор.

ИҚ-спектрда ўринбосарларнинг ҳолати бир хиллиги шуни кўрсатмайдики, 860–800 см⁻¹ ютилиш соҳасини кузатилмаслиги бирикма 1,2,3,4 – тетра алмашинган ҳолатда эмас экан. 890 см⁻¹ даги ютилиш 1,2,3,5– ва 1,1,4,5–тетра алмашинган ароматик ҳалқанинг C–H боғини яссимас деформацион тебранишига тегишли бўлиши мумкин.

Бирикмани структураси 4-нитро-2,6-дихлоранилиндир.

6-жавоб: (CH₃)₂CHNO₂

1560 см⁻¹ – $\nu_{\text{as}} \text{NO}_2$

1390 см⁻¹ – $\nu_{\text{s}} \text{NO}_2$

848 см⁻¹ – C-N боғи тебраниши

7-жавоб: $\text{CH}_2 = \text{CHCONHC}(\text{CH}_3)_3$

Бошқа тебранишлар

$2960 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{CH}}$

$1470 \text{ см}^{-1} - \delta_{\text{as}} \text{CH}_3$

$1355 \text{ см}^{-1} - \delta_{\text{s}} \text{CH}_3$

Бошқа тебранишлар

$3226 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{NH}}$

$1660 \text{ см}^{-1} - \text{амид I соҳаси}$

$1545 \text{ см}^{-1} - \text{амид II соҳаси}$

$720 \text{ см}^{-1} - \text{иккиламчи амид соҳаси}$

Бошқа тебранишлар

$3050 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{CH}_2}$

$2941 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{CH}}$

$1618 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C}=\text{C}}$

$1447, 1380 \text{ см}^{-1} - \delta_{\text{CH}_3}$

$990 \text{ см}^{-1} - \delta_{=\text{CH}_3}$

$1736 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C}=\text{O}}$

1235 см^{-1} да C–O боғга тегишли тебраниши

Бошқа тебранишлар:

$2940 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C}-\text{H}}$

$1460, 1380 \text{ см}^{-1} - \delta_{\text{CH}_3}$

8-жавоб: $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$

9-жавоб: $\text{NH}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN})_2$

$3330 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{NH}}$

$2212 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$

$1504 \text{ см}^{-1} - \delta_{\text{NH}}$

1236 см^{-1} да C–N боғи

катнашадиган тебраниш

$3450, 3340 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{NH}_2}$

$1680 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C}=\text{O}}$

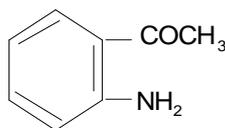
$1630 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{NH}_2}$

Бошқа тебранишлар:

$1600, 1500 \text{ см}^{-1}$ да C–N ароматик ҳалқа тебраниши

1460 ва $1355 \text{ см}^{-1} - \delta_{\text{CH}_3}$

10-жавоб:



Бензол ҳалқасидаги алмашиниш турлари тегишли соҳага амина гуруҳини текисмас деформацион тебраниш соҳаси ҳам тўғри келади.

11-жавоб:



$1030 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{S}=\text{O}}$

Бошқа тебранишлар:

$3010 \text{ см}^{-1} - \nu_{\text{CHаром}}$

$1605, 1500 \text{ см}^{-1} - \text{араматик ҳалқа тебраниши}$

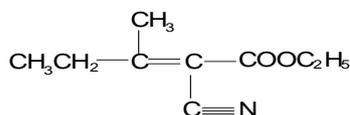
$775, 702 \text{ см}^{-1} -$

моноалмашинган бензол

учун характерли ароматик

ҳалқани ясси бўлмаган
деформацион тебраниши

12-жавоб:

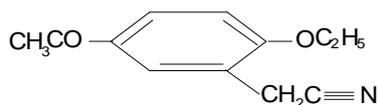


2220 cm^{-1} – $\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$
1720 cm^{-1} – $\nu_{\text{C}=\text{O}}$
1210 cm^{-1} – C-O боғи
иштирокидаги тебраниш
Бошқа тебранишлар:
2941 cm^{-1} – ν_{CH}
1600 cm^{-1} – $\nu_{\text{C}=\text{C}}$
1471, 1380 cm^{-1} – δ_{CH_3}

13-жавоб: HSCH₂CH₂SH

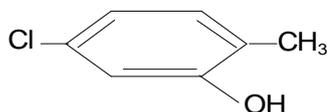
2250 cm^{-1} – ν_{SH}
Бошқа тебранишлар:

14-жавоб:



2925 cm^{-1} – ν_{CH}
1438 cm^{-1} – δ_{CH_2}
2222 cm^{-1} – $\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$
1670 cm^{-1} – $\nu_{\text{C}=\text{O}}$
1260 cm^{-1} – C-O боғи
тебраниши
Бошқа тебранишлар:
2940 cm^{-1} – ν_{CH}
1585, 1500 cm^{-1} – ароматик
ҳалқа тебраниши
1420, 1350 cm^{-1} – δ_{CH} алиф
868, 808 cm^{-1} – 1,2,3 –
алмашинув учун
характерли ароматик
ҳалқани CH боғи яссимас
деформацион тебраниши

15-жавоб:.



3360 cm^{-1} – ν_{OH}
1400, 1200 cm^{-1} – фенолни C–O боғи иштирокидаги тебраниш
Бошқа тебранишлар:
1600, 1498 cm^{-1} – ароматик ҳалқа тебраниши
870, 808 cm^{-1} – ароматик ҳалқа CH боғи яссимас деформацион тебраниши
760 cm^{-1} – $\nu_{\text{C}-\text{Cl}}$
16-жавоб: (CH₃)₃COH

3330 cm^{-1} – ν_{OH}

17-жавоб: Спектрда иккита кескин ютилиш соҳалар 3509 ва 3344 см^{-1} кузатилган, бу ҳолати ва шакли бўйича бирламчи амина гуруҳига тегишлидир. Амино гуруҳни деформацион тебранишига хос 1640 см^{-1} соҳа ҳам иштирок қилмоқда. Ундан ташқари амино гуруҳи 900–650 см^{-1} соҳа билан боғланган. Бу бирикма амино гуруҳини тутган.

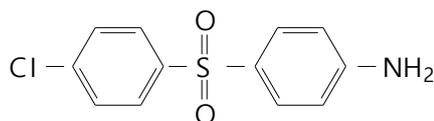
Брутто–шаклидан кўринадики, бу бирикма кучли тўйинмаган ҳисобланади. Шунинг учун таклиф қилиш мумкин, бирикма ўзида ароматик ҳалқани сақлайди. Бензол ҳалқаси учун 1600, 1500 см^{-1} ютилиш чизиклари характерлидир, 900–700 см^{-1} соҳада СН боғини яссимас деформацион тебраниш чизиклари кузатилади, у сони ва ҳолати алмашиниш турига боғлиқ. Ўрганилаётган спектрда 1600, 1504 см^{-1} ютилиш соҳалари мавжуд, қуйи частотали соҳада бир неча чизиклар кузатилади, улар ҳалқани СН боғи деформацион тебранишига тегишлидир. Шундай қилиб, мода бензол ҳалқасига эга.

Спектрда ОН гуруҳи ва С=О гуруҳи таркибига кирувчи кислород атоми йўқ. Брутто формулага қараб SO ёки SO₂ гуруҳларидан бири бўлиши мумкин. SO гуруҳли сульфоксидларда 1070 –1030 см^{-1} соҳада юқори ютилиш билан, сульфокислоталарнинг эфирлари RSOOR` 1140–1125 см^{-1} соҳаси билан характерланади.

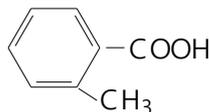
Сульфонларнинг SO₂ гуруҳи учун 1350 – 1300 ва 1160 –1120 см^{-1} икки юқори ютилиш соҳалари хос, сульфохлоридлар ва сульфоамидларда тегишли соҳалар 1375- 1300 ва 1190 –1120 см^{-1} да жойлашган. Кўрилаётган спектрда ютилиш соҳаларида SO гуруҳига тегишли соҳа йўқ, демак бу гуруҳ мавжуд эмас. Спектрда мавжуд бўлган 1299 ва 1150 см^{-1} кучли соҳалари SO₂ гуруҳига тегишли бўлса ҳам, ИҚ спектрга асосланиб тадқиқ қилинаётган бирикмани сульфон, сульфохлорид ёки сульфоамид деб бўлмади.

Шундай қилиб, ИҚ спектри ва брутто формуласи бўйича мода таркибида NH₂, SO₂ ва бензол ҳалқаси борлигини аниқлаш мумкин.

Бирикма структураси:



18-жавоб:



3125– 2600 см^{-1} – ν_{OH_2}

1680 см^{-1} – $\nu_{\text{C=O}}$

1600, 1500 см^{-1} – ароматик ҳалқа тебраниши

1307, 1263 см^{-1} – С–О боғига боғлиқ тебраниш

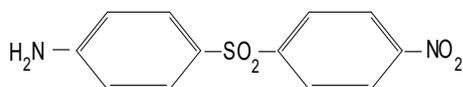
920 см^{-1} – ОН гуруҳни деформацион тебраниши

735 см^{-1} –орто алмашинган ароматик ҳалқани СН боғини яссимас деформацион тебраниши

19-жавоб:
ClCH2CH2CN

$2941\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{CH}_2}$
 $2148\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$
 $1439\text{ см}^{-1} - \delta_{\text{CH}_2}$
 $752\text{ см}^{-1} - \delta_{\text{C-Cl}}$
 $3448, 3344\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{NH}_2}$
 $1630\text{ см}^{-1} - \delta_{\text{NH}_2}$
 $1600, 1500\text{ см}^{-1} - \text{бензол}$
ҳалқани тебраниши
 $1522\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{as NO}_2}$
 $1350\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{s NO}_2}$
 $1300\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{as NO}_2}$
 $1148\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{s NO}_2}$

20-жавоб:



Кучсиз частотали соҳалар ҳалқадаги СН боғи деформацион тебранишига, нитро ва амино гуруҳларни тебранишига тааллуқлидир.

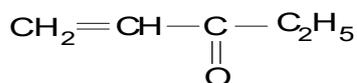
21-жавоб:



$3050\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{CH аром}}$
 $2220\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$
 $1600, 1500\text{ см}^{-1} - \text{бензол}$
ҳалқани тебраниши
 $1375\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{s NO}_2}$
 858 ёки $830\text{ см}^{-1} - \text{C} - \text{N}$
иштирокидаги тебраниш
 $730\text{ см}^{-1} - \text{нитро гуруҳи}$
чизиғи 858 ёки 830 см^{-1}
ҳалқани СН боғи яссимас
деформацион тебраниши

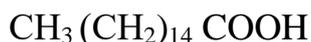
Алмашиниш турини аниқлаш қишин, шундай қилиб ароматик нитро бирикмалар $900 - 700\text{ см}^{-1}$ соҳаларда ютилиш чизиқлари кузатилади.

22-жавоб:



$1725\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C=O}}$
 $1639\text{ см}^{-1} - \nu_{\text{C=C}}$
 $1298, 1250, 1190\text{ см}^{-1} - \text{C} - \text{O}$
боғи тебраниши
 $990\text{ см}^{-1} - \text{CH}_2 = \text{CH}$
деформацион тебраниши

23-жавоб:



3000 – 2500 cm^{-1} – ν_{OH}

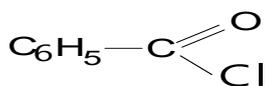
1700 cm^{-1} – $\nu_{\text{C=O}}$

1466 cm^{-1} – δ_{CH}

1300 cm^{-1} – COOH гуруҳи иштирокидаги мураккаб тебраниш 940 cm^{-1} – OH гуруҳи деформацион тебраниши 722 cm^{-1} – $(\text{CH}_2)_{14}$ тебраниши

Узун акил занжирли қаттиқ моддаларнинг спектрлари учун кам интенсивли чизиқлар 1350–1180 cm^{-1} соҳада тавсифлидир. Чизиқлар сони занжир узунлиги билан қуйидагича боғланган: CH_2 гуруҳи сони чизиқлар, $(\text{CH}_2$ гуруҳи жуп сонини 2 га кўпайтирилганига) сонига тенг. CH_2 гуруҳи тоқ сони миқдори чизиқлар сонини 2 га кўпайтириб 1 ни айрилганига тенг. Текширилаётган бирикма спектрида бу соҳада 7 та чизиқ кузатилади. Улардан Иккитаси елка кўринишида 1300 cm^{-1} даги COOH гуруҳни интенсив ютилиш чизиғи намаён бўлади. Бу беркилишдан қочиш учун кислоталарни барийли тузлари спектрларини олиш мақсадга мувофиқ. Эритмаларда спектрнинг бундай кўриниши сақланмайди, бу соҳа транс – конформацияли метилен гуруҳи тебранишини ифодалайди, у фақат кристалл ҳолатда барқарордир.

24-жавоб:



3050 cm^{-1} – ν_{CH} аром

1780 cm^{-1} – $\nu_{\text{C=O}}$

хлорангидридники

1600, 1585, 1449 cm^{-1} –

араматик ҳалқа тебраниши

3340 cm^{-1} – ν_{CN}

2940 cm^{-1} – ν_{CH_3}

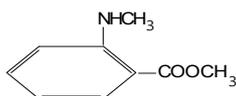
1600, 1580, 1515 cm^{-1} –

араматик ҳалқа тебраниши

1235 cm^{-1} – C-O боғи

иштирокидаги тебраниш

25-жавоб:



26-жавоб: $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2\text{SO}_2\text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_5$

3030 cm^{-1} – ν_{CH}

1610, 1495 cm^{-1} – ароматик ҳалқа тебраниши

1300, 1125, 1111 cm^{-1} – ν_{SO_2}

27-жавоб: $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$

3000 – 2500 cm^{-1} – ν_{OH}

1680 cm^{-1} – $\nu_{\text{C=O}}$

1620 cm^{-1} – $\nu_{\text{C=C}}$

1580, 1500, 1450 cm^{-1} – ароматик ҳалқа тебраниши

980 cm^{-1} – транс $\text{HC}=\text{CH}$ деформацион тебраниши

935 cm^{-1} – OH деформацион тебраниши

765, 708 cm^{-1} – бензол ҳалқани CH яссимас деформацион тебраниши

28-жавоб: Спектрни тавсифий соҳаларига қараб бирикма элементар структурасини аниқлашга икки структурадан бири танланади. Кўрилаётган бирикма P=S (800-650 cm^{-1}) ва P=O (1300-1250 cm^{-1}) гуруҳларни тавсифий ютилиш соҳалари намаён бўлди. Спектрдаги 1280 cm^{-1} соҳа ва 800 600 cm^{-1} ютилиш соҳасини йўқлиги куйидаги структурани тасдиқлайди: $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{PO SR}$

29-жавоб: C=O ва COOH, циклик C=C ва C=O гуруҳлар сақлаган лактонлар характерли ютилишга эга. Спектрда 3260 cm^{-1} (ν_{OH}), 1720 cm^{-1} ($\nu_{\text{C=O}}$ кетон) ва 900 cm^{-1} (δ_{OH} кислота) соҳаларни борлиги ливулин кислотани $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ очик шаклини тасдиқлайди, 2970, 2930, 2870 ва 2850 cm^{-1} даги ютилиш соҳалари метил ва метилен гуруҳларни валент тебранишларига хосдир.

30-жавоб: $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{COOH}$

31-жавоб: $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2 - \text{O} - \text{N} = \text{O}$

32-жавоб: $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_2$

33-жавоб: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{NO}_2$

34-жавоб: $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{SnC}\equiv\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2$

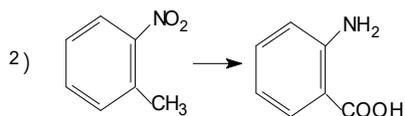
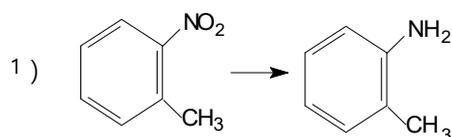
35-жавоб: CH_3CONH_2

36-жавоб: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COCH}_3$

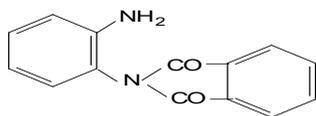
37-жавоб: $\text{HC}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

38-жавоб: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{OH}$

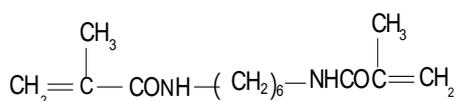
39-жавоб: $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$



41-жавоб:



42-жавоб:



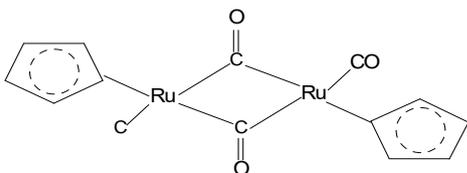
43-жавоб:



44-жавоб: I – бир ҳалқадаги ўринбосарлар

II – турли ҳалқалардаги ўринбосарлар

45-жавоб: .



46-жавоб: $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CHCOCH}_3$

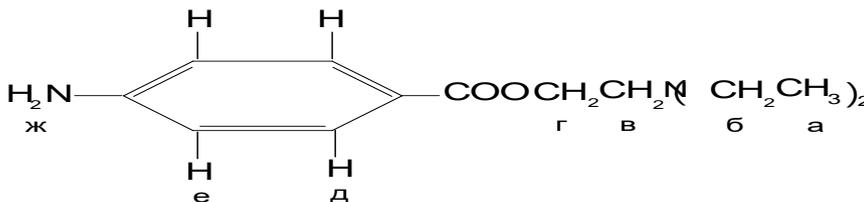
δ м.х.: а – 2,20

в б а

б – 5,08

в – 7,25

47-жавоб: Бирикма етти гуруҳ ноэквивалент протонларга эга.



Бу протонларнинг кимёвий силжиши жадвалдан топилди, улар қуйидагича: δ м.х.: а – 0,9 – 1,1 д – 7,5 A_2B_2 система б – 2,3 – 3,2 е – 6,5

в – 2,3 – 3,2

ж – амина гуруҳи ҳолати ўлчаш шароитига боғлиқ.

г – 3,9 – 4,3

Ҳақақий спектрда сигналлар қуйидаги ҳолатда жойлашган:

δ , м.х.: а- 1,05 CH_2 гуруҳи ҳисобига триплет

б-2,62 метил гуруҳи ёйилиши ҳисобига квадруплет;

г- 4,33 амина гуруҳи сигналлари ҳисобига триплет

д-7,83, е-6,63 пара алмашинган ароматик ҳалқа протонлари

48-жавоб: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ δ м.х.: а – 1,25

а б в в б а

б – 4,15

в – 2,62

49-жавоб: $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OOCCH}_3$

в б а

δ м.х.: а – 2,06

б – 5,08

в – 7,31

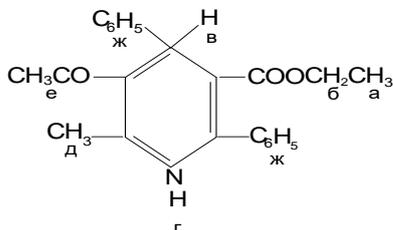
50-жавоб: $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{SiOCH}_2\text{CH}_3$

δ м.х.: а – 1,22

в б а

б – 3,87
в – 7,0 – 7,8

51-жавоб:



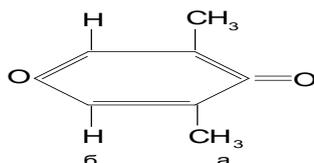
δ м.х.: а – 0,83
б – 3,87
в – 5,13
г – 6,15
д – 2,37
е – 2,17
ж – ароматик ҳалқа
протонлари 7,3 м.х. да
кузатилади.

52-жавоб: C₆H₅CH₂CH₂NHCOCH₃

д б в г а

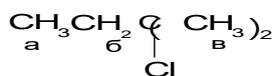
δ м.х.: а – 1,90
б – 2,80
в – 3,38
г – 6,50
д – 7,25

53-жавоб:



δ м.х.: а – 2,23
б – 6,03

54-жавоб: CHCl, CH₂Cl гуруҳлари протонлари кимёвий силжиши 3,0 м.х. юқорида кузатилади, келтирилган спектрда бундай гуруҳга тегишли соҳа йуқ. Кузатилишича, хлор учламчи углерод атомига бириккан, бирикмани структураси қуйидагича:



δ м.х.: а – 1,08
б – 1,80
в – 1,58

55-жавоб: Триплет ҳолати δ = 1,08 м.х. фақат метил гуруҳига тегишли; бу триплет сигналини ёйилиши қўшни метилен гуруҳи таъсири билан изоҳлаш мумкин. Шундай қилиб, кислота CH₃CH₂ фрагментга эга ва у α – бром мой кислотасидир.

δ м.х.: а – 1,08
б – 2,07
в – 4,23
г – 10,97



а б в

56-жавоб: CH₃CH₂CHBrCH₃

а б в г

δ м.х.: а – 1,08
б – 1,79
в – 4,11



а б а

Г – 1,71
 δ м.х.: а – 3,70
 б – 2,20



а б а

δ м.х.: а – 3,95
 б – 5,77



а б

δ м.х.: а – 2,47
 б – 5,86



а б

δ м.х.: а – 3,47
 б – 4,20



а б в

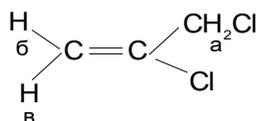
δ м.х.: а – 1,73
 б – 4,47
 в – 11,22
 Г – 10,97



а б в

δ м.х.: а – 1,27
 б – 2,53
 в – 2,10

63-жавоб:



δ м.х.: а – 4,15
 б – 5,42
 в – 5,59



а б

δ м.х.: а – 1,45
 б – 1,97



а б в б а

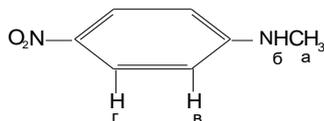
δ м.х.: а – 1,28
 б – 4,20
 в – 3,38



а б в г

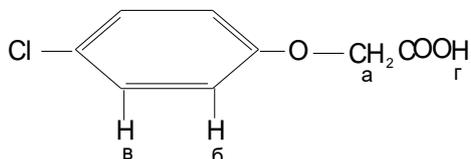
δ м.х.: а – 1,27
 б – 3,66
 в – 4,13
 Г – 10,95

67-жавоб:



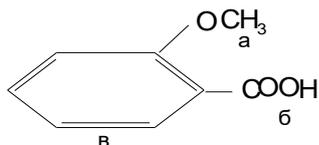
δ м.х.: а – 2,95
 б – 4,63
 в – 6,55
 Г – 8,10

68-жавоб:



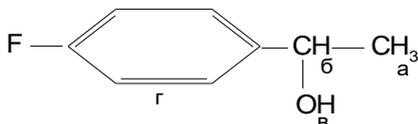
δ м.х.: а – 4,67
 б – 6,88
 в – 7,27
 Г – 8,86

69-жавоб:



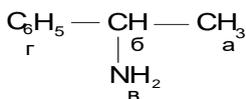
δ м.х.: а – 4,08
б – 11,0
в – 7,8

70-жавоб:



δ м.х.: а – 1,38
б – 4,75
в – 3,20
г – 6,8 – 7,4

71-жавоб:



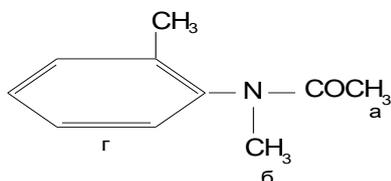
δ м.х.: а – 1,38
б – 4,10
в – 1,58
г – 7,30

72-жавоб: $\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{OCH}_2\text{CH}_3$

г в б а

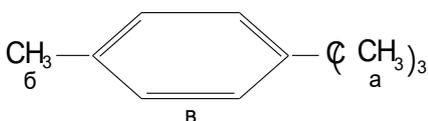
δ м.х.: а – 1,35
б – 3,93
в – 6,3 – 6,7
г – 3,30

73-жавоб:



δ м.х.: а – 1,78
б – 3,20
в – 2,25
г – 7,3

74-жавоб:



δ м.х.: а – 1,32
б – 2,33
в – 7,12 – 7,28

75-жавоб: а) $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{CH}$

а б в

δ м.х.: а – 1,1 – 1,3
(триплет)
б – 2,3 – 3,6
(квартет)
в – 5,3 (синглет)

б) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$

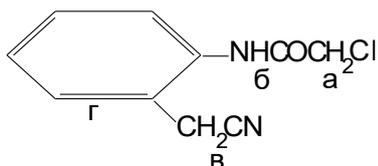
в б а

δ м.х.: а – 1,1 – 1,3
(триплет)
б – 3,9 – 4,3
(квартет)
в – 1,9 – 2,2 (синглет)

в) $(\text{CH}_2)_2\text{CHCH}_2\text{Br}$

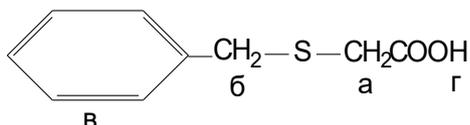
а б в

Г)



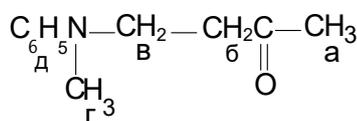
δ м.х.: а – 1,1 – 1,3 (дублет)
 б – 1,7 – 1,8
 (мультиплет)
 в – 3,2 – 3,6 (дублет)

Д)



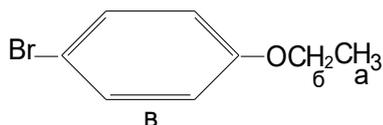
δ м.х.: а – 4,3 (синглет)
 б –
 в – 3,7 (синглет)
 г – 7

е)



δ м.х.: а – 3,4 (синглет)
 б – 3,7 (синглет)
 в – 7
 г – 10 – 11

ж)



δ м.х.: а – 1,9 – 2,2 (синглет)
 б – 2,0 – 2,4
 (триплет)
 в – 3,3 – 3,4
 (триплет)
 г – 2,8 – 3,1
 (синглет)
 д – 7

з)



δ м.х.: а – 1,1 – 1,3
 (триплет)
 б – 3,9 – 4,3
 (квартет)
 в – 7

δ м.х.: а – 0,8 – 1,4
 (триплет)
 б – 1,7 – 2,0
 (мультиплет)
 в – 4,1 (триплет)
 г – 3,9 – 4,3
 (квартет)
 д – 1,1 – 1,3
 (триплет)



ИК: 3226 см⁻¹ – ν_{NH}
 1706 см⁻¹ – ν_{CO} кетона

(квадруплет)

в – 3,20

(синглет)

г – 2,38

(синглет)

81-жавоб: Дастлаб текширилаётган бирикмадаги азотни қайси шаклда эканлигини аниқлаш керак. ИҚ спектрда N-H валент тебранишига тегишли 3480 ва 3390 см^{-1} да ютилишнинг икки соҳасини кузатиш мумкин. Шундай экан, бирикмадаги амина гуруҳи бирламчи амина гуруҳ NH_2 шаклида жойлашган. Углерод ва водород нисбатлари бирикмада бензол ҳалқаси борлигини кўрсатади. Бензол ҳалқасини амина гуруҳи билан қай тарзда боғланганлигини УБ ёрдамида аниқлаш мумкин. УБ спектрда 260 нм соҳада ютилишини ва L_{ge} қийматни 2 ва 3 оралиғида бўлиши бензол ҳалқасига азот атомининг σ боғ орқали боғланганлигини кўрсатади. Демак, текширилаётган бирикма $\text{C}_5\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_2$ бензиламин ҳисобланади.

82-жавоб: Бирикмада азот бирламчи амина гуруҳи шаклида жойлашганлиги сабабли 3500- 3000 см^{-1} соҳада ютилишнинг икки кескин соҳасилари мавжуд. Бирикма брутто формуласи таркибида бензол ҳалқаси сақлаган. Бензол ҳалқаси амина гуруҳи билан бевосита боғланган. УБ спектрда қисқа тулқин узунли 230 нм да ва узун тулқун узунли 290 нм да Иккита ютилиш соҳаси кузатилди. Демак, бирикма $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ тузилишига эга.

83-жавоб: $\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$ ва $\text{C}_3\text{H}_7\text{CHO}$

84-жавоб: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{NHCOCH}_3$

ИҚ: 3280 $\text{см}^{-1} - \nu_{\text{NH}}$

2940 $\text{см}^{-1} - \nu_{\text{CH}}$

1639 $\text{см}^{-1} - 1$ -Амид соҳа

1600 см^{-1}

1500 см^{-1} ароматик ҳалқа

1450 см^{-1}

1450 см^{-1}

1370 см^{-1}

830 $\text{см}^{-1} - \text{бензол}$

ҳалқасига пара СН ни

алмашинган деформацион

тебраниши

740 $\text{см}^{-1} - \delta_{\text{NH}}$

ПМР($\delta_{\text{м.х}}$): а – 1,38 (триплет)

б – 4,00 (квадруплет)

в – 6,83 – 7,41

г – 7,91

д – 2,12 (синглет)

Ўтишидандир ёки альдегид гуруҳини ютилиши боғлиқгидир.

ПМР(δ м.х): а–0,89(триплет)

б – 1,1 – 2,0

в – 1,1 – 2,0

г – 1,1 – 2,0

д – 1,1 – 2,0

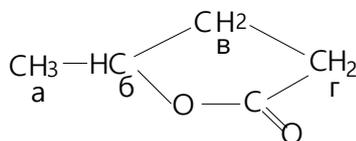
“б”, “в”, “г”, “д” ларнинг спин-спин протонларни константаларини бир хилда таъсирлашуви натижасида мураккаб тузилишли спектрларини ҳосил қилади.

е – 2,42 (мультиплет)

CH₂ гуруҳ протонлари қўшни метилен гуруҳи ва альдегид протонларига ажралади ёки парчаланаяди.

ж – 9,75 (триплет)

90-жавоб:



ИҚ: $1780\text{cm}^{-1}-\nu_{\text{C=O}}$

1170cm^{-1} C-O-C гуруҳи

УБ боғланган системаларда мавжудмаслигини кўрсатади.

ПМР(δ м.х): а – 1,35 (дублет)

б – 4,58 (мультиплет)

в – 1,7 – 2,4 (мультиплет)

г – 1,7 – 2,4 (мультиплет)

91-жавоб:

ИҚ спектри ютилиш соҳаси $750\text{-}650\text{cm}^{-1}$ да C-Cl ни тебранишига тегишли бўлиши мумкин. Спектрларнинг қолган қисми СН алифатик боғни валент ҳамда деформацион тебранишига тўғри келади.

УБда 250nm да алифатик бирикмаларини ютилиш соҳаси кам жадаллигини намоён қилади.

ПМР да дублет ва квинтет $\frac{\delta_2 - \delta_1}{1}$ қийматда намоён бўлади.

92-жавоб:

Ароматик системаларни мавжудлиги ИҚ спектрда C-H соҳада валент тебраниши 1667 ва 1429cm^{-1} да ароматик халқанинг склетли тебраниши ва жадаллиги эса 1000 ва 715cm^{-1} соҳада ютилиши кузатилади. 750cm^{-1} да ютилиши C-C боғ иштирокида қабул қилинади. 3413cm^{-1} да ютилиши $\nu_{\text{N-H}}$ га боғлиқ.

УБда ютилиш соҳаси юқори жадаллик конденсирланган ароматик бирикмаларда намоён бўлади.

ПМР да имино гуруҳи протонлари $\delta = 7,4$ м. х да намоён бўлади. 6,4-7,1 да мураккаб мультиплет бензол ва пиррол ҳалқаси протонларига тўғри келади. Келтирилган спектрга қараб *CL* ҳолатини аниқлаб бўлмайди.

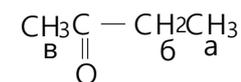
93-жавоб:

ИҚ спектрада 1669 смда жадаллик ютилиш соҳасини намоён қилади ва кучли ютилиш соҳаси 3448 ва 3077 см⁻¹ да амид гуруҳланишидан далолат беради. Амид II соҳани йўқлигидан иккиламчи амиддан далолат беради (ёки лактамдан).

800-700 см⁻¹ даги узун тўлқинли кенг соҳа шунингдек N-H гуруҳини борлигидан далолат беради. NH ни ясси бўлмаган деформацион тебраниши).

N-H гуруҳи ПМР спектрларида $\delta = 8,2$ м.х да тасдиқланади. ПМР спектрларида $\delta = 8,2$ м.х CH₂ гуруҳи протонларига тегишли $\delta = 2,3$ м.х эса азот атомига тегишли, CH₂ гуруҳи C = O да $\delta = 1,7$ м.х да қолган метилен гуруҳларга тегишли.

94-жавоб:



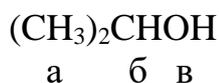
ИҚ: 2940см⁻¹— ν_{CH}
1708см⁻¹ — $\nu_{\text{C=O}}$
1460см⁻¹ δ_{CH}
1380 см⁻¹ δ_{CH}
ПМР(δм.х): а—1,05(триплет)
б — 2,47(квадруплет)
в — 2,13 (синглет)

95-жавоб:



ИҚ: 2941см⁻¹— ν_{CH}
2240см⁻¹ — $\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$
1440см⁻¹ ν_{CH_2}
ПМР(δм.х): а—3,53(триплет)
б — 2,23
в — 2,58

96-жавоб:



ИҚ: 3280см⁻¹— ν_{OH}
2940см⁻¹ — ν_{CH}
1460см⁻¹ δ_{CH}
1375 см⁻¹ $\delta_{\text{C}(\text{CH}_3)_2}$
1355 $\delta_{\text{C}(\text{CH}_3)_2}$
ПМР(δм.х): а—1,20(дублет)
б — 4,0(мультиплет)
в — 1,60

97-жавоб:



ИҚ: 3330см⁻¹ — ν_{OH}
2940см⁻¹ — ν_{CH}
1460см⁻¹ δ_{CH}
1380 δ_{CH}
ПМР(δм.х): а—0,92(триплет)
б — 1,57 (мультиплет)

98-жавоб:
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NO}_2$
А б в

в – 3,58 (триплет)
г – 2,28
ИҚ: $2980\text{cm}^{-1} - \nu_{\text{CH}}$
 1563cm^{-1}
 1385cm^{-1}
 $1470\text{cm}^{-1} \delta_{\text{CH}}$
 $1440 \delta_{\text{CH}_3}$
ПМР($\delta_{\text{м.х}}$): а – 1,03 (триплет)
б – 2,07 (мультиплет)
в – 4,38 (триплет)

99-жавоб:
 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCN}$
а б

УФ $\pi \rightarrow \pi^*$ нитрогруппа
ИҚ: $2960\text{cm}^{-1} - \nu_{\text{CH}}$
 $2230\text{cm}^{-1} - \nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$
 $1460\text{cm}^{-1} \delta_{\text{CH}}$
 $1390\text{cm}^{-1} \delta_{\text{C}(\text{CH}_3)_2}$
 $1370 \delta_{\text{CH}_3}$
ПМР($\delta_{\text{м.х}}$): а – 1,33 (дублет)
б – 2,72 (мультиплет)

100-жавоб:
 $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$
а б в

ИҚ: $2870\text{cm}^{-1} - \nu_{\text{CH}}$
 $\text{cm}^{-1} - \text{C-H-O}$
 $2220\text{cm}^{-1} - \nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$
 $1465\text{cm}^{-1} \delta_{\text{CH}}$
 $1420\text{cm}^{-1} \delta_{\text{CH}}$
 $1380 \delta_{\text{CH}_3}$
ПМР($\delta_{\text{м.х}}$): а – 3,40 (синглет)
б – 3,62 (триплет)
в – 2,62 (триплет)

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

- 1 В.И. Мурин и др. Переработки природного газа и конденсата: Справочник: В2 ч. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. Ч.1.– 517с.
- 2 В.М. Мишин. Переработка природного газа и конденсата:учебник.- : “Академия” 1999. 448с.
- 3 Бекиров Т.М., Ланчаков Г.А. Технология обработки газа и конденсата-М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – 596с.
- 4 **3.2. Қўшимча адабиётлар**
Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 56 б.
- 5 Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганнинг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 48 б.
- 6 Y.J.Salomov va boshq. “Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi”. O’quv qo’llanma. T.: Cho’lpon, 2006 y.
Fundamentals of natural gas processing / A. J. Kidnay, W. R. Parrish, D. G. McCartney. - 2nd ed. - Boca Raton [et al.] : CRC/Taylor & Francis, 2011. - XVI,552 p. : ill.
- 7 S.M. Turobjonov, D.X. Mirxamitova, V.N. Juraev, S.E. Nurmonov, O.E. Ziyodullayev. Neft-gaz kimyosi va fizikasi. Darsliik. T.: Ilm Ziya, 2014 – 160 b.
- 8 Жумаев Қ.К. ва бошқ. Нефт ва газни қайта ишлаш корхоналари жиҳоз ва қурилмалари. (Олий ўқув юрти талабалари учун ўқув қўлланма).Тошкент.: Ўзбекистон нашриёти- 2009. 251 б.
- 9 G.A.Lanchakov A.N.Kul’kov G.K.Zibert Engineering processes of natural gas preparation and methods for the design of equipment. Moscow NEDRA 2000. P.280