

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

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ-МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

“ТАСДИҚЛАЙМАН”
ТКТИ ўқув ишлари бўйича
проректор доц. Муталов Ш.А.

_____ 2015 йил
" ____ " _____

**“ОРГАНИК МАҲСУЛОТЛАР СИФАТИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШДАГИ
ЗАМОНАВИЙ УСУЛЛАР “**
модули бўйича

ЎҚУВ УСЛУБИЙ МАЖМУА

Тузувчилар: Д.Н.Исмамов- техника фанлари доктори;
Э.Тешабаева - кимё фанлари номзоди;

Тошкент -2015

Мундарижа

ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ.....	3
МАРУЗА МАТНИ.....	19
1-маъруза. Оптик изланиш асослари.....	19
2-маъруза. Инфрақизил (ИК) спектроскопия	33
3-маъруза. Кристалл ва морфологик тузилишларни тахлил қилиш усули	48
4-маъруза. Ядро магнит резонанси (ЯМР).....	60
5-маъруза. Масс - спектометрия усуллари	66
6-маъруза. Тахлил қилишнинг хроматография усуллари	77

ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сон Фармонидаги устувор йўналишлар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Дастур мазмуни олий таълимнинг норматив-ҳуқуқий асослари ва қонунчилик нормалари, илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат, таълим жараёнларида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш, амалий хорижий тил, тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари, махсус фанлар негизида илмий ва амалий тадқиқотлар, технологик тараққиёт ва ўқув жараёнини ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар, педагогнинг касбий компетентлиги ва креативлиги, глобал Интернет тармоғи, мультимедиа тизимлари ва масофадан ўқитиш усулларини ўзлаштириш бўйича билим, кўникма ва малакаларини шакллантиришни назарда тутди.

Дастур доирасида берилган мавзулар таълим соҳаси бўйича педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш мазмуни, сифати ва уларнинг тайёргарлигига қўйиладиган умумий малака талаблари ва ўқув режалари асосида шакллантирилган бўлиб, бу орқали олий таълим муассасалари педагог кадрларининг соҳага оид замонавий таълим ва инновация технологиялари, илғор хорижий тажрибалардан самарали фойдаланиш, ахборот-коммуникация технологияларини ўқув жараёнига кенг татбиқ этиш, чет тилларини интенсив ўзлаштириш даражасини ошириш ҳисобига уларнинг касб маҳоратини, илмий фаолиятини мунтазам юксалтириш, олий таълим муассасаларида ўқув-тарбия жараёнларини ташкил этиш ва бошқаришни тизимли таҳлил қилиш, шунингдек, педагогик вазиятларда оптимал қарорлар қабул қилиш билан боғлиқ компетенцияларга эга бўлишлари таъминланади.

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишининг ўзига хос хусусиятлари ҳамда долзарб масалаларидан келиб чиққан ҳолда дастурда тингловчиларнинг махсус фанлар доирасидаги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларига қўйиладиган талаблар ўзгартирилиши мумкин.

I. Олий таълимнинг норматив ҳуқуқий асослари

1.1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарларида жамият ривожини ва таълим–тарбия масалалари.

1.2. Таълим-тарбия жараёнларини ташкил этишнинг қонунчилик нормалари.

II. Илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат

2.1. Инновацион таълим технологиялари.

2.2. Педагогик компетентлик ва креативлик асослари.

2.3. Замонавий таълим ва инновацион технологиялар бўйича илғор хорижий тажрибалар.

III. Таълим жараёнида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш

3.1. Таълимда мультимедиа тизимлари ва масофавий ўқитиш методлари.

3.2. Электрон педагогика асослари ва педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдонини лойиҳалаш.

IV. Амалий хорижий тил

4.1. Амалий хорижий тилни ўрганишнинг интенсив усуллари.

V. Тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари

5.1. Тизимли таҳлил асослари.

5.2. Олий таълим жараёнини бошқаришда қарор қабул қилиш технологиялари.

VI. Махсус фанлар

1. Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришдаги инновацион технологиялар.

2. Органик маҳсулотлар сифатини назорат қилишдаги замонавий усуллар.

3. Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришдаги замонавий ускуналар ва жиҳозлар.

VII. Педагогик амалиёт

VIII. Малакавий аттестация

Курснинг мақсади ва вазифалари

Олий таълим муасасалари педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш курсининг **мақсади** педагог кадрларнинг ўқув-тарбиявий жараёнларни юксак илмий-методик даражада таъминлашлари учун зарур бўладиган касбий билим, кўникма ва малакаларини мунтазам янгилаш, малака талаблари, ўқув режа ва дастурлари асосида уларнинг касбий компетентлиги ва педагогик маҳоратини доимий ривожланишини таъминлашдан иборат.

Курснинг **вазифаларига** қуйидагилар киради:

“Кимёвий технология (органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш соҳалари бўйича)” йўналишида педагог кадрларнинг касбий билим,

кўникма, малакаларини узлуксиз янгилаш ва ривожлантириш механизмларини яратиш;

замонавий талабларга мос ҳолда олий таълимнинг сифатини таъминлаш учун зарур бўлган педагогларнинг касбий компетентлик даражасини ошириш;

педагог кадрлар томонидан замонавий ахборот-коммуникация технологиялари ва хорижий тилларни самарали ўзлаштирилишини таъминлаш;

махсус фанлар соҳасидаги ўқитишнинг инновацион технологиялари ва илғор хорижий тажрибаларни ўзлаштириш;

“Кимёвий технология (органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш соҳалари бўйича)” йўналишида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг фан ва ишлаб чиқариш билан интеграциясини таъминлаш.

Курс якунида тингловчиларнинг билим, кўникма ва малакалари ҳамда компетентлигига қўйиладиган талаблар:

“Олий таълимнинг норматив ҳуқуқий асослари”, “Илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат”, “Таълим жараёнида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш”, “Амалий хорижий тил”, “Тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари” модуллари бўйича тингловчиларнинг билим, кўникма ва малакаларига қўйиладиган талаблар тегишли таълим соҳаси бўйича педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш мазмуни, сифати ва уларнинг тайёргарлиги ҳамда компетентлигига қўйиладиган умумий малака талаблари билан белгиланади.

Махсус фанлар бўйича тингловчилар қуйидаги янги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларга эга бўлишлари талаб этилади:

Тингловчи:

- органик синтез ривожланишининг асосий йўналишларини;
- органик синтез саноати олдида турган муаммоларни;
- кам босқичли кимёвий ишлаб чиқаришни;
- арзон ва қулай хом ашё асосида маҳсулот олиш усулларини;
- органик синтезни режалаштиришни, аниқ мақсадли бир хил маҳсулот олишга йўналтирилган, бир нечта реакцияларни бирлаштиришни;
- целлюлоза, уни қайта ишлаш асосларини;
- ёғочсозликдаги янги технологиялар ва инновацияларни;
- замонавий мебеллар ишлаб чиқариш технологияларини;
- полимерланиш ва поликонденсатланиш реакциялари ёрдамида саноатда полимерларни ишлаб чиқариш жараёнларини;
- мақсадли қўшимчалар қўшиб, турли хоссаларга эга бўлган пластик массалар олишнинг илмий асосларини;

- термореактив олигомер ва полимерлардан тикилган полимерлар олиш қонуниятларини;
- полимерлар ишлаб чиқариш жараёнида мономерлар таркибини ўзгартириб, ҳосил бўлаётган полимер структурасини ростлашнинг назарий асосларини;
- эластомер композицияларини хоссалари уларнинг таркибига ва олиниш технологик жараёнига боғлиқлигини;
- технологик принципларни *билиши* керак.

Тингловчи:

- органик синтез усулларидадан фойдаланиш;
- органик синтез саноатида қўлланиладиган замонавий асбоб ускуналари билан ишлаш;
- органик моддалар ишлаб чиқариш технологик чизмасини шакллантириш;
- чиқиндисиз технологияларни шакллантириш;
- целлюлозанинг сифатини ошириш усулларига баҳо бериш;
- таркибида целлюлоза сақловчи хом ашёларнинг кимёвий таркибини ва целлюлозанинг миқдорини аниқлаш;
- замонавий ёғочга ишлов бериш жиҳозларини танлаш;
- ёғоч материалларининг хоссаларини таққослаш;
- полимер ва пластик массаларни технологик хоссаларини аниқлаш;
- полимерларнинг хоссалари ва структураларини замонавий физик-кимёвий усулларда ўрганиш;
- эластомер композицияларини тайёрлаш, улардан буюм олиш технологик жараёнларини ва уларнинг хоссаларини ўрганиш;
- органик синтезни режалаштириш *қўникмаларига* эга бўлиши лозим.

Тингловчи:

- органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологиясини яратиш;
- органик моддалар асосида турли материаллар олиш;
- органик бирикмалар асосида юқори молекулали бирикмалар ишлаб чиқариш;
- сирт-фаол моддалар олиш;
- муҳим мономерлар ва улар асосидаги материаллар ишлаб чиқариш;
- физиологик фаол моддалар ва синтетик доривор воситалар ишлаб чиқариш;
- қишлоқ хўжалиги учун органик моддалар ишлаб чиқариш;
- целлюлозанинг сифатини баҳолаш;
- технологик жараёнларининг айрим қисмларини ҳисоблаш;
- ёғочсозликдаги сўнги янгиликларни интернетдан излаб топиш;
- ёғочга гидротермик ишлов бериш;
- ёғочли композицион материаллар ишлаб чиқариш;
- ёғочсозлик жараёнларини лойиҳалаш;

- полимерланиш реакциялари ёрдамида юқори молекулали бирикмалар синтез қилиш;
- поликонденсатланиш реакциялари ёрдамида юқори молекулали бирикмаларни синтез қилиш;
- полимерларни модификациялаш реакциялари ёрдамида янги полимерларни синтез қилиш;
- эластомерларни декристаллизация ва пластикация қилишнинг назарий асослари;
- эластомер композицияларини тайёрлаш ҳамда улардан маҳсулот олиш технологияларини назорат қилиш;
- органик эритувчилар ва техник суюқликлар ишлаб чиқариш ва улардан халқ хўжалигида фойдаланиш *малакаларига* эга бўлиши зарур.

Тингловчи:

- органик синтез саноати корхоналарида маҳсулот ишлаб чиқариш бўйича илғор тажрибаларни қўллаш;
- органик синтез саноатида замонавий материаллар, инновацион технологиялардан амалиётда фойдаланиш;
- органик синтез саноати объектлар, хом-ашёлар ва маҳсулотлар хусусиятларининг сифатини назорат қилишнинг усулларини ишлаб чиқиш ва амалда қўллаш, технологик жараёнларнинг метрологик таъминотини таъминлаш;
- мебелни конструкциялашда қўлланиладиган замонавий компьютер дастурларидан фойдаланиш ва назорат қилиш;
- дурадгорлик ва мебель буюмларини синаш ва сифатини назорат қилиш жараёнини бошқариш *компетенцияларига* эга бўлиши лозим.

Курс ҳажми

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш курси 288 соатни ташкил этади. Ўқув юкламаси ҳафтасига 36 соат этиб белгиланган. Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналиши бўйича таълим дастурларини тўлиқ ўзлаштирган ва Аттестациядан муваффақиятли ўтган курс тингловчиларига Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги ПФ-4732-сон Фармони 3-илоvasи билан тасдиқланган давлат намунасидаги малака аттестати берилади.

“Кимёвий технология (органик маҳсулотлар ишлаб чиқариш соҳалари бўйича)” йўналиши бўйича қайта тайёрлаш ва малака ошириш курсининг ўқув модуллари ва уларнинг мазмуни

I. Олий таълимнинг норматив ҳуқуқий асослари

1.1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарларида жамият ривожини ва таълим–тарбия масалалари.

Инсон онг ва тафаккурининг янгилиниши жамият ривожланишининг муҳим омили сифатида. Глобаллашув ва ижтимоий-маънавий ҳаётдаги ўзгаришлар тенденцияси ва истикболлари.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Озод ва обод Ватан эркин ва фаровон ҳаёт пировард мақсадимиз”, “Юксак маънавият – енгилмас куч, “Ўзбекистон мустақилликка эришиш остонасида”, “Мамлакатни модернизация қилиш ва иқтисодий-иқтисодий барқарор ривожлантириш йўлида”, “Ватанимизнинг босқичма-босқич ва барқарор ривожланишини таъминлаш бизнинг олий мақсадимиз”, “Демократик ислохотларни янада чуқурлаштириш ва фуқаролик жамиятини шакллантириш – мамлакатимиз тараққиётининг асосий мезонидир” ва бошқа асарларида жамият ривожини ва таълим-тарбия масалаларининг ёритилиши.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг Ўзбекистонни ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришнинг устувор йўналишларига бағишланган маърузаларида таълим ва кадрлар тайёрлаш тизимини модернизациялаш билан боғлиқ вазифаларнинг белгиланиши.

1.2. Таълим-тарбия жараёнларини ташкил этишнинг қонунчилик нормалари.

Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар тушунчаси ва турлари. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатларнинг ишлаб чиқиш ва амалга киритиш тартиби. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. “Таълим тўғрисида”ги Қонун. Кадрлар тайёрлаш миллий дастури. Кадрлар тайёрлаш миллий дастурининг босқичлари ва асосий йўналишлари.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2011 йил 20 майдаги “Олий таълим муассасаларининг моддий-техника базасини мустаҳкамлаш ва юқори малакали мутахассислар тайёрлаш сифатини тубдан яхшилаш чоратадбирлари тўғрисида”ги ПҚ–1533-сон Қарори, 2012 йил 24 июлдаги “Олий малакали илмий ва илмий-педагог кадрлар тайёрлаш ва аттестациядан ўтказиш тизимини янада такомиллаштириш тўғрисида”ги ПФ–4456-сон Фармони, 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ–4732-сон Фармони ва бошқалар.

Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 1998 йил 5 январдаги “Узлуксиз таълим тизими учун давлат таълим стандартларини

ишлаб чиқиш ва жорий этиш тўғрисида”ги 5-сон Қарори, 1998 йил 5 январдаги “Узлуксиз таълим тизимини дарсликлар ва ўқув адабиётлари билан таъминлашни такомиллаштириш тўғрисида”ги 4-сон Қарори, 2001 йил 16 августдаги “Олий таълимнинг давлат таълим стандартларини тасдиқлаш тўғрисида”ги 343-сон Қарори, 2006 йил 10 февралдаги “Олий таълим муассасасига педагогларни танлов асосида ишга қабул қилиш тартиби тўғрисида”ги Низомни тасдиқлаш хусусидаги 20-сон Қарори, 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори, 2015 йил 10 январдаги “Олий таълимнинг давлат таълим стандартларини тасдиқлаш тўғрисида” 2001 йил 16 августдаги 343-сон қарорига ўзгартириш ва қўшимчалар киритиш ҳақида”ги 3-сон Қарори ва бошқалар.

Давлат таълим стандартлари, ўқув режалари ва фан дастурлари тушунчаси ва уларга қўйиладиган талаблар. “Олий таълим муассасаларида талабалар билимини назорат қилиш ва баҳолашнинг рейтинг тизими тўғрисида”ги Низом. “Ўзбекистон Республикаси олий таълим муассасалари талабаларининг малакавий амалиёти тўғрисида”ги Низом. “Ўзбекистон Республикаси олий таълим муассасалари битирувчиларининг якуний давлат аттестацияси тўғрисида”ги Низом. Олий таълим муассасаларида мустақил таълимни ташкил этиш тартиби тўғрисида”ги Низом. “Магистратура тўғрисида”ги Низом. “Очиқ лекцияларни ташкил этиш ва ўтказиш тартиби тўғрисида”ги Низом ва бошқа норматив ҳужжатлар.

II. Илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат

2.1. Инновацион таълим технологиялари.

Олий таълим тизимини модернизациялашнинг устувор йўналишлари. Инновацион таълим технологияларининг моҳияти, турлари ва назарий асослари, инновацион жараёнларнинг кечиш босқичлари. Педагогик технологиянинг таснифи, қонуниятлари, тамойиллари ва мезонлари.

Олий таълим муассасаларида ўқув жараёнини ташкил этишнинг инновацион шакл, метод ва воситалари. Таълим-тарбия жараёнини технологиялаштириш асослари. Очиқ маъруза, амалий машғулотларни лойиҳалаштириш, ташкил этиш.

Шахсга йўналтирилган таълим технологияларининг мазмуни, йўналишлари. Таълим олувчиларнинг билиш фаоллигини фаоллаштириш ва жадаллаштириш асосидаги таълим технологиялари: амалий ўйинлар, муаммоли ўқитиш, табақалаштирилган ўқитиш ҳамда интерфаол таълим методларидан ўқув-тарбия жараёнида фойдаланиш. Ўқув лойиҳаларини ишлаб чиқиш, портфолиоларни шакллантириш ва амалиётга татбиқ этиш. Электрон ўқув модуллари. Силлабус, кейслар банкини яратишга қўйиладиган дидактик талаблар.

2.2. Педагогик компетентлик ва креативлик асослари.

Педагог касбий компетентлигининг тузилиши ва мазмуни. Педагогнинг психологик, методик, инфорацион, креатив, инновацион компетентлиги мазмун-моҳияти. Педагогик маҳорат асослари ва таркибий қисмлари. Ўқитувчининг коммуникатив компетентлиги, педагогик жараёнда мулоқот услубларини тўғри танлаш ва улардан самарали фойдаланиш. Педагогик деонтология. Нутқ техникаси ва маданияти. Аудиторияда шахслараро муносабатларни самарали ташкил этиш ва гуруҳни оптимал бошқариш. Педагогик низоларни самарали ҳал этиш йўллари. Замонавий педагог имиджи ҳамда ўқитувчининг ўз-ўзини касбий ва шахсий такомиллаштириб бориши.

Креативлик – педагогик ижодкорликнинг асоси сифатида. Олий таълим педагог кадрларининг креатив потенциали тушунчаси ва моҳияти. Педагогларда креатив компетентликни шакллантиришнинг зарурий шарт-шароитлари, моделлари. Касбий фаолиятда позитив-фаол мотивация ва педагог кадрларнинг креатив потенциалини баҳолаш мезонлари. Таълимни ахборотлаштириш шаротида педагог кадрлар креатив имкониятларини баҳолаш мезони.

2.3. Замонавий таълим ва инновацион технологиялар бўйича илғор хорижий тажрибалар.

Ўқув жараёнини ташкил этиш ва унинг сифатини таъминлаш борасидаги илғор хорижий тажрибалар, замонавий ёндашувлар. Замонавий таълим ва инновацион технологиялар соҳасидаги илғор хорижий тажрибалар: модулли-кредит тизими, blended learning (аралаш ўқитиш), case study (кейс стади), масофали ўқитиш, маҳорат дарслари, вебинар, эвристик методлар ва бошқ. Замонавий таълимда тьюторлик, супервизорлик ва модераторлик фаолияти. Педагогик фасилитация-таълимда натижавийликни таъминлашдаги муҳим омил сифатида. Талабалар билимини баҳолашнинг ассесмент технологиялари.

III. Таълим жараёнида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш

3.1. Таълимда мультимедиа тизимлари ва масофавий ўқитиш методлари.

Мультимедианинг компонентлари. Мультимедианинг бажарилиш шартлари. Мультимедианинг дастурий таъминоти. Мультимедиа компонентларини солиштириш. Сақловчи технологиялар. CD-ROM, CD, DVD, HD DVD, Blu-ray. Мультимедиа файл форматлари. Мультимедиа плейерлари. Мультимедианинг қўлланилиши. Видео конференция. Медиа соҳалари. Рақамли аудио. Аудио файллар. Самплинг методи. Файлларни сақлаш усули. Аудио ва видеони таҳрирлаш. Мультимедиа электрон нашрлар (ўқув фильмлари, электрон дарсликлар).

Электрон таълим ресурслари ҳақида тушунча. Масофавий ўқитишда электрон таълим ресурсларини яратиш тамойиллари. Мультимедиали маърузалар категориялари, Муаллифлик дастурий таъминотларидан фойдаланган ҳолда электрон таълим ресурсларини яратиш.

Масофали ўқитишнинг назарий ва дидактик асослари. Масофавий таълимни ташкил қилиш усуллари. Масофавий таълим жараёнини амалга ошириш босқичлари. Таълимда эркин ва очиқ кодли дастурий таъминотлар таҳлили. LMS тизимларининг асосий функциялари.

Moodle тизимида ўқув жараёнини, жорий, оралиқ ва якуний назорат турларини ташкиллаштириш. Moodle тизимида ўқув контентларни шакллантириш ва бошқариш.

Оммавий онлайн очиқ курслар (Coursera, edX, Khan Academy, MIT Open Course Ware).

3.2. Электрон педагогика асослари ва педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдонини лойиҳалаш.

Педагогик жараёнда ахборот-коммуникация ва интерактив технологияларидан фойдаланиш. Таълимий Интернет ресурслари ва улардан ўқув жараёнида фойдаланиш. Интернет тармоғининг асосий хизматлари. Ziyonet.uz ва бошқа таълим порталлари ресурслари билан ишлаш. Интернет тармоғида педагогларнинг, талабаларнинг электрон мулоқот муҳитида жамоа бўлиб ишлаш шакллари. Блог, форум ва тематик чатларни ташкил этиш усуллари. Педагогларнинг тармоқдаги ҳамкорлиги.

Педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдонини ташкил этиш. Электрон портфолио тушунчаси, таркиби, мазмуни ва имкониятлари. Ахборот технологиялари воситасида педагогнинг электрон портфолиосини шакллантириш. Электрон ахборот-таълим муҳитида педагогик жараёни лойиҳалаштириш.

Педагогик фаолиятда амалий дастурий воситалардан фойдаланиш, амалий дастурий воситалар ёрдамида электрон дарсликлар, тренажерлар, виртуал лаборатория машғулотларини яратиш усуллари. Офис дастурларида электрон ўқув-методик материалларини яратиш усуллари (Microsoft Word, Excel, Power Point ва б.). Web 2.0/3.0 технологиялари ва уларнинг ёрдамида электрон дидактик материалларни яратиш ва ўқув-тарбия жараёнида қўллаш.

Педагогик фаолиятда амалий дастурий воситалар ҳимоясини таъминлаш. Аутентификациялаш ёрдамида ҳимоялаш. Ҳимоялаш воситалари.

IV. Амалий хорижий тил

4.1. Амалий хорижий тилни ўрганишнинг интенсив усуллари.

Хорижий тилни ўқитиш ва ўрганишдаги ислохотлар. Тил бўйича Европа стандарти ва унинг мазмуни. Тил алоқа (коммуникация) воситаси сифатида ҳамда тилга оид билим, малака ва кўникмаларни шакллантириш усуллари.

Амалий хорижий тилни ўрганишнинг интенсив усуллари: коммуникатив, интерактив мулоқот, вазиятли-иммитацион ўйинлар, дебатлар, аудио-визуал усуллар ва Интернет ресурслари.

Тилни муваффақиятли ўзлаштириш шарт-шароитлари: касбий интерактив мулоқот муҳити, мулоқот клубларини ташкил этиш, ўзининг тил кўникмалари даражасини баҳолаш ва бошқ.

Хорижий тилни ўрганишда нутқ фаолияти турлари (ўқиш, гапириш, тинглаб тушуниш, ёзув) бўйича компетенцияларни ривожлантириш усуллари.

Маданиятлараро мулоқот компетенцияси (ўзбек ва хорижий тилда сўзлашувчи халқлар маданияти, урф-одатлари, анъаналари ҳақида чет тилида гапира олиш).

Мулоқот мавзулари: кундалик ҳаётга оид (шахсий маълумот, оила ҳақида маълумот, бўш вақтни ўтказиш ва ҳоказо) ижтимоий ҳаётга доир, таълимга ва касбга йўналтирилган мавзулар.

Мутахассисликка оид матнларни ўқиш, уларни тушуна олиш, оғзаки баён эта олиш, ўз фани бўйича ўқув жараёнини ташкил этишда соҳага оид хорижий тилдаги атамалардан фойдаланиш.

V. Тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари

5.1. Тизимли таҳлил асослари.

Тизимли таҳлил ҳақидаги асосий тушунча ва тамойиллар. Тизимнинг хусусияти ва тузилмаси. Тизимли таҳлил методологияси. Тизимли таҳлилнинг йўналишлари. Тизимли таҳлилнинг шаклланиш ва ривожланиш босқичлари. Тизимли услуб ва тизимли ёндашув. Аналитик тадқиқотлар асосида тизимли таҳлилни ташкил этиш. Аналитик методлар ёрдамида қарорлар қабул қилиш. Тизимли таҳлилда миқдорий ва сифат ёндашуви. Педагогик вазиятларда қарор қабул қилиш усуллари. Талабалар индивидуал-психологик ҳамда креатив ривожланиш даражаларининг тизимли таҳлили.

5.2. Олий таълим жараёнини бошқаришда қарор қабул қилиш технологиялари.

Комплекс қарорлар чиқаришда тизимли таҳлил хусусиятлари. Қарорлар қабул қилишнинг асосий қоидалари ва таснифи. Қарор қабул қилиш даражалари. Қарор қабул қилиш босқичлари. Қарор қабул қилиш психологик жараён сифатида. Ўқув жараёнини бошқаришда қарор қабул қилиш технологиялари. Турли омиллар асосида қарор қабул қилишнинг

методологик жиҳатлари. Қарор қабул қилишда моделлаштириш усуллари. Олий таълим жараёнини бошқаришда қарорлар қабул қилиш тажрибаси. Тизимли таҳлил ва қарор қабул қилишнинг ахборот таъминоти.

VI. Махсус фанлар

6.1. Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришдаги инновацион технологиялар

Органик синтез саноати имкониятлари ва ривожланишининг асосий йўналишлари. Ушбу тармоқнинг ўзига хос йўллари. Айрим корхоналарининг экологик тавсифи. Органик синтез саноати олдида турган муаммолар. Чиқиндисиз ва энергияни тежайдиган технологияларни яратишдаги умумий ёндошувлар ва ривожланиш истиқболлари. Чиқиндисиз ишлаб чиқаришни яратишдаги ҳал қилувчи усуллар. Методологик принциплар. Кимёвий принциплар. Кам босқичли кимёвий ишлаб чиқаришни яратиш. Арзон ва қулай хом ашё асосида маҳсулот олиш усуллари яратиш. Чиқиндисиз технологиялар яратишда қўлланиладиган принциплар.

Целлюлоза сақловчи хом ашёлар турлари. Целлюлозани пишириш усуллари ва унга таъсир этувчи омиллар (температура, босим, вақт, ишқорнинг ва кислоталарнинг концентрацияси ва ҳ.). Целлюлозани оқартириш ва оқартирувчи реагентлар.

Ёғочсозликда қўлланиладиган замонавий инновацион материаллар (MDF, HDF, термоёғоч); ёғочсозликдаги янги конструкциялар, трансформацияланувчи мебеллар; мебелни конструкциялашда қўлланиладиган замонавий компьютер дастурлари.

Полимерлар ва улар асосида пластик массалар ишлаб чиқариш технологик жараёнларининг шароитлари. Мономерлар, инициаторлар, катализаторларнинг реакцион муҳитдаги концентрациялари. Муҳит ҳосил қилувчи сув ёки органик суюқликлар хили ва концентрациясини ўзгартириш натижасида ишлаб чиқарилаётган полимерларнинг молекула массаси. Молекуланинг массавий тақсимланиши, структураси ва хоссаларини ростлаш. Эластомер композициялари ва улар асосида олинган маҳсулотлар чиқиндиларини пластификация қилиш. Резина чиқиндиларини қайта ишлаш технологиялари ва машиналари. Регенератларга бўлган талаблар. Регенерация жараёнининг физик-кимёвий асослари. Резинали хом ашёлар. Юмшатгичлар, фаоллаштиргичлар, модификаторлар, эмулгаторлар.

6.2. Органик маҳсулотлар сифатини назорат қилишдаги замонавий усуллар

Органик маҳсулотлар сифатини физик-кимёвий таҳлил қилиш усуллари ривожланиш тарихи. Физик-кимёвий таҳлил қилиш принциплари. Анализ усуллари метрологик тавсифлари. Оптималлаш усуллари, фотометрик анализ усули, фотоэлектрокалориметрлар, ультрабинафша (электрон) спектроскопия, спектрлар табиати ва олиниши.

Хромофорларнинг асосий турлари, органик синтез маҳсулотларини ажратишнинг экстракция усули. Хроматографик анализ усуллари.

Пластмассалардан буюмлар ишлаб чиқаришда асосий ва замонавий усуллари аниқлаш. Буюм олиш усуллари таснифлаш. Полимерлардан композициялар тайёрлаш. Полимерлар асосий технологик хоссаларини аниқлаш. Резинани таркибий қисмини билиб, резина аралашмасини тайёрлаш. Пластмасса буюмлари, резина буюмлари, лок-буёқ материалларининг асосий эксплуатацион хоссаларини аниқлаш ва полимер материаллардан лок-буёқ, резина маҳсулотлари тайёрлаш.

Дурадгорлик ва мебель буюмларини синаш ва сифатини назорат қилишнинг замонавий усуллари.

6.3. Органик маҳсулотлар ишлаб чиқаришдаги замонавий ускуналар ва жиҳозлар

Органик синтез саноатида лойиҳалаш ишларини ташкил этиш. Технологик лойиҳалашнинг асосий вазифалари. Технологик схеманинг асосий қисмлари ва уларнинг аҳамияти. Органик синтез саноати корхоналари қурилма ва жиҳозларини синфланиши. Асосий технологик жиҳозларни танлаш. Реакцион қурилмалар. Реакция қурилмаларини конструктив лойиҳалаш. Гетероген-каталитик жараёнлар учун реакторлар. Гетерофазали жараёнлар. Жиҳозларни шакллантириш. Адсорбция, экстракция, фильтрация, цетрифугалаш, қуритиш, ҳисоблаш тамойиллари. Техника хавфсизлиги бўйича тавсиялар.

Пахта тозалаш саноатидаги замонавий жиҳозлар. Хорижий техника ва технологиялар. Уларни ривожланиш йўналишлари. Маҳсулот ишлаб чиқариш технологик жараёни. Корхонада маҳсулот ишлаб чиқариш бўйича илғор тажрибалар. Корхонада замонавий жиҳозларни тадбиқ этиш. Замонавий жиҳозлар ва улардан фойдаланиш тажрибалари.

Мебель ва дурадгорлик буюмларини ишлаб чиқаришда қўлланиладиган замонавий жиҳозлар. Рақамли дастурда бошқарилувчи жиҳозлар.

Машина ва аппаратларни танлаш. Уларнинг технологик имкониятлари ва хусусиятлари. Майдаловчи ва аралаштирувчи жиҳозлар, реакция ўтказиш учун қўлланиладиган реакторлар. Фильтрлаш. Полимерларни қуритиш учун қўлланиладиган жиҳозлар, оқава сувлар ва чиқинди газларни тозалаш жиҳозлари. Эластомер композицияларини олиш ва қайта ишлаш корхоналарини лойиҳалашнинг илмий асослари. Резина қоришмаларини тайёрлаш машиналари уларни ишлаш принциплари ва бошқариш. Резина қоришмаларини узлуксиз қайта ишлаш ва шакл бериш машиналари, ишлаш принциплари ва илмий асослари.

VII. Педагогик амалиёт

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш курсларида педагогик амалиёт очик маърузалар ва амалий машғулотлар ўтказиш, ўтилган дарсларнинг муҳокама

қилиниши ва танқидий таҳлил этилишига асосланган ҳолда амалга оширилади.

Педагогик амалиёт қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишлари ва мутахассисликларининг ўзига хослигидан келиб чиққан ҳолда олий таълим муассасаларининг тегишли профиль кафедраларида ташкил этилади.

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотларда тингловчилар ўқув модуллари доирасидаги ижодий топшириқлар, кейслар, ўқув лойиҳалари, технологик жараёнлар билан боғлиқ вазиятли масалалар асосида амалий ишларни бажарадилар.

Амалий машғулотлар замонавий таълим услублари ва инновацион технологияларга асосланган ҳолда ўтказилади. Бундан ташқари, мустақил ҳолда ўқув ва илмий адабиётлардан, электрон ресурслардан, тарқатма материаллардан фойдаланиш тавсия этилади.

Мустақил таълимни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Мустақил таълим тегишли ўқув модули бўйича ишлаб чиқилган топшириқлар асосида ташкил этилади ва унинг натижасида тингловчилар битирув иши (лойиҳа иши) ни тайёрлайди.

Битирув иши (лойиҳа иши) доирасида ҳар бир тингловчи ўзи дарс бераётган фани бўйича электрон ўқув модулларининг тақдимотини тайёрлайди.

Электрон ўқув модулларининг тақдимоти қуйидаги таркибий қисмлардан иборат бўлади:

Силлабус;

Кейслар банки;

Мавзулар бўйича тақдимотлар;

Бошқа материаллар (фанни ўзлаштиришга ёрдам берувчи қўшимча материаллар: электрон таълим ресурслари, маъруза матни, глоссарий, тест, кроссворд ва бошқ.)

Электрон ўқув модулларини тайёрлашда қуйидагиларга алоҳида эътибор берилади:

- тавсия қилинган адабиётларни ўрганиш ва таҳлил этиш;

- соҳа тараққиётининг устивор йўналишлари ва вазифаларини ёритиш;

- мутахассислик фанларидаги инновациялардан ҳамда илғор хорижий тажрибалардан фойдаланиш.

Шунингдек, мустақил таълим жараёнида тингловчи касбий фаолияти натижаларини ва талабалар учун яратилган ўқув-методик ресурсларини “Электрон портфолио” тизимида киритиб бориши лозим.

Дастурнинг ахборот-методик таъминоти

Модулларни ўқитиш жараёнида ишлаб чиқилган ўқув-методик материаллар, тегишли соҳа бўйича илмий журналлар, Интернет ресурслари,

мультимедиа маҳсулотлари ва бошқа электрон ва қоғоз вариантдаги манбаалардан фойдаланилади.

Адабиётлар

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари:

1. И.А.Каримов. Озод ва обод Ватан эркин ва фаровон ҳаёт пировард мақсадимиз. 8-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”. 2000. –528 б.
2. И.А.Каримов. Ватан равнақи учун ҳар биримиз масъулмиз. 9-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”. 2001. –432 б.
3. И.А.Каримов. Юксак маънавият – енгилмас куч. –Т.: “Маънавият”. 2008. – 176 б.
4. И.А.Каримов. Ўзбекистон мустақилликка эришиш остонасида. –Т.: “Ўзбекистон”. 2011. –440 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

1. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: “Ўзбекистон”. 2014.
2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2011 йил 20 майдаги “Олий таълим муассасаларининг моддий-техника базасини мустаҳкамлаш ва юқори малакали мутахассислар тайёрлаш сифатини тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-1533-сон Қарори.
3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сон Фармони.
4. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2006 йил 16-февралдаги “Педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва уларни малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш тўғрисида”ги 25-сонли Қарори.
5. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

III. Махсус адабиётлар

1. Азизходжаева Н.Н. Педагогик технологиялар ва педагогик маҳорат. – Т.: “Молия”. 2003. –192 б.
2. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари.- Т.: 2000. –218 б.
3. Баркалов С.А. Системный анализ и принятие решений.– Воронеж: НПЦ ВГУ. 2010. –662с.
4. DUET-Development of Uzbekistan English Teachers*- 2-том. CD ва DVD материаллари. Т.: 2008.

5. Michael McCarthy "English Vocabulary in use". Cambridge University Press, 1999, Presented by British Council.
6. Исмаилов А.А., Жалалов Ж.Ж., Саттаров Т.К., Ибрагимходжаев И.И. Инглиз тили амалий курсидан ўқув-услубий мажмуа. Basic User/Breakthrough Level A1/-Т.: 2011. –182 б.
7. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Таълимда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: "Истеъдод" жамғармаси. 2008. –180 б.
8. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Тарбияда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: "Истеъдод" жамғармаси. 2009. –160 б.
9. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. Учебное пособие.М.: Изд. МГТУ им. Н.Баумана. 2002. –336с.
10. Симонович С.В., Евсеев Г.А., Мураховский В.И. WINDOWS: лаборатория мастера: Практическое руководство по эффективным приемам работы с компьютером - М.: АСТ-ПРЕСС: Информком-Пресс. 2000. –656с.
11. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. Учебное пособие.– Санкт-Петербург: Издательский дом "Бизнес-пресса". 2000. –17с.
12. Зеер Э.Ф., Шахматова Н. Личностью ориентированные технологии профессионального развития специалиста. – Екатеринбург. 1999. –244с.
13. Саттаров Э., Алимов Х. Бошқарув мулоқоти. – Т.: "Академия". 2003. – 70б.
14. Маҳмудов И.И. Бошқарув психологияси. – Т.: 2006. –230 б.
15. Маҳмудов И.И. Бошқарув профессионализми: психологик таҳлил. – Т.: "Академия". 2011. –154 б.
16. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического синтеза. Издание второе, переработанное. – Москва "Высшая школа". 2003. –С.536.
17. Москвичёв Ю. А., Фельдблюм В. Ш. Химия в нашей жизни (продукты органического синтеза и их применение). Монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ. 2007. –С.411.
18. Iskandarov S., Sodiqov V. Organik kimyo nazariy asoslari. "Ta'lim nashriyoti". I- va II-qismlar. Т.: 2012.
19. Бесков, В.С. Общая химическая технология /В.С. Бесков. – М.: ИКЦ "Академкнига". 2006. –С.452.
20. Соколов В.С. Практические работы по химической технологии / Р.С. Соколов. – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС. 2004. –С.271.
21. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. Москва. Издательство "НАУКА". МАИК "Наука/Интерпериодика". 2002. – С.696.
22. Юсупов Д., Туробжонов С.М., Қодиров Х.Э., Икромов А., Каримов А.У. Органик кимёнинг бошланғич асослари. Т.: 2010. –290 б.

23. Primqulov M.T., G'ulomova N.S. Sellyuloza, qog'oz ishlab chiqarish mashina va apparatlari. T.: "Fan va texnologiya". 2011. –178 b.
24. Rahmonberdiyev G'.R., Primqulov M.T. Sellyuloza va qog'oz texnologiyasidan laboratoriya va amaliy mashg'ulotlar to'plami. T.: "Fan va texnologiya". 2011. –340 b.
25. Raqmonberdiyev Q.R., Primqulov M.T., Tashpulatov Yu.T. Qog'oz texnologiyasining asoslari T.: "Aloqachi". 2011. –404 b.
26. Rahmonberdiyev G'.R., Primkulov M.T., Toshpulatov Y.T. Qog'oz texnologiyasi 1,2,3 qismlar. T.: 2006. –202 b.
27. Maxsudov Y.M., Xabibullayev R.A. Mebellarni ishlab chiqarish asoslari. "Iqtisod-moliya", qayta ishlangan 2-nashri. T.: 2012. –256 b.
28. Xabibullayev R.A., Ithomov G'.U., Xabibullayev Sh.A. Yog'och buyumlar texnologiyasi. O'zR OO'MTV. – T.: "Cho'lpon nomidagi NMIU". 2014. –256 b.
29. Xabibullayev R.A., Xabibullayev Sh.A. Yog'och tilish texnologiyasi. O'zR OO'MTV. – T.: "Tafakkur bo'stoni". 2014. –160 b.

IV. Электрон таълим ресурслари

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг матбуот маркази сайти: www.press-service.uz
2. Ўзбекистон Республикаси Давлат ҳокимияти портали: www.gov.uz
3. Ўзбек интернет ресурслари каталоги: www.uz
4. Ахборот ресурс маркази: <http://www.assc.uz/>
5. [www. Ziyonet. uz](http://www.Ziyonet.uz)
6. [www. edu. uz](http://www.edu.uz)
7. Infocom.uz электрон журнали: www.infocom.uz
8. <http://learnenglishkids.britishcouncil.org/en/>
9. <http://learnenglishteens.britishcouncil.org/>
10. <http://learnenglish.britishcouncil.org/en/>
11. www.tkti.uz
12. www.all.biz

МАРУЗА МАТНИ

1-маъруза. Оптик изланиш асослари

Режа:

1. Кириш
2. Бугер-Ламберт-Бер конуни
3. Ультрабинафша (УБ) спектроскопия
4. Асосий синф органик бирикмаларни спектрлари
5. Спектрал усқунанинг принципиал схемаси

Таянч сўз ва иборалар; *спектроскопия, электромагнит, частотаси, спектр, Молекула, реакцияга.*

Кириш

Органик моддаларнинг тузилиши ва реакцияга киришиш фаолиятини синтез килинган махсулот таркибини ўрганишда физик-кимёвий тадқиқот усуллари энг муҳим маълумотларни беради. Молекуланинг тузилиши, фазовий ҳолати, физикавий доимийликлари ва бошқа кўрсаткичларни аниқлашда физикавий тадқиқот усулларининг бир қанча турлари ишлатилади. Айрим усуллар кенг тарқалмаган бўлиб, аммо улардан олинадиган натижа кимё фани учун жуда аҳамиятлидир. Масалан, газ электронографияси ва микроўлқинли спектроскопия усуллари шулар жумласидандир.

Кимёвий тадқиқотларда кенг тарқалган ва амалий жихатдан муҳим аҳамиятга эга бўлган усуллардан оптик (ультрабинафша, инфракизил), радиоспектроскопия (ядро магнит резонанси, электрон парамагнит резонанси) ва масс-спектрометрия ҳисобланади. Молекуланинг тузилиши, фазовий тадқиқот усулларини икки қисмга бўлиш мумкин. Биринчи қисмга оптик ва радиоскоп усуллар, иккинчи қисмга эса молекуланинг геометрик тузилишини ва фазовий ҳолатини аниқловчи усуллар киради.

Электромагнит нурларнинг ютилиши молекулаларнинг умумий хоссаси ҳисобланади, аммо ютилиш ходисаси танланиш хусусиятига эгадир, яъни маълум ўлқин узунлигидаги нурлар молекула томонидан кучли ютилиши мумкин, бошқа ўлқин узунлигидаги нурлар эса кучсиз ёки бутунлай ютилмаслиги мумкин. Ютилиш доираси спектр чизиги дейилади. Маълум молекуланинг ютилиш спектри ушбу молекула учун хактерли бўлади ва бошқа молекула томонидан (тузилиш жихатидан яқин бўлган тақдирда ҳам) қайд этилмайди. Аммо органик бирикмаларда бутун молекуладан фақат маълум гуруҳ атомлар электромагнит нурларни ютиши, молекуланинг бошқа қисмида эса нурларни ютмаслиги мумкин. Бир хил гуруҳларнинг нурни ютиши эса, ҳар хил молекулалар таркибида жойлашишига қарамасдан, кескин фарқ қилмайди. Шунинг учун ҳам

номаълум моддаларнинг тузилишини ўрганишда унинг спектрини маълум тузилишга эга молекуланинг спектри билан таққослаш керак.

Электромагнит нурлар икки хил табиатга - тўлқин ва заррача хусусиятларига эгадир, уларнинг тарқалиши тўлқин узунлиги ва частотаси билан белгилланади. Нурларнинг тарқалиш ва ютилиш энергиялари квантлардан иборат бўлади ва куйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$\Delta E = h\nu = h(c/\lambda)$$

- h -Планк доимийси ($6,5 \times 10^{-27}$ эрг.с);
- ν -тебраниш частотаси;
- c -ёруғликнинг бўшлиқдаги тезлиги (3×10^{10} см/сек);
- λ -тўлқин узунлиги.

Тенгламада ифодаланганидек, квант энергияси тебраниш частотасига тўғри пропорционал, тўлқин узунлигига эса тескари пропорционалдир. Атом ва молекулаларнинг энергетик ҳолатларни ўрганиш учун маълум ҳастотада энергия даражасининг фарқини аниқлаш керак:

$$\nu = (E_1 - E_2) / h \qquad h = \Delta E_{1,2} / \nu$$

Модданинг ташқаридан берилган энергияни қабул қилиши натижасида жадаллиги ошади, яъни биринчи навбатда молекуланинг симетрияси, геометрияси, электр хоссалари ва бошқа хусусиятлари ўзгаради. Энергия ўзгаришнинг чегараси ҳар хил усуллар учун ҳар хил бўлиб, бир-биридан бир қанча даражага фарқ, қилади. Бу эса кимёвий боғларда бўладиган ҳар хил ўзгаришларни - тебранувчан, айланувчан, электрон, кутбланиш ва бошқа ўзгаришларни фарқлашга имкон беради.

Тўлқинлар сони асосан см⁻¹ ўлчам бирлигига эга бўлиб, частота ва энергия қийматига тўғри пропорционалдир, шунинг учун ҳам мутлоқ частотага нисбатан кўп ишлатилади. 2-жадвал.

Хосил қилиш усулларига қараб спектрлар уч хилга бўлинади ютилиш, тарқатиш, сочиш. Уларнинг спектр чизиқларини жадаллиги молекулалар сонига ва квант механикаси қоидалари асосида бўладиган ўтишлар эҳтимолига боғлиқ бўлади. Спектр чизиқларнинг кенглик шакли молекула кўрсаткичларининг йиғиндисига ва мос хусусиятларига боғлиқ бўлади.

Тўлқин узунлиги						
	10 ⁻³ нм	10 нм	400 нм	800нм-300мк	300 мм	200 мм
Спектрал соха	Рентген нурлар	Ультраби-нафша нурлар	Кўзга кўринадиган нурлар	Инфракизил нурлар	Микро-тўлқинли нур	Қисқа радио тўлқинлар

Кузатила-
ётган юти-
лиш спектр

Электрон
спектр

ИҚ-
спектр

ЯМР,
ЭПР
спектр

1-жадвал

Электромагнит тўлқинларининг мухим бирликлари.

Спектрлар	Частоталар, Гц	Тўлқин узун- ликлари	Ўлчам бир- ликлари
Ядро гамм резонанси	$10^{18} - 10^{21}$	3 нм	мм/с
Рентген нурлари	$10^{17} - 10^{18}$	3 нм-30 нм	эВ
Фотоэлектрон	$10^{14} - 10^{16}$	3 нм -700 нм	эВ
Электрон	$10^{14} - 10^{16}$	3 нм -700 нм	нм
Тебранувчан	$10^{12} - 10^{14}$	3 мнм-3 мм	см
Айланувчан	$10^{10} - 10^{12}$	3 см- 0,03 мм	МГц
Эпр	$10^9 - 10^{11}$	- 3 см	МГц
ЯМР	$10^7 - 10^8$	-5 м	МГц
ЯҚР	$10^6 - 10^9$	30 - 300 м	МГц

2-жадвал

**Тўлқин узунлиги ва частотани ўлчашда ишлатиладиган бир-
ликлар**

Тавсиф	Ўлчам бирлиги	Қисқарти- рилган бел- гиси	Таърифи
Тўлқин узун- лиги	микрон	мк	$1\text{мк}=10^{-6}\text{м}$
	миллимикрон	ммк	$1\text{ммк}=1\text{нм}=10^{-7}\text{см}=10^{-9}\text{м}$
	Ангстрем	А^0	$1\text{А}^0=10^{-10}\text{см}=10^{-10}\text{м}$
Частота,		сек^{-1}	1 секундаги тебрани- шлар сони
Тўлқинлар сони		см^{-1}	1 см даги тўлқинлар сони

Бугер-Ламберт-Бер Қонуни

Электромагнит тўлқинларининг эритмада тарқалишдаги асосий хусусиятларидан бири интенсивлик бўлиб, вақт бирлигида майдондан ўтаётган квантлар сонига боғлиқ катталиқдир. Ёруғликнинг ютилиши танлаш хусусиятига эга бўлганлиги учун, ёруғлик модданинг рангсиз эритмасидан ўтганида маълум тўлқин узунлигига эга бўлган нурлар ютилади, бошқа тўлқин узунлигига эга бўлган нурлар эса ютилмасдан эритмадан ўтиб кетади. Ушбу жараён миқдорий жihatдан оддий ёруғлик нурларининг ўрнига монохроматик (бир хил квант энергияларига, ёки бир хил тўлқин узунликларига эга бўлган) нурлардан фойдаланиш керак. Бу ҳолда ютилиш биринчи тартибли оддий тенглама асосида бўлади:

$$\lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

$\lg I_0/I$ – Эритманинг ёки ютилишнинг оптик зичлиги (D)

$$D = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

ε - экстракциянинг молли коэффициент
Агар $C=1$ моль/л, $l=1$ см бўлса, ε эритманинг оптик зичлигига тенг бўлади

$$\varepsilon = \lg I_0 / I = D$$

$$\varepsilon = D$$

Доимийлик қиймати тўлқин узунлигига боғлиқ бўлади. Моддалар эритмаларининг концентрациясини кўрсатувчи n - идишчадаги эритманинг моляр концентрацияси C ва эритма қалинлиги l - га пропорционал бўлади (Ламберт-Бер қонуни).

Тенгламанинг чап томонидаги қисми эритманинг нур ютиш қобилятини кўрсатади ва оптик зичлик деб номланади. Пропорционаллик коэффициенти ютилишининг моляр коэффициенти дейилади ва 1 см қалинликдаги, концентрацияси 1 моль/л бўлган эритмадан ўтган нурнинг ютилишини кўрсатади. Ютилиш ўлчамсиз катталиқ бўлганлиги учун қиймати S_x га тескари катталиқ қийматига эга бўлиши керак. Агар концентрацияни (C) моль/л, эритма қалинлигини см-да ўлчанса, ε -нинг қиймати D_x моль х см. билан ифодаланади. Эритма Ламберт-Бер қонунига бўйсунганида, маълум қалинликдаги қаватнинг оптик зичлиги модда концентрацияси-

га тўғри чизиқ билан боғлиқ равишда ўзгаради. Бу эса миқдор жихатдан тахлил олиб боришга имкон беради. Эритманинг Ламберт-Бер қонунига буйсунмаслиги қуйидги ҳолларда содир бўлиши мумкин: а) молекула эритмада ҳар хил таутомер шаклда бўлганида; б) модда молекулалари ўзаро ёки эритувчи молекулалари билан таъсирлашганида масалан, водород боғ ёки ассоциатлар ҳосил қилганида; в) асосий ва танланган ҳолатлар ўртасида, иссиқдик мувозанати ҳолатида термохромизм ходисаси амалда эриган модданинг эритувчи молекуласи билан таъсирлашиш: кенг тарқалган ходисаларидан ҳисобланади. Ламберт-Бер қонунида фақат монохроматик нурлар амалга ошишини ҳисобга олиш керак. Молекулалардаги энергетик ҳолатларнинг ўзгариши маълум тебранишлар частотасида содир бўлади. Органик моддаларни тузилишини ўрганишда квант энергиялари билан фарқ қилувчи қуйидаги сохалар ўрганилади:

1. Электронларни қўзғалган ҳолатга келтириш учун кўп миқдорда энергия талаб қилинади, бу эса ултрабинафша (УБ) кўринадиган нурлар таъсирида амалга оширилади (Электроспектроскопияси).

2. Молекулалардаги тебранувчан ҳолат энергиясини ўзгартирш учун зарур бўлган энергия. Бу энергия таъсирида молекулада кимёвий боғлар узунлигидаги ўзгаришлар ва валент боғлар орасида бурчакнинг ўзгариши содир бўлади. Ушбу ўзгаришлар инфрақизил сохада намоён бўлади.

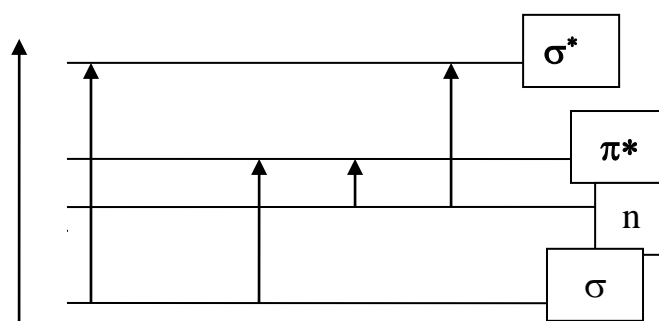
3. Ядро сонларининг йўналишини ўзгартиршга сарф бўладиган миқдордаги энергия ўзгаришлар радиотўлқинли энергия қаватлари таъсирида амалга оширилиши мумкин.

Молекуладаги энергетик ўтишлар жихатидан ултрабинафша кўринувчан соха ўртасида асосан фарқ қилади. Шундай қилиб, органик кимё ва технологияда кенг ишлатиладиган спектрал усуллар сифатида ултрабинафша (УБ), инфрақизил (ИК), ядромагнит резонанс (ЯМР) спектроскопиялари ва масс-спектрометрия ишлатилади. Энди юқорида кўрсатилган физикавий усулларнинг назарий асосларини ва органик молекулалар тузилишини ўрганишда тадбиқ этиш мумкин бўлган усулларини келтирамиз.

Ултрабинафша (Электрон) спектроскопия

Ултрабинафша (УБ) соха кўринувчан нурлардан бошланиб, қисқа тўлқин узунлигидаги рентген нурлари (50 нм) сохасигача давом этади. Органик моддалар (УБ) ва кўринувчан нурларни ўтиши натижасида электронлар (валент боғини ҳосил қилишда иштирок этувчи электронлар) бириктирувчи орбитадан бўшашган орбиталарга ўтиши молекуланинг ушбу ҳолати қўзғалган ҳолат дейилади. Электронлар ядрога тортишиб турганлиги

сабабли, уларни ғалаёнлаштириш учун кўпроқ миқдорда энергия талаб қилинади. УВ нурларни хосил қилувчи: электромагнит нурларнинг тўлқин узунлиги 120-180 нм ташкил этади. Органик бирикмалар УВ соҳада нурларни ютиш қобилиятидан кам бўлган соҳа узоқ ёки вакуум УВ соҳа дейилади ва яқин УВ соҳа 200 нм дан юқори бўлган соҳа. Узоқ УВ соҳадаги моддаларнинг ютилишини ўрганиш мураккаб ускуналарни талаб қилади. Аввало бу соҳада ҳаво таркибидаги кислород ва азот УВ нурларни ютади. Шунинг учун, ушбу соҳада ишлайдиган асбоблар вакуум қурилмага эга бўлиши керак. Турли хилдаги асбоблар мураккаблиги туфайли лаборатория машғулотларида кам ишлатилади. Яқин УВ соҳа ўлчаш учун анча қулайликларига эга бўлган, амалда кўп тарқалган усуллардан ҳисобланади. Бу соҳада кварц шаффофлик хусусиятига эга бўлганлиги учун ундан призмалар ва ўлчаш идишларини тайёрланади. Текшириш учун керак бўладиган модда миқдори 0,1 мг ни ташкил этади. Шу афзалликлар туфайли УВ спектроскопия кимёвий моддаларнинг тузилишини ўрганишда ишлатиладиган физикавий тадқиқот усуллари-нинг энг кўп тарқалган турини ташкил этади. Атом ва молекулада электронлар жуда аниқ энергияга эга бўлган орбиталарни эгаллайди. Атом орбиталарининг энергиялари квант сонларининг йиғиндиси билан ифодаланади. Молекула орбиталари атом орбиталарининг чизикли тўплами деб қаралиши мумкин. Бу тўплам, электронларнинг спини антипараллел йўналишга эга бўлган боғловчи орбитал (нормал ҳолат) ва электрон спинлари параллел йўналишга эга бўлган бўшашган орбита (қўзғалган ҳолат) дан ташкил топган. Органик молекулалар ва боғларни хосил қилувчи электронлар ҳамда таркибида жуфтлашмаган электронлар тутган гетероатомлардан электронлар ташкил топади. Молекулаларда қўзғалган ҳолатда рўй берадиган электрон ўтишларини қуйидагича ифодалаш мумкин:



Энергияси юқори квант $\sigma \rightarrow \sigma^*$ учун зарурдир, яъни оддий боғларни кўзгалган ҳолатга келтириш учун ёруғлик квантининг тўлқин узунлиги кичик бўлиши керак, ўтишларини содир қилиш учун керакли энергия кам миқдорда талаб қилинади, n-ҳолатдаги электронларнинг энергияси π -ҳолатдагидан ҳам юқоридир ва уларни кўзгатиш учун энг кам миқдорда сарф қилинмоғи керак. Бу ҳолдаги ўтишлар яқин УБ соҳада содир бўлганлиги учун амалий ишларда катта аҳамиятга эгадир.

Молекула таркибидаги УБ соҳадаги электромагнит нурларни танлаб ютадиган гуруҳларга хромофорлар дейилади. Хромофорларга таркибида кўшбоғ ёки гетероатом тутган моддалар мисол бўлади. Хромофор гуруҳлар органик модда таркибида ҳар хил ҳолатда жойлашиш мумкин, лекин хромофорнинг УБ соҳада ютиши оддий молекулада ёки тузилиши жихатдан мураккаб бўлган молекулаларда ҳам амалда бир-бирига яқин бўлган тўлқин узунликларида электромагнит нурларини ютади. Хромофор гуруҳларининг ҳар хил кимёвий тасирлашувига қараб УБ соҳада ҳосил қиладиган ютиш максимумлари ўзгариши мумкин. Ютиш максимумининг тўлқин узунлиги узун соҳага силжиши батаҳром силжиш дейилади, қисқа соҳага силжиши эса гипсохром силжиш деб аталади. Айрим хромофорларнинг УБ соҳада ютилиши 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Алоҳида жойлашган айрим хромофорларнинг УБ соҳада ютилиши

Хромофор гуруҳ	Мак*нм	Макс.	Ўтишлар	Эритувчи
Этилен $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	165	15000	$\pi - \pi$	Газ
	193	10000		
$\text{RCH} = \text{CH}_3$	177			
$\text{RCH} = \text{CH}$ -транс	180			
-цис	183			
Ацетилен $\text{HC} \equiv \text{CH}$	173	6000	$n - \pi^*$	Газ
Карбонил $(\text{CH}_2)_2\text{C} = \text{O}$	190	1900	$n - \pi^*$	Н-гексан
	280	15	$n - \pi^*$	
$\text{CH}_3\text{CH} = \text{O}$	290	16	$n - \pi^*$	Гептан
Карбоксил	204	80	$n - \pi^*$	

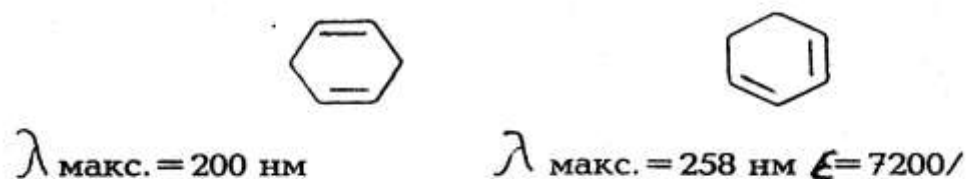
CH ₃ COOH					
Азометин C = Н/ацетоксим/	190	8000	n- π*	сув	
Нитрил - C = Н/ацетонитрил/	180	-	-	-	
Азо - /азометин/	347	45	n- π*	Диоксан	
Нитрозо - - О/нитрозобутан/	300	100		эфир	
	665	20			
Нитрат - C O ₂ /этилнитрат/	270	12	n- π*	Диоксан	
Нитро - O ₂ /нитрометан/	271	19	n-π*	Спирт	
Нитрит - C O /амилнитрат/	218x5	1120	n- π*	Петро- лейнуй	
	346x5	/кенг/	n- π*	Эфир	
Сульфоксид (цикло- гексилметилсульфок- сид)	210	1800		Спирт	
Сульфон (диметил- сульфон)	180	-	-	-	

КИМЁВИЙ БИРИКМАЛАРНИНГ УЛТРАБИНАФША СПЕКТРИ

Тузилиши текширилаётган модда УБ сохада (200-800 нм) ютилиш максимумига эга бўлмаса, модда таркибида диен, полиен системаларининг, ароматик ва карбонил гуруҳ йўқлигидан далолат беради.

Диен системалари. Туташган диенлар учун π-π* ўтишга хос бўлган ютиш 215-270 нм да содир бўлади. Спектр чизигининг ҳолати ва интенсивлиги диеннинг тузилишигагина боғлиқ бўлади. Диеннинг УБ сохада ютиши конформациясига боғлиқ бўлади. Транс конформацияли диеннинг ютиши конформациясига боғлиқ бўлади. Транс конформацияли диеннинг ютиш максимуми цис-диендан пастроқ сохада мавжуд бўлади (3-жадвал).

Молекулада қўшбоғларнинг жойлашишига қараб изомер бирикмаларни бир-бирдан фарқ қилиш мумкин.



Диен бирикмаларнинг УБ соҳада ютишга молекуладаги алкил радикалининг миқдори, қўшни циклик гуруҳларнинг сони таъсир қилади. Ушбу таъсирларнинг қиймати Вудворд формулалари билан аниқланади:

$$\lambda_{\text{макс}} = 217 + 5 \times A + 30 \times B + 5 \times C$$

- Формуладаги 217- бутадиенининг ютилиш максимуми;
- А - алкил гуруҳларнинг сони;
- В - туташган қўшбоғлар миқдори;
- С - экзоциклик боғларнинг сони.

Вудворд формуласи Вудворд қонидаси асосида ишлатилади: қўшбоғдан алоҳида жойлашган алкил гуруҳи модданинг УБ соҳадаги ютишига таъсир қилмайди; диен системасига бир ёки тўрт ҳолатда жойлашган алкил гуруҳ батаҳром силжиш хосил қилади (7-10 нм гача), икки ёки уч ҳолатдагиси эса 3-4 нм гача. Вудворд формуласи асосида диенлар учун ҳисоблаб топилган ютилиш максимуми амалда топилганидан - 5 нм га фарқ қилади.

Полиенлар. Молекулада туташган қўшбоғлар сонининг ошиши УБ соҳада батаҳром силжишга олиб келади. Қўшимча қўшбоғлар учун ютилиш максимум тахминан 50, 40, 30, 25 ва 20 нм қийматлар янги киритилган ҳар қўшбоғ учун қўшилади.

Органик моддаларнинг УБ спектри (200-800 нм) маълумотлари

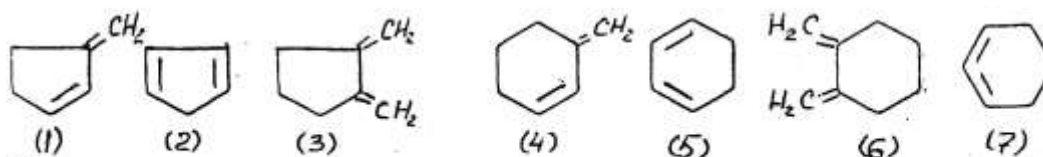
Максимумлар сони	Максимумларнинг тавсифи	Молекула тузилиши тўғрисида хулоса
1	2	3
0		Молекула таркибида хромофор гуруҳлар йўқ қўшбоғлар, ароматик халқа тутган бирикмалар ва карбонил, нитро гуруҳлари
1	200-225 нм ($\epsilon = 10000-15000$)	α , β -Тўйинмаган карбон кислота-лари ва уларнинг хосилалари
	215-235 нм	Циклик ва ациклик диен бирикма-лар (қўшбоғ мустахкамланган транс конфигурацияга эга)
	240-270 нм ($\epsilon = 3000-8000$)	Цис конфегурацияли циклик диен
	275-290 нм ($\epsilon = 15-25$)	Тўйинган альдегид ёки кетон
	270-370 нм ($\epsilon = 50000-150000$)	Таркибида 3-6 туташган қўшбоғ тутган полиен
	400-470 нм ($\epsilon = 50000-180000$)	Таркибида 7-12 туташган қўшбоғ тутган полиен
2	200-230 нм ($\epsilon = 7000-9000$)	Бензол хосилалари
	260-280 нм ($\epsilon = 200$)	
	200 нм ($\epsilon = 500$)	
	276-280 ($\epsilon = 20$)	α , β -Тўйинмаган альдегид ёки кетон
	200-230 нм ($\epsilon = 12000-20000$)	
	320-340 нм ($\epsilon = 20-40$)	Нитробирикмалар
3	Уч максимумга эга бўлган системалар	Хромофорлар билан туташган ароматик халқа, қўп халқали ароматик бирикмалар

Диен ва полиенларни УБ соҳада ютилиш максимумини ҳисоблаш усули билан аниқлаш

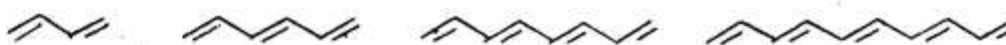
(транс), λ_0 -217 нм (цис), λ_0 -253 нм					
Ўрин алмашган гуруҳи	нм		Ўрин алмашган гуруҳ	нм	
	Гуруҳ охирида			Гуруҳ охирида	
	Жойлашса	Жойлаш-маса		Жойлашса	Жойлаш-маса
Br,Cl	10	5	С – С боғи		
C-CO-CH ₃	0	0	Занжирни узайтирса	30	-
C-P	25	5			
S-P	30	-	Алчил радикали	5	-
N (N) ₂	60	-	Охирги кўшбоғда цис-алмашса экзоциклик боғ	5	5

Асосий диен системаларининг УБ соҳада ютилиш максимумлари

№	Хромофор	Макс /нм/	ϵ
1.	3-Метиленциклопентен-1	234	14000
2.	Циклопентадиен -1,3	240	3400
3.	1,2-диметилендициклопентан	243	12000
4.	3-метиленциклогексен-1	231	19800
5.	Циклогексадиен -1,3	258	7200
6.	1,2-диметиленциклогексен	243	12000
7.	Циклогептадиен -1,3	248	76000

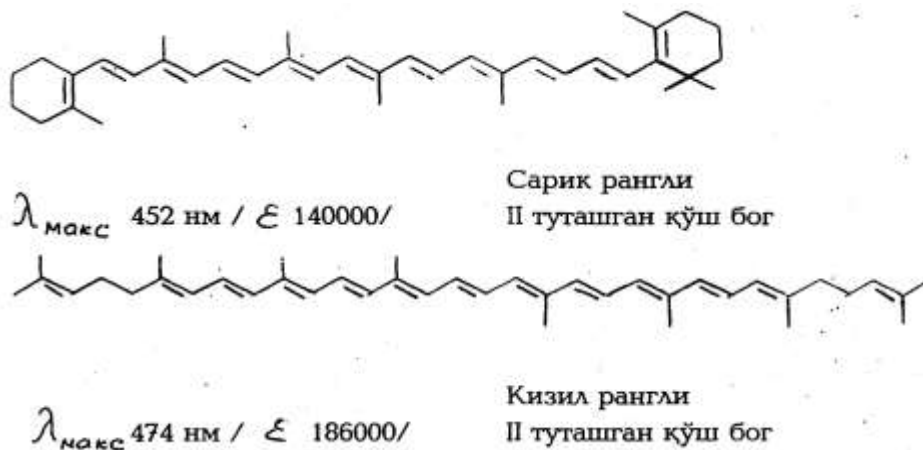


Масалан:



λ макс	217 нм	λ макс	267 нм	λ макс	307 нм	λ макс	364 нм
/ ϵ	21000/	/ ϵ	34600/	/ ϵ	58000/	/ ϵ	138000/

Молекулада туташган кўш боғларнинг ошиши ютилиш максимумини кўринувчан соҳагача силжитади, натижада модда рангли табиатга эга бўлади. Масалан: δ -каротин ва ликопин тузилишларни кўриб чиқамиз.



Моддаларнинг УБ сохада ютиш максимуми асосида молекула таркибида полиен система иштирок қилишини ва туташган қўшбоғларнинг сонини аниқлаш мумкин.

Карбонил гуруҳи. Таркибда карбонил гуруҳи тутган моддалар: альдегидлар, кетонлар, карбон кислоталари ва уларнинг хосилалари табиатда ва синтетик кимёда кенг тарқалган бирикмалар ҳисобланади.

Тўйинган альдегид ва кетонлар учун макс 275-290 нм ни ташкил этади ва ютилиш $n - \pi^*$ ўтишга мос келади. Бу ўтиш симметри бўйича тақиқланган бўлганлиги учун максимум кучсиз бўлади ($E = 15-20$). Альдегид ва кетонлар учун ютиш чизигининг ҳолатига эритувчининг табиати таъсир қилади. Карбонил гуруҳ билан водород боғ хосил қилувчи эритувчилар ютилиш максимумини гипсоҳром силжишга олиб келади. Бунга сабаб, водород боғининг - орбиталнинг энергетик ҳолатини пасайтиришидир. Хар хил табиатга эга бўлган эритувчиларни ишлатганимизда $\lambda_{\text{макс}}$ қуйидаги қийматларга эга бўлади: эталон (0), сув (-7), углеводородлар (-11), диоксан (-5). Карбонил гуруҳи таркибидаги кислород атомида икки жуфтлашмаган электронлар мавжуд. Кислотали мухитда альдегид ва кетонларнинг УБ сохада ютилиш максимуми йўқолади, чунки кислород атоми протонланиш ходисасига учрайди. Бу хол ютилиш чизигининг $n - \pi^*$ тезликлигидан далолат беради. Тўйинган альдегидлар ва кетонлар таркибидаги карбонил гуруҳ ютилиш интенсивлигининг кичиклиги айрим холларда спектрда аниқлаш пайтида қийинчилик туғдиради.

α, β - тўйинмаган альдегидлар ва кетонлар. УБ сохада бу бирикмалар учун юқори интенсивликка эга π бўлган $n \div \pi^*$ ва кам интенсивли ўтишлар

содир бўлади. Карбонил гуруҳга хос бўлган ўтиш тўйинган альдегид ва кетонларга нисбатан тўлқин узунлиги юқори бўлган сохада намоён бўлади. Қўшбоғга алкил гуруҳи жойлаштирилса, ютилиш максимумини ~10 нм юқори қийматли сохага силжитади.

7-жадвал

УБ спектроскопияда ишлатиладиган айрим эритувчиларнинг кўрсаткичлари

Эритувчи	λ нм	589,3 нм	ϵ (20-25)	Суюқла- ниш ха- рорати, °С	Кайнаш харорати	Зичли- ги г/см ³ (20°С)
Сув	196	1,3330	78,5	0	100	0,9982
Метил спирти	210	1,3288	32,6	-97,8	64,6	0,7918
Этил спирти	207	1,3610	24,3	-117,3	78,3	0,7893
Хлороформ	246	1,4460	4,8	-63,5	61,2	1,4890
Ацетон	331	1,3591	20,7	-94,8	56,2	0,7910
Диоксан	215	1,4224	2,2	11,8	101,3	1,0337
Бензол	280	1,5011	2,3	5,5	80,1	0,8790
Гексан	199	1,3749	1,9	-95,3	68,7	0,6490
Циклогексан	211	1,4263	2,0	66	89	0,7787

8-жадвал

Жуфтлашмаган электронли атом тутган тўйинган бирикмаларнинг УБ спектридаги маълумотлар

Бирикма	$\lambda_{\text{макс}}$, нм	$\epsilon_{\text{макс}}$
>N (CH ₃) ₃ N	199	3950
Пиперидин	200	4000
>O CH ₃ CH	210	200
>S (C ₂ H ₆) ₂ S ⁸	194,215	4600,1600
-S-S-(C ₂ H ₅) ₂ S ₂ ⁸	250,194	5500
-Cl CH ₃ Cl	273	3800
-Br C ₃ H ₇ Br ⁸	208	300
-I C ₃ H ₇ I ⁸	259	400

α - эритувчи гексан ёки гептан, бошқалари пар ҳолатида олинган спектрлар.

α, β -тўйинмаган карбон кислоталар. Карбон кислоталарида ўтишга хос бўлган (карбонил гуруҳи учун хос бўлган) кучсиз интенсивликдаги, 200

нм да максимум бўлиб, кучли интенсивликка эга бўлган $\pi \div \pi^*$ ўтишга тегишли бўлган максимум содир бўлади:

$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$ λ макс /изооктанда/ 200 нм / ϵ 10000/.

Қўшбоғга нисбатан α -ҳолатда жойлашган углерод β -ҳолатда эса, 5нм тўлқин узунлиги юқори соҳадаги максимум пайдо бўлади. Бирикмаларнинг УБ соҳада ютишига қараб, уларнинг α , β -тўйинмаган карбон кислота-ларга ёки уларнинг хосилаларига тегишли эканини ҳамда қўшбоғдаги ўрин-босарларнинг табиатини аниқлаш мумкин.

Нитро гуруҳ . - NO_2 $\pi \div \pi^*$ ўтишга хос бўлган юқори интенсивликка эга бўлган ютилиш содир бўлади (λ макс 200нм, $\epsilon = 5000$ - NO_2 га хос ўтиш кучсиз интенсивликка эга λ макс 276 - 280 нм, $\epsilon = 15-35$). Таркибида карбонил гуруҳи тутган моддаларга хос бўлган ютилишдек, нитрогуруҳлар учун иккинчи электрон ўтишнинг ютилиш максимуми эритувчиларнинг табиатига боғлиқ бўлади; кутбли эритувчиларда ютилиш максимум тўлқин узунлиги қисқа соҳага (гипсохром) силжийди. Умуман, нитрогуруҳнинг УБ спектри моддаларнинг тузилиши тўғрисида кам маълумот беради.

Ароматик бирикмалар. Юқорида кўрсатилган моддаларнинг УБ соҳадаги спектрларда ароматик бирикмаларнинг УБ спектри мураккаблиги ва ўзига хослиги билан ажралиб туради. Бензол УБ соҳада қуйидаги максимумларни хосил қилади (λ макс 200нм, ϵ 8000 нм, 255 нм, ϵ 200нм):

Ароматик бирикмаларнинг УБ спектри: А-бензол, Б-фенол, В-анилин.

	λ Макс /гексан/	
Фуран	2000	/ ϵ 10000/, 252 / ϵ 1/
Тиофен		235/ ϵ 4500/
Пиррол	210	/ ϵ 15000/, 350/ ϵ 300/
Пиридин	195	/ ϵ 7500/, 250/ ϵ 2000/

Келтирилган маълумотлар Тўйинмаган гетероҳалкали бирикмаларнинг УБ соҳада ютиши бензол молекуласининг ютишига яқинлигидан далолат беради.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Казичина Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-: ИК-, ЯМР- и масс-спектрологии в органической химии. –М.: изд. МГУ, 1979.
2. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования химии. Т.1. М.: Высшая школа, 1987, т.2, 1989.

2-маъруза. Инфрақизил (ИК) спектроскопия

Режа:

1. Инфрақизил спектрофотометр.
2. Инфрақизил спектр.
3. Гуруҳларни ҳарактерловчи тебранишлар.
4. Органик кимёда инфрақизил спектроскопияни қўллаш.

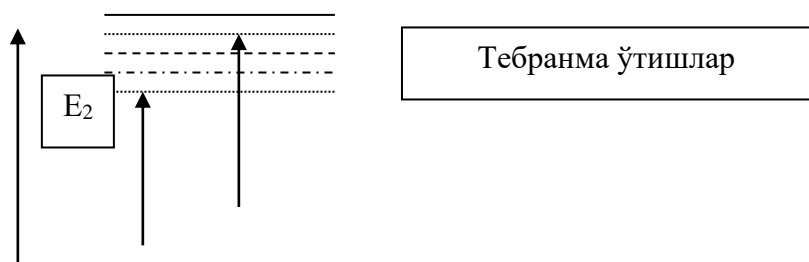
Таянч сўз ва иборалар; Инфрақизил, спектр, квантини, деформацион, ароматик,

Инфрақизил спектрофотометр.

Молекуладаги атомларни кузгатиш учун етарли энергия миқдори электромагнит тўлқинларнинг ИК соҳасига мос келади. Молекуладаги тебранма сатхлар квантланган бўлиб, маълум бир катталиқдаги тебраниш частотаси ёки энергия қийматида содир бўлади. Ёруғлик квантини қабул қилиш натижасида молекуладаги тебранма ҳаракат асосий энергетик ҳолатдан кўзланган ҳолатга ўтади. Кейинчалик эса тебранма энергия айланма энергия сатхларининг ўзгаришига сарфланади. Молекуланинг умумий энергиясини қуйидагича ифодалаш мумкин:

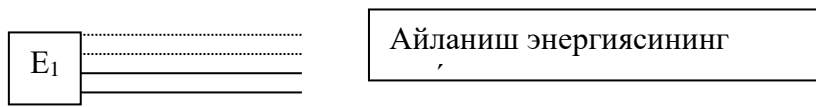
$$E = E \text{ /Электрон/} + E \text{ /айланма/} + E \text{ /тебранма/}$$

Молекулада айланма энергетик сатхлар узаро якин жойлашади ва жуда оз миқдордаги энергия молекула айланишини ўзгартиришга етарлидир. Аксинча тебранма ҳаракат энергияси анча юқори қийматни ташкил этади /расмга қараганг/ Молекуладаги тебранишлар икки хил спектрларда намоён бўлади -ютилиш спектрлари /ИК спектри/ ва нурнинг комбинацион сочилиш /КС спектри/. Нурнинг комбинацион сочилиш спектри молекуланинг енгил фотонларни забт этиш натижасида фотонлар энергиясининг кўпайиш ва камайиш натижасида молекулада бўладган тебранма ёки айланма ҳолат энергия сатхининг ўзгаришига асосланади. Кейинчалик забт этилган фотонлар ёруғлик сочилиш тарзида нурланади.



Энергия тебранма ва айланма сатхларнинг тасвири.

Органик моддаларнинг ИК спектри нозик ютилиш чизиқларини ҳосил қилмайди. Бунга асосий сабаб, айланиш энергиясининг ўзгариши молекулани

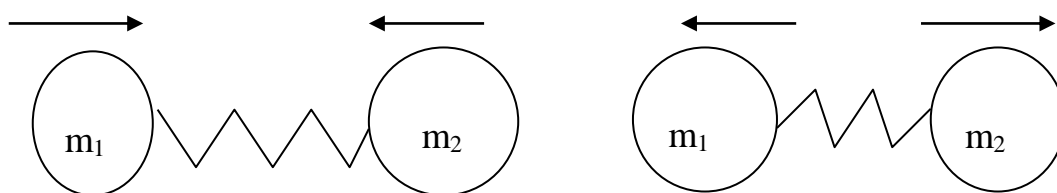


тебраниш энергиясининг ўзгариши билан бир вақтда содир бўлишидадир. Расмда кўрсатилганидек, E1 ва E2 тебранма сатхларига ёнма-ён жойлашган айланиш сатхлари боғлиқ бўлади. Бу ҳолда тебраниш энергияси ўзгаришининг ҳар бир ҳолатига зич жойлашган спектр чизиқлари ҳосил бўлиши керак.

Кўп атомли молекулалар мураккаб тебранишга ҳослиги билан белгиланади. Шу сабабли, ҳисоблар икки атомдан иборат бўлган молекулалар учун ишлаб чиқилган. ИК спектрдаги ютилиш соҳаларини аниқлаш тажриба асосида олинган маълумотларга асосланган.

Молекула учун ИК соҳада асосий тебранишлар валент ва деформацион тебранишлардир. Молекуладаги атомларнинг боғ бўйлаб тебранишига валент тебраниш дейилади ва ν харфи билан белгиланади.

Валент тебранишнинг механик модели сифатида икки шартдан иборат системани фарз қилиш мумкин. Шарлар молекуладаги атомларни, пружина эса кимёвий боғни ифодалайди



Пружина чузилганида ёки сиқилганида шарлар гармоник тебранишлар билан ҳаракат қилади. Бу қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{F}{m_r}}$$

Формуладаги ν - тебраниш частотаси, F-боғ мустаҳкамлигини ифодаловчи куч доимийлиги, m_1 -шарларнинг массаси, m_r эса қуйидаги формула асосида ҳисобланади:

$$\frac{1}{m_r} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad \text{ёки} \quad m_r = \frac{m_1 \times m_2}{m_1 + m_2}$$

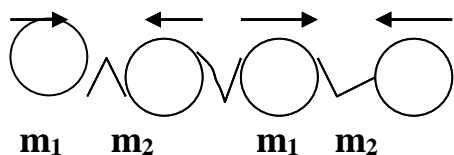
Валент тебраниш частотаси атом масалари ва боғ мустахкамлиги билан аниқланади. Масса юқори бўлса, частота кичик бўлади, яъни:

$$\nu_{C-C} = 1000 \text{ см}^{-1} \quad \nu_{C-H} = 3000 \text{ см}^{-1}$$

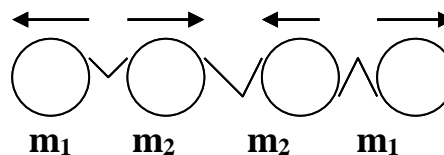
Кимёвий боғ мустахкам бўлса, тебраниш частотаси шунчалик юқори бўлади. Масалан:

$$\begin{array}{lll} \nu_{C-C} = 1000 \text{ см}^{-1} & \nu_{C-O} = 1100 \text{ см}^{-1} & \nu_{C-N} = 1050 \text{ см}^{-1} \\ \nu_{C-C} = 1600 \text{ см}^{-1} & \nu_{C=O} = 1700 \text{ см}^{-1} & \nu_{C=N} = 1650 \text{ см}^{-1} \\ \nu_{C-C} = 2200 \text{ см}^{-1} & & \nu_{C=N} = 2260 \text{ см}^{-1} \end{array}$$

Молекуладаги атомлар сонининг кўпайиши валент тебраниши мураккаблантиришга олиб келади 3 ва 4 атомдан ташкил топган молекулада 2 хил валент тебранишлар бўлади: симметрик ва антисимметрик



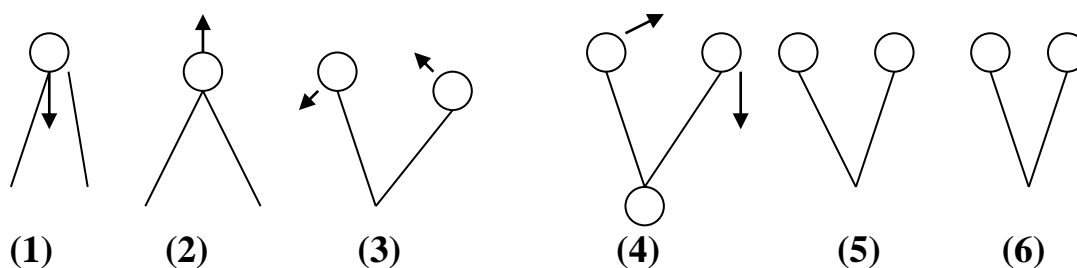
Симметрик тебраниш



Антисимметрик тебраниш

Антисимметрик тебраниш частотасининг қиймати симметрик тебраниш частотаси қийматидан доимо юқори бўлади.

Молекула валент бурчаклари қийматининг ўзгариши деформацион тебраниш деб айтилади. Деформацион тебранишни хосил қилиш учун валент тебранишига нисбатан кам энергия сарф қилинади ва кам частотада намоён бўлади.



Атомларнинг молекулада хосил қиладиган деформацион тебранишлари: 1,2- қайчисимон, 3,4 - маятниксимон, 5 - айланма, 6 - ярим доира бўйлаб (текисликка перпендикуляр йўналишда илгариланма харакат, - тескари йўналишдаги харакат).

ИК спектрометрларниг оптик қисмларидан бўлган эритма солинадиган идиш, нурларни бўлувчи призмалар тузлардан тайёрланади, чунки шиша ИК нурлар таъсирида шаффофлигини йўқотади. Асосан учта призма ишлатилади: LiF ($2000-3800\text{см}^{-1}$); NaCl ($700-2000\text{см}^{-1}$) ва KBr ($400-700\text{см}^{-1}$). Бошқа ораликда призмалар шаффофлик хусусиятига эга эмас.

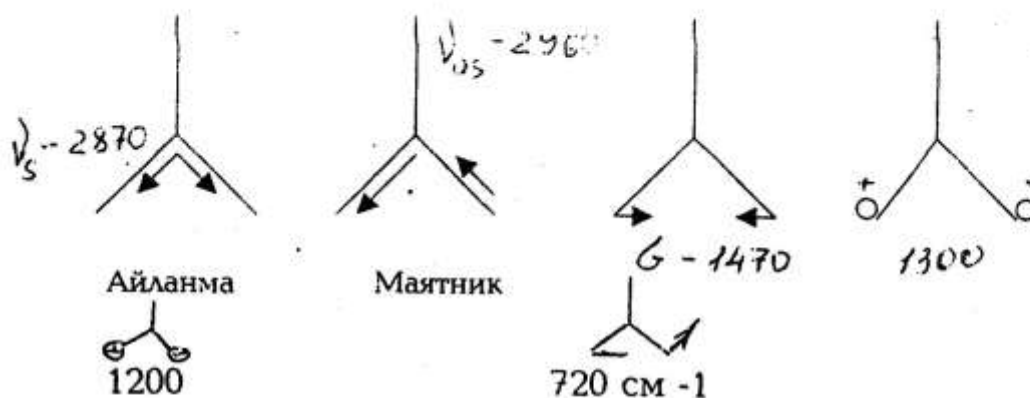
ИК спектри олиниши керак бўлган намуналар эритма, таблеткаларда, вазелинда эмульсия хосил қилиб ёки газ ҳолатида ишлатилиши мумкин.

АСОСИЙ ГУРУҲЛАРНИНГ ТЕБРАНИШ ТУРЛАРИ

C-H. Тўйинмаган, тўйинган ва ациклик углеводородларда валент тебраниш $2800-3000\text{ см}^{-1}$ да намоён бўлади. $-\text{CH}_2=$ ва $-\text{CH}_3$ гуруҳларнинг тебраниш турлари ва уларга мос келувчи частоталарни қуйидагича ифодалаш мумкин:

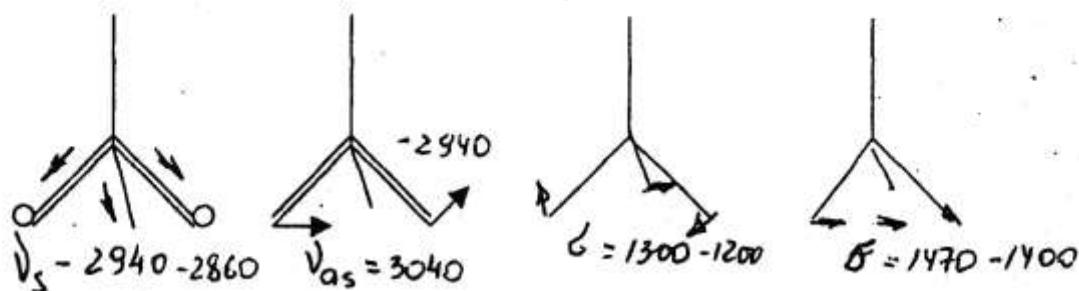
Валент тебраниш
-CH₂- Симметрик Антисимметрик

Деформацион тебранишлар
Қайчисимон Елпигчисимон



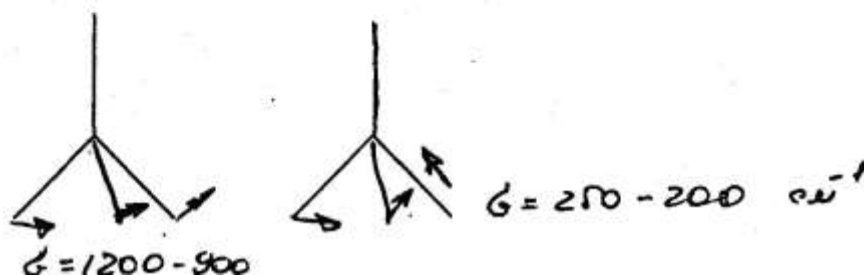
Валент тебраниш
-CH₃- Симметрик Антисимметрик

Деформацион тебранишлар
Қайчисимон Елпигчисимон



Айланма

Маятник



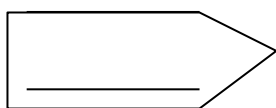
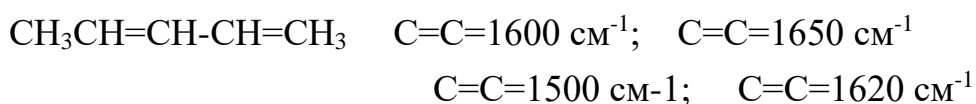
С-Н боғига хос ютилиш характерлидир, аммо молекула тузилиши тўғрисида кам ахборот беради. Бунга асосий сабаб: 1) С-Н боғига хос бўлган ютилишлар ўзаро таъсирлашиши мумкин; 2) айрим ютилиш частоталари бир-

бирининг «устига» тушиши натижасида кучсиз максимумлар таркибида С-Н боғи йўқлигидан далолат беради.

Полиметилен занжирининг туташини натижасида хосил бўлган циклопарафинларда ИК соҳасидаги ютилиши С-Н Тўйинган углеводородларнинг ютиш соҳасида яқин бўлади. Олти аъзолик циклопарафинлардаги CH_2 нинг ютиши 1470 см^{-1} дан 1452 см^{-1} га сурилиб чиқади. Асосий ўзгариш халқада кучланиш бўлганида (масалан, 5 аъзоли халқада содир бўлади) ва натижада валент тебраниш частотаси 3040 см^{-1} да намоён бўлади. Бу қиймат орқали мураккаб моддалар таркибида беш аъзолик халқа борлигини билиш мумкин.

Алоҳида жойлашган қўшбоғнинг валент тебраниш частотаси $\text{C}=\text{C} = 1600\text{-}1680 \text{ см}^{-1}$ да содир бўлади. Симметрик тузилишга эга бўлган алканларнинг валент тебраниш интенсивлиги кучсиз бўлади. Қўшбоғ тўғрисида маълумот $\text{C}=\text{H} = 3000\text{-}3100 \text{ см}^{-1}$ содир бўладиган частота билан ҳам ифодаланади. Деформацион тебранишлардан $\text{C}=\text{H}$ гуруҳларнинг фазовий жойлашини аниқлашда фойдаланиш мумкин; цис-изомерлар $650\text{-}750 \text{ см}^{-1}$, транс-изомерлар эса $960\text{-}970 \text{ см}^{-1}$ да намоён бўлади.

Тутушган диен системалар. $1500\text{-}1650 \text{ см}^{-1}$ оралигида иккита ютилиш чизиғини хосил қилади, булар симметрик валент тебранишларга мос келади. Масалан:



Алоҳида жойлашган қўшбоғларга нисбатан туташган диен системаларининг ИК соҳада ютиш интенсивлиги бирмунча юқори бўлади, бу эса диен конфигурацияси транс ҳолатга эга бўлганда яққол намоён бўлади. Алкил гуруҳларининг диен системасига жойлашини валент тебранишлар частотасининг юқори соҳага сурилишига олиб келади. Умуман, туташган қўшбоғларнинг молекулада бўлиши ИК спектр усули билан осон аниқланади. Уч боғ ИК спектри ёрдамида осон аниқланади, чунки бу боғ ютадиган соҳада ($\text{C}=\text{O}=2100\text{-}2250 \text{ см}^{-1}$) бошқа гуруҳлар амалда ютилиш частотаси хосил қил-

майди. Ацетилендаги водород атомнинг алкил радикалларга алмашиши ИК сохадаги ютишга таъсир қилади: алкин-1-2100-2140 см^{-1} , алкин -1,2 да эса

2190-2250 см^{-1} С-С боғга хос бўлган ютишнинг ИК сохада интенсивлиги кучсиз бўлади.

С-Х. Углерод-галоген боғига хос ютилиш паст частотали сохада намоён бўлади (780-490 см^{-1}), юқори интенсивликка эга бўлганлиги учун осон аниқланади.

$\nu_{\text{C-Cl}}$	$\nu_{\text{C-Br}}$	$\nu_{\text{C-I}}$
550-850 см^{-1}	515-690 см^{-1}	500-600 см^{-1}

С-Ф боғига хос бўлган ютилиш $\nu_{\text{C-F}} = 730-1350 \text{ см}^{-1}$ да намоён бўлади ва С-О боғга хос бўлган ютилиш билан бир сохада хосил бўлади. Шу сабабли, бу иккала гуруҳ бир вақтда молекула таркибида бўлса, спектрдан уларни ажратиб олиш аниқлаш кийин.

Спиртлар, кислоталар ва уларнинг хосилалари ўз таркибида гидроксил гуруҳ туттади.

ИК сохада 3200-3600 см^{-1} интенсив ютилиш боради. Гидроксил гуруҳ углеводород радикали табиатига қараб, ИК нурларини хар хил сохада ютади.

Бирламчи ОН - 3640 см^{-1}	Фенолдаги ОН - 3810 см^{-1}
Иккиламчи ОН - 3630 см^{-1}	Полимерлардаги ОН - 3400-3200 см^{-1}
Учламчи ОН - 3820 см^{-1}	

Икки, уч ва кўп атомли спиртлар ўзаро молекулалараро ва молекулалар ичра водород боғи хосил қилади. Бир атомли спиртлардан фарқли ўларок, Кўп атомли спиртларнинг суюлтирилган эритмаларида водород боғлар узилмайди ва ИК сохада интенсивлиги кам ва ажралмаган кенг чизикли кўринишда частота хосил қилади.

О-Н боғининг деформацион тебраниши куйидагича бўлади :

Бирламчи - 1050 см^{-1}	Учламчи - 1150 см^{-1}
Иккиламчи - 1100 см^{-1}	Фенол - 1200 см^{-1}

Хулоса қилиб шуни кўрсатиш керакки, О-Н боғини ИК сохада осон топиш мумкин ва суюлтирилган эритмасининг спектрини олиб, молекулалар ёки молекулалар ичра водород боғ хосил қилишда илгарироқ зтишни аниқлаб бериш мумкин. Бу эса уз навбатида мойекулшнинг-фазоветг

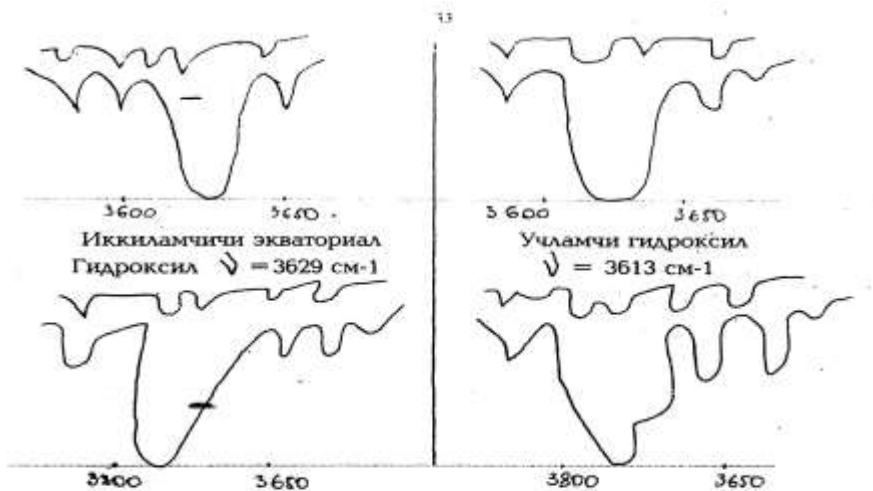
тузилишини аниқлашга имконият-беради.

Бирламчи гидроксил

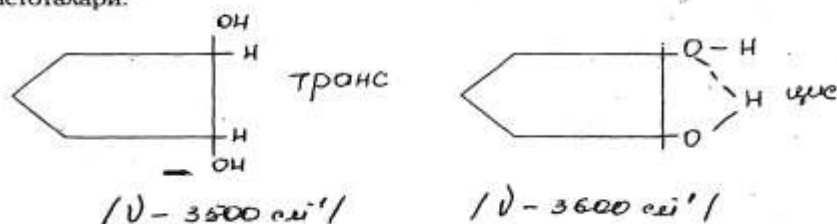
$$\nu = 3641 \text{ см}^{-1}$$

Иккиламчичи аксиал гидроксил

$$\nu = 3635 \text{ см}^{-1}$$



Хар хил турдаги гидроксил гуруҳларнинг ИК соҳадаги ютилиш частоталари:



Димер хосил қилувчи карбон кислоталари ν_{OH} ютилиш чизиғини 2500-3000 см^{-1} да хосил қилади ва $\nu_{\text{C-H}}$ билан бир соҳада жойлашади. Кислота димерларининг деформацион тебраниши ($\nu_{\text{OH}} = 1200-1400 \text{ см}^{-1}$) кенг шаклдаги ютилиш чизиғидан иборат бўлади.

С-О. Ушбу боғ спиртлар ва эфирларда бўлиб, ИК соҳада юқори интенсивли ютиш чизиқларини хосил қилади ($\nu_{\text{C-O}} 1000-1275 \text{ см}^{-1}$)

Ютилиш соҳаси молекула тузилишига боғлиқ бўлади, яъни қўшбоғ ва ароматик халқа борлиги таъсир қилади. Мураккаб эфирларда иккта ютилиш частотаси содир бўлади : $\nu^{\text{s}}_{\text{COC}} 1025-1075 \text{ см}^{-1}$ ва $\nu^{\text{as}}_{\text{COC}} 1200-1275 \text{ см}^{-1}$. Бу соҳада бошқа функционал гуруҳлар ИК нурлари ютилиша мумкин, бу эса спектрни ўрганишда қийинчилик туғдиради. Юқори интенсивликка эга бўлган учун бу соҳадаги ютилишни С-О-С боғи учун хос дейиш мумкин.

С-О. Карбонил гуруҳнинг валент тебраниши ушбу гуруҳ қандай молекула таркибида бўлишидан катъий назар, юқори интенсивликка эга бўлган максимум хосил қилади $\nu_{\text{C=O}} 1650-1850 \text{ см}^{-1}$. Бу соҳада бошқа гуруҳлар

ютиш чизиғини хосил қилмайди. Хар хил моддалар учун C=O гуруҳнинг частоталари бир-биридан фарқ қилади. Масалан:

Альдегид ва кетонлар 1710-1750 см^{-1}

Карбон кислоталар 1750-1770 см^{-1} (мономер)

Мураккаб эфирлар 1706-1720 см^{-1} (димер)

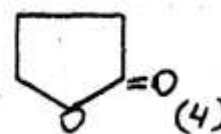
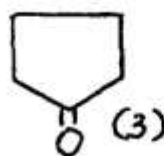
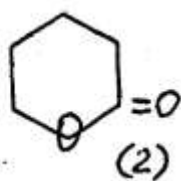
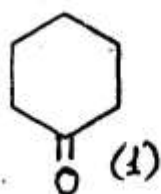
Кислота амидлари 1735-1750 см^{-1}

Кислота хлорангидридлари 1650-1695 см^{-1}

Кислота фторангидридлари 1765-1815 см^{-1}

Кислота ангидридлари 1865-1875 см^{-1}

1740-1790 ва 1800-1850 см^{-1}



$$(1) \quad \nu_{\text{C=O}} = 1720-1700 \text{ см}^{-1}$$

$$(2) \quad \nu_{\text{C=O}} = 1750-1785 \text{ см}^{-1}$$

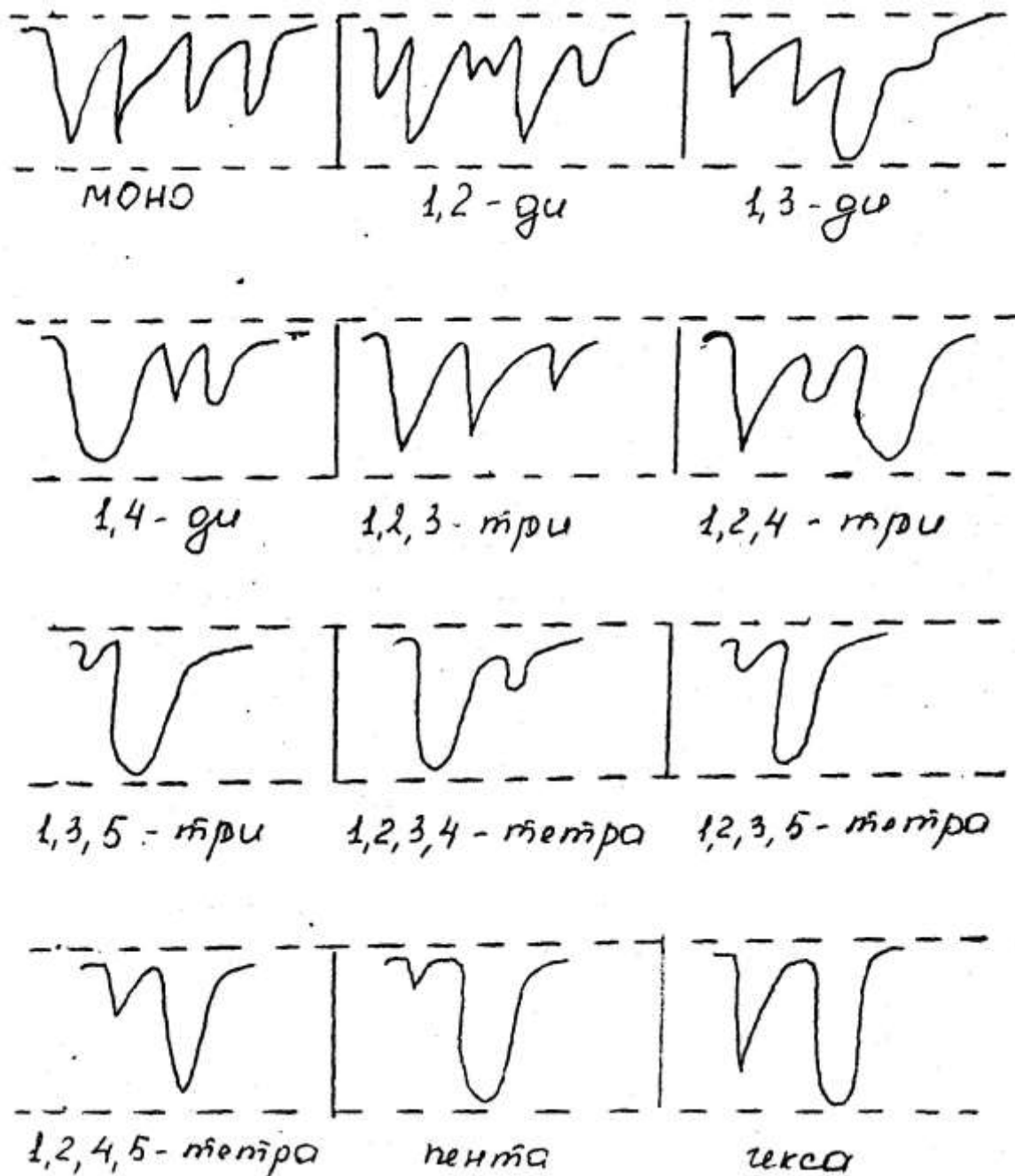
$$(3) \quad \nu_{\text{C=O}} = 1750-1740 \text{ см}^{-1}$$

$$(4) \quad \nu_{\text{C=O}} = 1780-1760 \text{ см}^{-1}$$

Карбонил гуруҳга қўшбоғ ёки ароматик халқа жойлашса, масалан C=C-C=O ёки C₆H₅-C=O, $\nu_{\text{C=O}}=1665-1685 \text{ см}^{-1}$ ташкил этади. Демак, карбонил гуруҳининг частотасини билиб, унга хос келувчи функционал гуруҳ табиатини аниқлаш мумкин. Карбонил гуруҳнинг ютилиши асосида модданинг миқдор тахлилини ишлаб чиқиш мумкин. Кето-енол таутомерия ҳолатларида ИК спектрга асосланиб, таутометр турларининг миқдорини аниқлаш мумкин.

АРОМАТИК БИРИКМАЛАР. Бензол халқасидаги C-C боғининг валент тебраниши кам интенсивликка эга бўлиб, 1585-1600 см^{-1} ва 1400-1500 см^{-1} да намоён бўлади ва тўйинмаган углеводородлардаги C-C боғининг тебраниш частотаси қийматлари билан яқин туради. Ароматик бирикмаларнинг ИК спектрларида C-H боғининг деформацион тебранишига хос бўлган частоталар 650-900 см^{-1} да содир бўлади. Бу соҳадаги ютилиш ароматик халқада жойлашган радикаллар табиатини уларни бир-бирига нисбатан орта, пара ёки мета ҳолда жойлашишини аниқлашга имкон беради. Ушбу соҳада ютилишнинг бўлмаслиги модда таркибида ароматик халқа йўқлигидан дало-

лат беради. Ароматик халқадаги ҳар хил ўрин алмашилишлар ИК соҳадаги ютилишга таъсир қилади. Буни билиш учун $1650-2000\text{ см}^{-1}$ соҳадаги ютилиш частоталаридан фойдаланилади (қуйидаги расмга қаранг).



Кўп халқали ароматик углеводородлар ИК соҳадаги ютилиши бензолга ўхшаб кетади. Бу бирикмалар ҳам $3100-1600\text{ см}^{-1}$ ва $650-500\text{ см}^{-1}$ соҳаларида ИК нурларни ютади. Халқада ўринбосарларнинг бўлиши ютилиш частоталарининг қийматига таъсир қилади.

Бензол халқасидаги ҳар хил ўрин алмашилишларга хос бўлган ИК соҳадаги ютилишлар ($1650 \dots 2000 \text{ см}^{-1}$ соҳада).

Тўйинмаган гетерохалқали бирикмаларнинг ИК спектри кўп жihatдан ароматик бирикмаларнинг спектрларига ўхшаб кетади: С-Н фуран, пиррол, тиофен ва пиридинларда $3010-3080 \text{ см}^{-1}$ ва $\text{C}=\text{C}$ $1300-1600 \text{ см}^{-1}$ да намоён бўлади. Кенг тарқалган гетерохалқали бирикмаларнинг асосий частоталари қуйидаги қийматлардан иборат (см^{-1}):

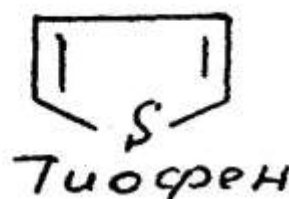
Фуран 3125-3185 1500-1565

Тиофен 3050-3125 1040-1520

Пиррол 3400-3440 1555-1565

Пиридин 3020-3070 1430-1650

Гетерохалқали бирикмаларда С-Н боғнинг деформацион тебраниши ароматик бирикмалардек ўзига хос бўлиб, С-Н $600-800 \text{ см}^{-1}$ да содир бўлади.



N-H. Таркибида N-H боғ тутган моддалар табиатда кенг тарқалган бирикмалардан ҳисобланади. Боғнинг валент тебраниши $\nu_{\text{N-H}} = 100-3500 \text{ см}^{-1}$ да содир бўлиб, интенсивлиги жихатидан ОН дан анча паст бўлади. Аминларнинг тебраниш частоталари молекулада водород боғ бор ёки йўқлигига ҳам боғлиқ бўлади: $\nu_{\text{N-H}} = 3300-3500 \text{ см}^{-1}$ (озол), $3100-3300 \text{ см}^{-1}$ (боғланган). Бирламчи аминогуруҳ учун характерли ютилиш частотаси иккита қийматдан иборат бўлиб, улар ёнма-ён жойлашади ва суюлтирилган эритмаларда аниқ намоён бўлади ($\nu_{\text{N-H}_2}^{\text{s}} = \nu_{\text{N-H}_2}^{\text{as}}$ 3400 см^{-1} , $\nu_{\text{N-H}}$ 3500 см^{-1}). Иккиламчи аминогуруҳ эса битта ютилиш частотасига эга. Аминогуруҳнинг деформацион тебраниши кучсиз интенсивликдаги ютилиш частотасидан иборат: бирламчи амин-

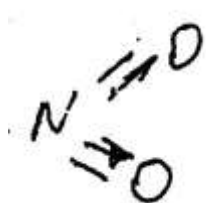
ногурух учун $\nu = \text{NH}_2$ 1500-1625 cm^{-1} , иккиламчи аминогурух учун эса $\nu = 1500-1600\text{cm}^{-1}$.

$\text{C} = \text{N}_2$. Азаметинлар 1690-1615 cm^{-1} да интенсивлиги юқори бўлган чизиғини намоён қилади ва ўрин олувчи гуруҳлар спектр ҳолатига таъсис қилади. Ароматик халқа билан туташ жойлашиш тебраниш частоталанини 1657-1641 cm^{-1} га ўзгартиради, ароматик халқалар сони иккита бўлганида, тебраниш частоталари 1615-1630 cm^{-1} да содир бўлади.

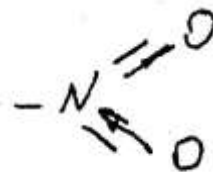
COOH . Карбон кислоталарнинг ИК спектирида аминогуруҳга хос ютилиш содир бўлади ($\nu_{\text{N-H}}$ -3400 cm^{-1} ва $\nu_{\text{N-H}}$ -3500 cm^{-1}). Ушбу частоталар қиймати жихатидан тўйинган углеводородлардаги амино гуруҳ ютилиш частотасига мос келади. Қаттиқ холдаги моддада водород боғлар карбон кислоталари амидларнинг валетни тебранишига таъсир қилади - $\nu^{\text{s}}_{\text{N-H}}$ -3200 cm^{-1} ва $\nu^{\text{as}}_{\text{N-H}}$ -3350 cm^{-1} да намоён бўлади.

$\text{C} = \text{N}$. Нитрил гуруҳининг валент тебраниши $\nu_{\text{C=N}}$ -2240-2260 cm^{-1} да содир бўлади. Ушбу соҳада бошқа гуруҳлар ютилиш частотасини мос келади. Қаттиқ холдаги моддада водород боғлар карбон кислоталари амидларнинг валент тебранишга таъсир қилади ν -3200 cm^{-1} ва ν -3350 cm^{-1} да намоён бўлади.

NO_2 . Нитрогуруҳнинг валент тебранишларни $\nu^{\text{s}}_{\text{NO}_2} = 1370-1390\text{cm}^{-1}$ ва $\nu^{\text{as}}_{\text{NO}_2} = 1550-1580\text{cm}^{-1}$ да содир бўлади. Нитрогуруҳдаги симметрик ва асимметрик тебранишлари қуйдагича кўринишда ифодалаш мумкин:



Симметрик тебраниш



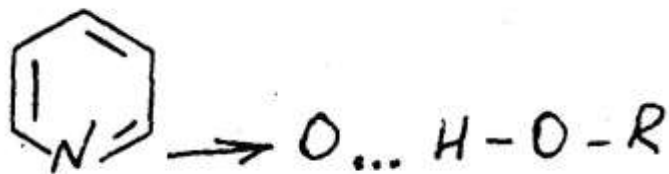
Асимметрик тебраниш

$\text{N} \div \text{O}$. Алифатик ва ароматик оксидлар МК соҳада ўзига хос ютилиш частотасига эга.

Алифатик $\text{N} \div \text{O}$ 970-950 cm^{-1}

Ароматик $\text{N} \div \text{O}$ 1300-1200 cm^{-1}

Оксид эритмаси кутбли эритувчиларда (масалан, спиртлар) тайёрланса, -оксид гуруҳи эритувчи билан водород боғ хосил қилгани учун ютилиш частотасининг қиймати бироз камаяди.



Бу боғ ИК спектрида $2550-2600 \text{ см}^{-1}$ соҳада тебраниш частотасини намоён қилади. Ушбу ИК соҳада бошқа функционал гуруҳларнинг ютилиш частотаси бўлмагани учун бу гуруҳ молекулада борлигини аниқлаш мункин, лекин унинг интенсивлиги унча юқори эмас. (9 жадвал.)

9-жадвал

Мухим моддаларнинг тебраниш частоталари жадвали

Частота, см^{-1}	Интенсивлиги	Тебраниш табиати	Бирикلامар
1	2	3	4

3620-3600	К-ли, ур.	ν_{OH} (озод)	Спиртларнинг суютирилган эритмалари
3600-3500	К-ли, ур.	ν_{OH} (согл.)	Спиртлардаги молекулалар ичра водород боғи
3500	ур.	$\nu^{as}_{NH_2}$ (озод)	Бирламчи амидларнинг суюлтирилган эритмаси
3400-3350	ур.	ν_{NH} (озод)	Иккиламчи аминлар, амидлар

3350-3520	К-ли, ур.	ν_{OH} (озод)	Кислоталарнинг суюлтирилган эритмалари
3500-3400	К-ли, ур.	ν_{NH} (озод)	Бирламчи аминалар амидлар
3400	К-ли, ур.	$\nu^s_{NH_2}$ (озод)	Амидлар Суютирилган эритмаси
3330-3260	ур.	$\nu_{=CH}$	Ўрин алмашган ацитенлар
3300-3280	ур	ν_{NH} (боғл)	Алмашилган амидлар
3200-2500	ур	ν_{NH} (боғл)	Кислоталарнинг димери
3100-3020	ур., к-сиз	ν_{CH}	Аренлар
2962	К-ли	$\nu^{as}_{CH_3}$	Алканлар
2930-2910	ур	$\nu^{as}_{CH_3}$	Бензол халқасидаги - CH_3
2926	К-сиз	$\nu^{as}_{CH_2}$	Алканлар
2890	К-сиз	ν^{as}_{C-H}	Алканлар
2880-2860	ур., к-сиз	$\nu^{as}_{CH_3}$	Алканлар, бензол халқасидаги- CH_3
2860-2850	ур	$\nu^{as}_{CH_2}$	Алканлар
2695-2830	к-сиз	$\nu^{as}_{C(O)H}$	Альдегидлар
2250-2100	к-сиз	$\nu^{as}_{C=C}$	Алкинлар
2240-2260	ур		Нитриллар
1850-1650	жуда к-ли	$C=O$	Карбонилли бирикмалар, кислота ва уларнинг хосилалари
1680-1600	ур., к-сиз	$C=C$	Алкенлар
1600-1585	ур.,к-сиз	$C-C$ аром	Аренлар
1500-1400	ур.,к-сиз	$C-C$	Аренлар

1550-1580	ур.,к-сиз		Нитробирикмалар
1460	ур		Алканлар
1450-1300	к-сиз		Урин алмашган этиленлар
1410-1390	ур.,к-сиз	СН	Учламчи бутил гуруҳ
1420-1330	ур	ОН	Спиртлар, феноллар, кислоталар
1385-1370	ур.	СН ₃	Геминал диметил гуруҳ
1385-1375	ур.	СН ₃	Метилбензоллар
1380-1370	к-сиз	СН ₃	Алканлар
1370-1390	ур.,к-сиз		Нитробирикмалар
1280-1230	к-сиз		
1280-1200	ур.	С-О-С	Мураккаб эфирлар
1250-1180	ур.		
1220-1185	ур.	С-О	Иккиламчи ва учламчи спиртлар
1145-1105	ур.к-сиз	С-О	Кеталлар ва ацеталлар
1150-1050	ур.	СОС	Эфирлар
1025-1060	ур.,к-сиз	С-О	Спиртлар
970-950	ур.	СН	Транс-алканлар
900-650	ур.	СН	Аренлар
860-550	ур.	СН	Алкилхлоридлар
750-650	ур.	С-Сl	Цис-диенлар
700-500	ур.		Алкилбромидлар
600-500	ур.		Алкилйодидлар
3100-3000	ур.,к-сиз	=СН	Алкенлар

К-ли - кучли, к-сиз - кучсиз, ўр. - ўртача, боғл. - боғланган.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических соединений. – М.: Высшая школа, 1994.
2. Айвазов Б.В. Основы газовой хроматографии. – М.: Высшая школа, 1977, 182 с.
3. Перри Б.В. Практическое руководство по жидкостной хроматографии

3-маъруза. Кристалл ва морфологик тузилишларни тахлил қилиш усули

Режа:

1. Рентгенографик текшириш усули
2. Рентген нурларининг хоссалари
3. Кристаллар кимёси

Таянч сўз ва иборалар; *Рентген, электромагнит, тебраниш, симоб, Радиотўлқинлар, рентген.*

Рентгенографик текшириш усули

1895 йили немис физиги Рентген ичига иккита электрод кавшарланган шиша найчадан ҳавони 10^{-5} симоб устуни босимигача хайдаб чиқариб ундан электр токи ўтказилса электродларда ўзига хос кўзга кўринмайдиган нурлар чиқишини аниқлади бу нурлар кейинчалик Рентген нурлари деб аталди.

Тўлқин узунлиги 10^{-2} 10^2 А бўлган электромагнитли тўлқинлар Рентген нурлари дейилади. Рентген нурлари турли аппаратларда олинади, лекин уларнинг ҳаммасида нур олиш бир хил принципга яъни катодга юқори кучланиш берилганда ўзида электронлар чиқариши ва бу электронлар ҳаракати йўналишида жойлашган, қарама қарши қутбланган электрод (антикатод) га урилиши натижасида антикатодда жуда катта тезликда заррачилар отилиб чиқишига асосланган Рентген нурларининг квантавий энергияси ёруғлик нури фотонлари энергиясидан бир неча мартаба ортиқ бўлади. Рентген нурлари тўлқин узунлиги жуда кичиклиги ва юқори квантли энергияга эгаллиги туфайли кўпгина жисмлар орқали ўтганда энергиянинг бир қисми ютилади. Ўтган нурларнинг сезгирлиги тушаётган нурларни кига нисбатан кам бўлади. Шу хусусиятлари туфайли улар саноатда материал ва буюмларнинг кўринмас нуқсонларни аниқлашда кенг қўлланилади.

Қаттиқ моддага рентген нурлари туширилганда моддадан электронлар чиқа бошлайди, чиқаётган электронларнинг сонига қараб, рентген нурларининг сезгирлигини аниқлаш мумкин.

Рентген нурларининг бошқа электромагнитли тебранишлардан тўлқин узунлиги бўйича фақат 10-жадвалда кўрсатилган.

Нурлар(тебранишлар) тўлқин узунлигига қараб турли усуллар билан ҳосил қилади. Масалан, радиотўлқинларни тарқатиш учун йирик иншоатлар – узатгич ва антенна бўлиши керак, улардан юқори частотали катта тўлқин узунлигига эга бўлган электромагнитли тебранишлар вужудга келтирилади. Инфрақизил нурлар, ёруғлик нури ва ултрабинафша нурлари модда таркибига кирган заррачаларни юқори температура таъсирида тез тебранма ҳаракат қилиши натижасида вужудга келади. Рентген нурлари эса катта тезликда ҳаракатланаётган электронларнинг йўлига тўсиқ қўйиб, уларни бирдан тўхтатиш натижасида вужудга келади. Тўрмизланган электронлар

энергиясининг асосий қисми иссиқликка айланади, улар энергиясининг жуда оз (0,1-1%) қисмигина рентген нурлари энергиясига айланади.

10-жадвал

Электромагнитовий нурларнинг турлари

Нурлар	Тўлқин узунлиги
Радиотўлқинлар	30 мк-0,3мм
Инфрақизил нурлар	0,3мм-7800А
Ёруғлик нури	7800-3900А
Ультрабинафша нурлар	3200-200А
Рентген нурлари	10^{-2} - 10^8 А

Рентген нурлари ҳаво ёки бошқа газ орқали ўтганда газ молекулаларини ионлантиради бунинг натижасида қутбланган заррачалар ион ва электронлар ҳосил бўлади. Газнинг атом ёки молекуласидан электрон ажралиб чиқиши билан у мусбат ионга айланади. Электронлар газ молекулалари билан кўп марта тўқнашганидан сўнг бирор атом , ёки молекулага бирикади ва манфий ион ҳосил қилади. Мусбат ва манфий ионлар тартибсиз ҳаракатда бўлиб, узаро тўқнашганда нейтралланади. Ионлар газ электрик майдонга жойлашган бўлиб, мусбат ионлар катодга, манфийлар эса анодга томон интилади. Ионлар электродга урилганда улар нейтралланади, бундан ташқари занжирда ионланиш токи ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган ионланиш токи ниҳоятда кичик (тахминан 10^{-2} - 10^8 А) бўлади.

Рентген нурларининг ўзи қутбланмаган, яъни нейтрал бўлиб, уларга электрик майдон ҳам, магнитли майдон ҳам таъсир қилмайди.

Рентген нурлари кристалл панжарага тушганда уларнинг бир қисми қайтади, бошқа қисми эса ўтади. Кристалл панжара орқали ўтганда қисман ёйилади, қисман оғади ва қисман синади. Кристалл панжаранинг параллел текисликларидан қайтган нурлар дифракцион панжара орқали ўтган ёруғлик нурларига ўхшаб ўзаро учрашади.

Рентген нурларининг кристалл панжара ионларига урилиб қайтадиган дифракцион манзараси кристаллларнинг структурасини ўрганишга имкон беради.

Рентген нурлари бирор мода орқали ўтганда нурда ва нурлантирилаётган моддада ўзгаришлар содир бўлиши устида қисқача тўхталиб ўтамиз.

Рентген нурлари бирор моддага тушганда энергиясининг бир қисми мода орқали утишида сафланади. Дастлабки рентген нурлари мода атомлари билан таъсирлашганда улар энергиясининг бир қисми электронларга ўтади. Бу электронлар энергия берувчи электронлар дейилади. Модда орқали ўтган рентген нурлари моддадан электронларни сиқиб чиқаради. Натижада иссиқлик ажралиб чиқади.

Агар мода атомининг ички электрон каватидаги қўшимча энергия олган электронлар моддадан чиқиб кета олмаса, бу қўшимча энергия моддада электронларнинг ҳаракатланиш тезлигини кучайтиришга сарф бўлади, яъни модданинг ички энергиясини оширади. Бундан ташқари, катта энергияга эга бўлган бу электронлар рентген квантларни сиқиб чиқарган ташки каватдаги электронларнинг ўрнига ўтади.

Моддага тушаётган нур энергиясининг у орқали ўтган нур энергиясидан фарқи ютилган ва тарқалган нур энергияси миқдорини беради.

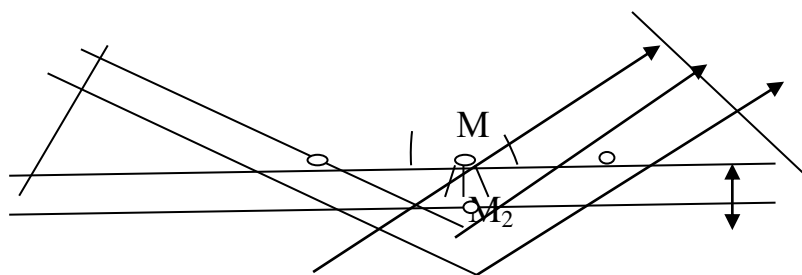
Рентгенографик анализ усули рентген нурларининг мода кристалл панжарасига тушганда дифракцияланишига асосланган. Рентген нурлари мода орқали ўтганда унинг атомларидаги электронларга таъсир кўрсатади ва уларни тебранма ҳаракатга келтиради. Натижада электронлар иккиламчи тўлқин манбаига айланади. Атомларнинг электронлари тарқатган тўлқинлар ҳар томонга ёйилади, агар моддада атомлар маълум тартибда жойлашган бўлса, интерференция ходисаси туфайли тўлқинлар бир йўналишда бир-бирини кучайтиради, колган ҳамма йўналишларда эса бир-бирини сўндиради.

Кристалл ҳолатдаги моддалар орқали рентген нурлари ўтганда мураккаб дифраксион манзара ҳосил бўлишига сабаб кристалл панжарадаги атомлар орқали ўтган нурнинг ўзаро параллел текисликлардан қайтишидр.

Агар тўлқин узунлиги λ бўлган монохроматик рентген нурлари оқими кристаллнинг атомлар текислигига 0 бурчак остида тушса, улардан қайтган нурлар бита фазада жойлашиб бир-бирини кучайтиради. Ҳар қайси текисликдан қайтган нурларнинг босиб ўтган йўли бутун сон n га тенг бўлади.

Шундай қилиб, рентген нурларининг текширилаётган мода орқали ўтишида «кучсизланиш» модданинг структурасига боғлиқ.

Рентген нурларининг кристалл мода атомларига урилиб тарқалишини Г.В. Вулф ва Брегг кристаллдаги атомлар текислигидан қайтиши деб қарадилар.



1-расм. Атом текисликларидан қайтган нурларини қайд этиш схемаси.

1- расмдан кристалл панжаранинг иккита ўзаро параллел текисликларидан қайтган рентген нурларининг босиб ўтган $2d \sin \theta$ га тенг. Шундай қилиб, дифракция шarti қуйидаги Вулф – Брегг тенгламасини қаноатлантиргандагина интерференсион нур ҳосил бўлиши мумкин;

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

бу ерда d – текисликлар орасидаги масофа;
 λ -рентген нурларининг тўлқин узунлиги, A ;
 θ -рентген нурларнинг кристалл панжара текислигига тушиш бурчаги.

Демак, дифраксия натижасида олган нурларнинг йўналиши кристалл панжаранинг тузилишига (атомларнинг бир-бирига нисбатан жайлашуви ва атомлар текисликлари орасидаги масофа- d га) боғлиқ.

Вулф-Брегт тенгламаси рентгенострутуравий ва рентгеноспектрал анализлар учун асосий ҳисоблаш формуласидир.

Рентген нурларнинг синиши дастлаб кристаллнинг турли текисликлардан «юмшоқ» рентген нурларнинг қайтиши ўлчаб аниқланади. Бунда қайтиш тартибининг ортши билан Вулф-Брегт тенгламаси бўйича ҳисобланган тўлқин узунлигининг камайиши аниқланади. Лекин Вулф-Брегт тенгламасига кўра тўлқин узунлиги λ ва кристалл панжара константаси d ўзгармаганда $\frac{\sin\theta}{n} = \text{сонст}$ бўлиши керак эди. Тенгламадан бундай четга чиқишнинг сабаби, рентген нурларнинг синдириш кристалл панжарадан ўтишида оғишидир.

Вулф-Брегт тенгламасини келтириб чиқаришда рентген нурларнинг синдириш кўрсаткичи бирга тенг, яъни нурнинг кристалл ташқарисидаги ва унинг ичидаги йўналаишлари бир хил бўлади, деб қабул қилинаган.

Кристалл юзасига тўлқин узунлиги бир хил бўлмаган нур тушаётганда нур қандай бурчак остида тушишига қараб малум бир тўлқин узунликдаги нурларгина қайтади, бу селектив қайтиш дейилади.

Текширилаётган моддаларнинг кристалл ёки аморф ҳолатдалигини ва уларнинг тузилишини рентген нурлари минераларининг кристалл панжарасига туширилганда структура элементлари билан тасирлашиши натижасида хосил бўладиган дифраксион манзара ёрдамида аниқлаш мумкин.

Кристалл ҳолатдаги ҳар қандай модда айнан шу модда учун мос бўлган структурага эга бўлиб, ундаги ионлар (атомлар) ўзига хос тартибда жойлашади. Малумки бази миенралларнинг кимёвий таркиби бир хил бўлади. Масалан, рутил-брунит-анатаз, кварц-тридимит-критаболит ёки калсит-арагонит минералларнинг кимёвий таркиби ўхшаш, лекин улар структурасини ташкил қилган заррачаларнинг бир-бирига нисбатан турлича жойлашганлиги бу моддалар структурасидаги ва бошқа хоссаларидаги фарқни келтириб чиқаради. Иккинчи томондан кимёвий таркиби бир-биридан бошқача бўлган бир қанча минераллар, масалан флюорит, уранит, серионит, трианит ва бошқаларда катион ва анионларнинг жойлашиши ўхшаш бўлади. Бу моддаларнинг струкурувий параметрлари кимёвий таркибига боғлиқ равишда бир-биридан фарқ қилади. Кристалл панжара текисликлари орасидаги масофанинг қиймати минераллар структураси хақида анча аниқ маълумот беради, чунки у ион ва атомлар жойлашувининг даврийлиги билан боғлиқ.

Атомлар текисликлари эса атомларнинг фазавий панжарада координата ўқларига нисбатан жойлашишига боғлиқ. Элементлар катакча параллелепипед бўлиб, унинг симметрияси минералларнинг структуравий симметриясига мос, қирраларнинг йўналиши координата ўқларининг йўналиши билан бир хил бўлади. Бу координаталар системасида атомлар текислигининг ҳолати, унинг индексларига боғлиқ.

Текисликлар орасидаги масофаларнинг қиймати индекслар орқали элементар катакчаларининг тузилишини аниқлаш учун элементар катакча параметрларининг эмас, элементар паралапепетни ташкил қилган атом (ион, молекула)ларнинг координаталарини ҳам билиш керак. Моддалар кристалл тузилишини ҳарактерловчи бу маълумотлар дифракцион манзара минералларнинг рентенограммасидан олинади.

Текширилаётган модданинг тузилиши ва таркибига қараб рентгеноструктуравий анализ усулидан бири танланади. Масалан, монокристалларни текширишда – Лауе усули, айлантириш ҳамда рентгенгонометр усулидан; поликристалларни текширишда эса кукун усули ёки Дебай-Шеррер усулидан фойдаланилади.

Монокристаллардан қайтган рентген нурлари Дифракциясини ҳосил қилиш учун кристаллни унга тушаётган нур йўналишига тўғрилаш (орентасиялаш) ёки полихроматик нурлардан фойдаланиш зарур бўлса, поликристалл ҳолатдаги моддалардан дифракцияланган нур олишда монокроматик нур йўналтирилаётган модда кўзғатилмайди. Бунда Вулф Брегг тенгламаси орқали ифодаланган дифракция шарти бажарилади, чунки поликристалл моддаларда дастлабки нур йўналишига нисбатан турлича жойлашган кўпдан-кўп кристаллар бўлади, χ_1 κ_1 l_1 текисликлари дастлабки нур йўналишига нисбатан 0_1 бурчак остида жойлашган кристаллар рентген нурларини 20_1 бурчак остида дифракцион конус Шаклида қайтаради χ_2 κ_2 l_2 текисликлари дастлабки нур йўналишига нисбатан 0_2 бурчак остида жойлашган, бошқа кристаллар эса бурчакка оғган конуслар ҳосил қилади ва ҳоказо.

Кристаллардан қайтган нурлар фотографик усул билан қайд қилинса, ясси фотоплёнкада бу конуслар концентрик дифракцион ҳалқалар системасини ҳосил қилади.

Поликристалл моддалар дифрактограммасини рентген камерасининг цилиндр шаклидаги юзаси бўйлаб эгилган плёнкага олиш анча қулай. Бунда плёнканинг эни унча катта бўлмагани туфайли (3-5 см), нур чиқишига нисбатан симметрик равишда жойлашган ёйлар ҳосил бўлади. Симметрик ёйлар орасидаги масофани ўлчаб, нурнинг қайтиш бурчаги ҳисобланади;

$$2l = 4R\theta$$

Бу ерда $2l$ -симметрик ёйлар орасидаги масофа, мм;

R -Рентген камерасининг радиуси, мм;

θ -рентген нуларининг қайтиш бурчаги,
радиан.

θ ни градус ҳисобида оғдалаш учун қуйидаги формуладан
фойдаланилади:

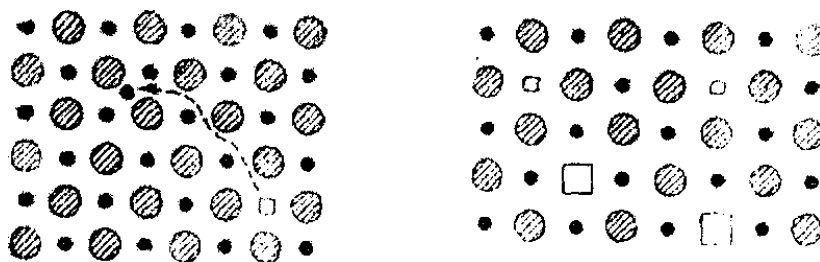
$$\theta^0 = \frac{2l}{\pi R} \cdot 45^0$$

Нурларнинг қайтиш бурчаги аниқлангач, Вулф-1 Брегг теигламасидан
фойдаланиб, кристалл панжара текисликлари орасидаги масофа $\frac{d}{n} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$
формула асосида ҳисобланади.

Моддаларни рентгенографик анализ қилиш

Текисликлар орасидаги масофа бўйича модданинг ўзини аниқлаш.
Кристалл ҳолатдаги модда ўзининг кристалл тузилиши билан характерлана-
ди ва унга мос равишда шу панжара учун хос бўлган атом текисликлари
тўпламига эга бўлади. Текисликлари орасидаги масофаларни аниқлаш
текшириладиган модда кристалл панжарасини характерлашга имкон беради.
Текисликлар орасидаги масофалар қиймати бўйича справочник ёки ката-
логлар ёрдамида минералнинг структурасини аниқлаш мумкин.

Силикат ва юқори молекулали органик материаллар асосан поликри-
сталл ҳолатда бўлади. Рентгенографик анализ ёрдамида текисликлар ора-
лиғидаги масофани ҳисоблаб ва уларни справочниклардаги малумотларга
солиштириб, текшириладиган модданинг фазовий таркибини аниқлаш мум-
кин. Бунинг учун нурни модда кристалл панжарасига тушиб ундан қайтиш
бурчаги θ аниқланади ва жадвалдан текисликлар орасидаги масофа қийма-
тидан фойдаланиб, текшириладиган модда фазовий анализ қилинади.



2 - расм, а. Кристалл панжаранинг

а) Шоттки бўйича нуқсон. б) Френкел бўйича нуқсон.

Кристалл ҳолатдаги структура нуқсонларини аниқлаш моддалар
структурасини рентген нурлари ёрдамида ўрганиш, реал кристаллар

структурасида ионлар бир-бирига нисбатан идеал ҳолатда жойлашмаганлигини кўрсатди.

Кристаллар структурасидаги нуқсонлар икки турда бўлади. Виринчи тур нуқсонларга эга бўлган моддалар панжарасида бўш жойлар (Шоттки дефекти) бўлади (2-расм, а). Кристалл панжарадаги атомларнинг бирор ташқи таъсир натижасида кристаллнинг юзасига ўтиши туфайли кристаллда бўшлиқ ҳосил бўлиши (Френкел деффекти иккинчи тур нуқсонларга киради (2-расм, б).

Баъзи минералларнинг рентгенограммаларида айрим халқалар ёйилиб тушади, бунга сабаб кристалларнинг жуда майдалиги ёки уларнинг структурасида камчиликлар бўлишидир. Структурадаги даврийликнинг атомларнинг статистик силжиши натижасида содир бўладиган бузилиши, атом текисликларнинг механикавий таъсир ёки гидротация натижасида қийшайиши ва бошқалар кристалл панжара камчиликларига киради.

Минералларнинг текстураланганлик даражасини аниқлаш. Кристалл ҳолатдаги моддалар рентгенограммаларида одатда бир хил сезгирликка эга бўлган халқалар ҳосил қилади. Айрим ҳолларда бундай сезгирликнинг максимум ва минимумлари ҳосил бўлади. Бундай ҳодиса материалларнинг текстурасига, яъни кристалларнинг кўпчилиги қандай йўналишда жойлашганлигига боғлиқ. Кристаллар текстураси ясси плёнкага олинган тўла дебай халқасининг тўла ифодаланиши кристаллнинг ҳамма йўналишлари бўйича сезгирликни аниқлашга имкон беради.

Кристаллар текстурасини аниқлаш шароитини олдиндан айтишга имкон беради.

Фазавий анализ. Кристалл ҳолатдаги модда ўзининг тузилишига боғлиқ равишда текисликлар орасидаги мсофалар тўплами ва сезгирлигига эга бўлади. Кристалларнинг бу ходисаси текширилаётган материалда кристалл фазани аниқлашга имкон беради. Текисликлар орасидаги масофани ва нисбий сезгирликни картотека маълумотлари билан солиштириш асосида модданинг фазовий таркибини аниқлаш мумкин.

Кимёвий таркиби номаълум бўлган табиий минералларни рентгенография усули ёрдамида фазовий анализ қилиш анча қийин. Моддаларнинг кимёвий таркиби ҳатто тахминан маълум бўлса ҳам, уларнинг фазовий таркибини жадвал ёрдамида аниқлаш анча енгиллашади ва рентгенограмма олишнинг қулай шароитларини танлашга имкон беради. Рентген усулининг аниқлик даражаси кўпгина омилларга моддадаги атомларнинг нурларини қайтариш хусусиятига, бутун аралашманинг ва текширилаётган фазанинг рентген нурларини ютиш коэффициентида кристалл панжаранинг мукамаллигига, кристалланинг ўлчамига ва бошқаларга боғлиқ.

Ҳар қайси фазанинг бор йўқлиги дастлаб рентгенограммадаги энг сезгир учта чизик орқали аниқланади. Модда шу учта чизик орқали аниқлангач, тасдиқ учун қолган чизиклар солиштириб кўрилади. Агар аралашмада тек-

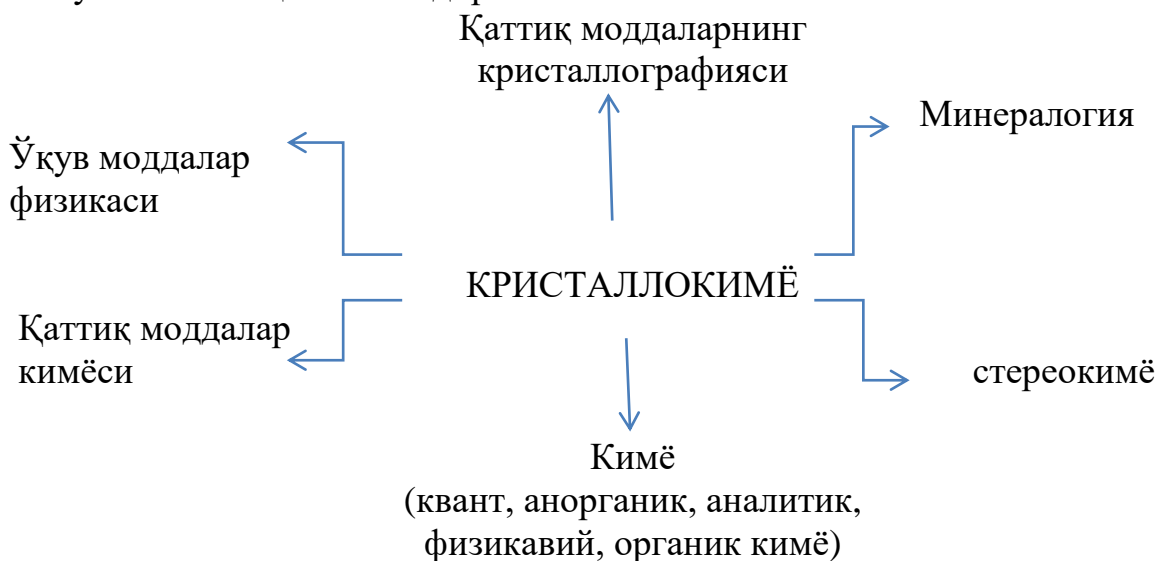
ширилаётган фаза кам миқдорда бўлса, унга тегишли чизиқлар сезгирлиги кичик бўлади, баъзилари эса мутлақо кўринмаслиги ҳам мумкин. Мураккаб моддаларни рентгенография усули ёрдамида фазавий анализ қилишнинг мураккаб томонларидан бири яна шуки, бир фазанинг сезгирлиги кичик бўлган баъзи чизиқлари бошқа фазанинг анча сезгир чизиқлари билан устма-уст тушиб ёпилиб кетади. Натижада биринчи фаза чизиқларининг нисбий сезгирлиги адабиётдаги маълумотларга тўғри келмай қолади.

Фазалар миқдорини аниқлаш. Моддаларни миқдорий анализ қилиш текширилаётган фазага тегишли чизиқлар сезгирлигини ўлчашга асосланган, чунки рентген нурлари дифракцияланиш сезгирлиги модданинг миқдорига тўғри пропорционал. Моддани рентген нурлари ёрдамида миқдорий анализ қилишнинг бир неча усуллари бор. Улардан бири текширилаётган моддага стандарт (эталон) модда аралаштириш усулидир. Бунда икки ёки ундан ортиқ фазали текширилаётган моддага эталон моддадан маълум миқдорда қўшилади. Сўнгра стандарт модда чизиқларининг сезгирлиги текширилаётган модданинг соф ҳолдаги рентгенограммаси билан солиштириб кўрилади. Модда таркибий қисмларининг миқдорини аниқлаш учун турли миқдорда эталон қўшилган бир нечта аралашма тайёрланади.

Рентгенографик миқдорий анализ усули дифрактограммадаги рефлекслар - аналитик чизиқлар сезгирлигини аниқлашга асосланган. Аналитик чизиқларнинг сезгирлиги модда миқдорига тўғри мутаносиблиги туфайли текширилаётган модда билан эталондан турли оғирлик нисбатларда олиниб тайёрланган аралашмалар рентгенограммалари асосида градиуровка графиги чизилади. Бунинг учун соф ҳолдаги минераллар суний йўл билан олинади.

Кристаллар кимёси

Кристаллография ўзига хос хусусиятларга эга бўлиб, бошқа фанлар билан узвий боғлиқликка эгадир.



Кристаллар кимёси кристал моддаларни тузулишини нафақат кристаллографик усул билан тушунтиради, балки уни бойитади ҳам.

Кристаллография элементларини билиш зарур, бу алоҳида курс бўлиб мутахассисланган курсларда ўтилади.

Кристаллография биз юқорида айтгандек, геометрик ҳамда физикавий кристаллографияга бўлинади.

Физикавий кристаллографияга масалан: NaCl ни олсак, у атомларнинг ионларидан тузилган жисм деб қаралади, бу улар орасидаги тортишиш ва итарилиш кучлар борлигини тахлил қилади ва бу жисмнинг механик катталиги алоҳида инобатга олинади. Ана шу юқорида айтиб ўтилган 2 та омил асосида 1913-йилдан бошлаб кристаллар структурасини аниқлайдиган усуллар ҳосил бўла бошлади.

Лекин кристаллнинг ҳақиқий тузулишини аниқлашда замонавий рентгенли структура анализ ҳисобланади.

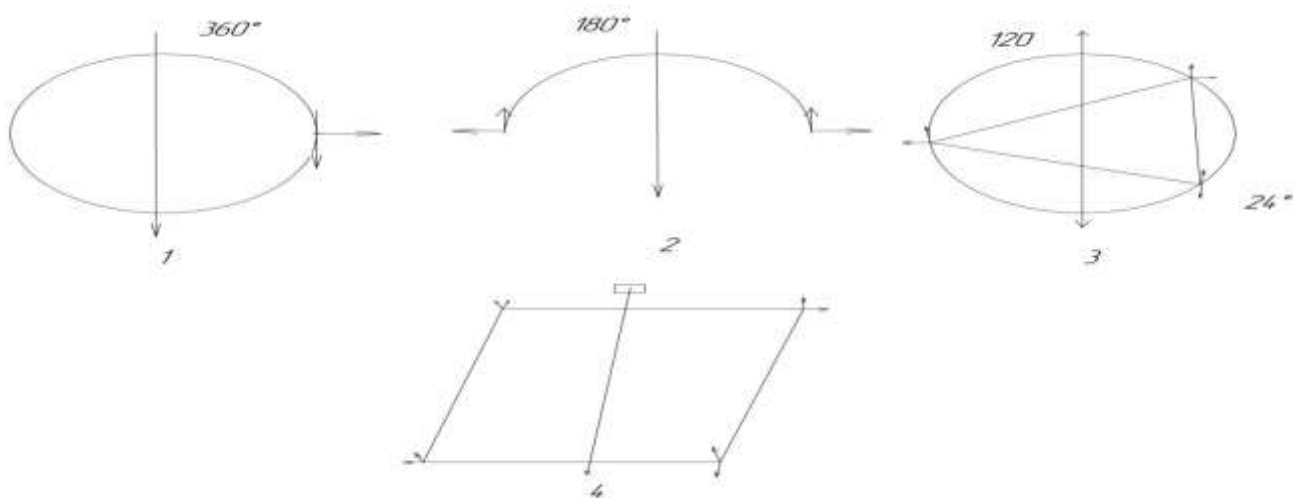
Нейтронография, Электронография электронлар дифракцияси бўлиб, ўрганилаётган моддаларнинг таркиби нималардан ташкил топганини аниқлашда ёрдам беради. Дифракцион услублар эса кристаллар структурасини тўғридан-тўғри аниқлайдиган услублар ҳисобланади.

Геометрик кристаллография.

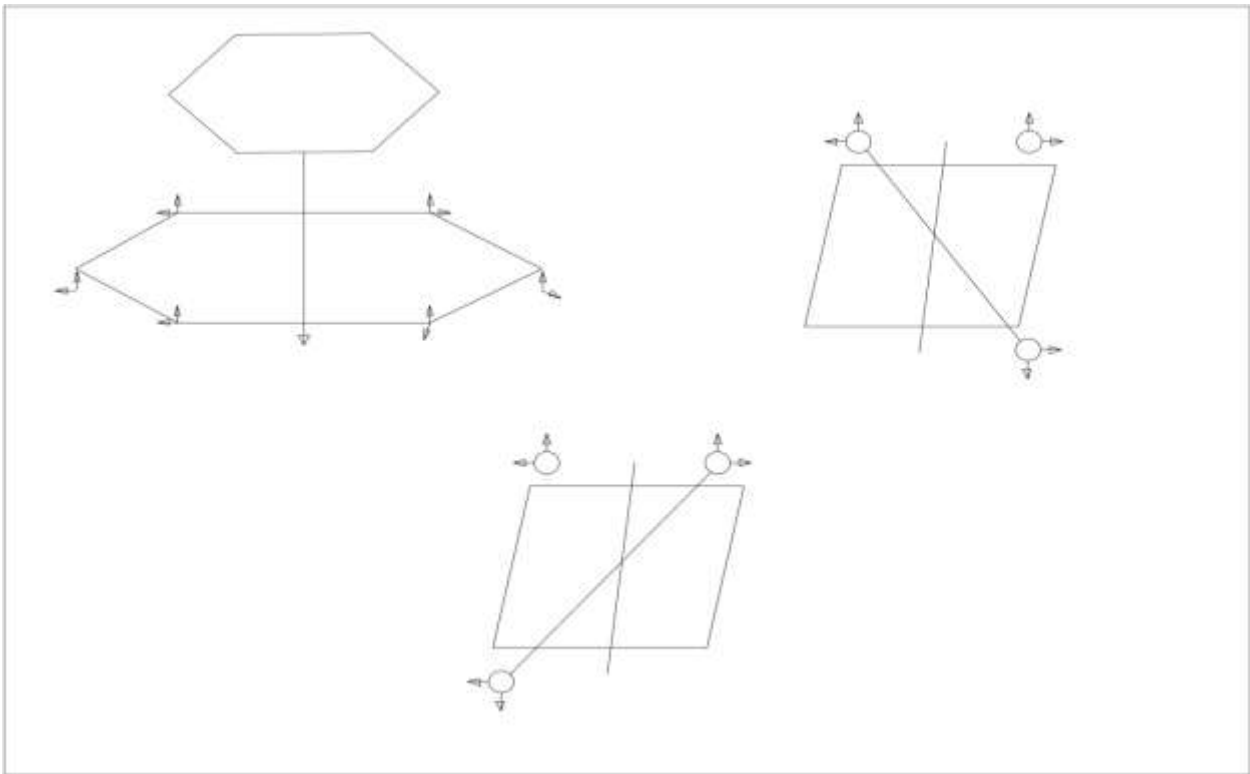
1. Геометрик кристаллографиянинг асосий тушунчалари.

2. Симметрия тушунчаси. Симметрия элементлари.

Симметрия тушунчасида физик хоссаларни физикавий ўзгартиришда йўналиши тушунилган. Масалан бир ўқга бириктирилган текисликдаги нуқтани маълум градусга бурсак бошқа нуқталар ҳам пропорционал бурилади. Агар шу ўқни 360 градусга бурсак, бурилиш нуқтани вазияти бошланғич ҳолатга қайтиб келади.

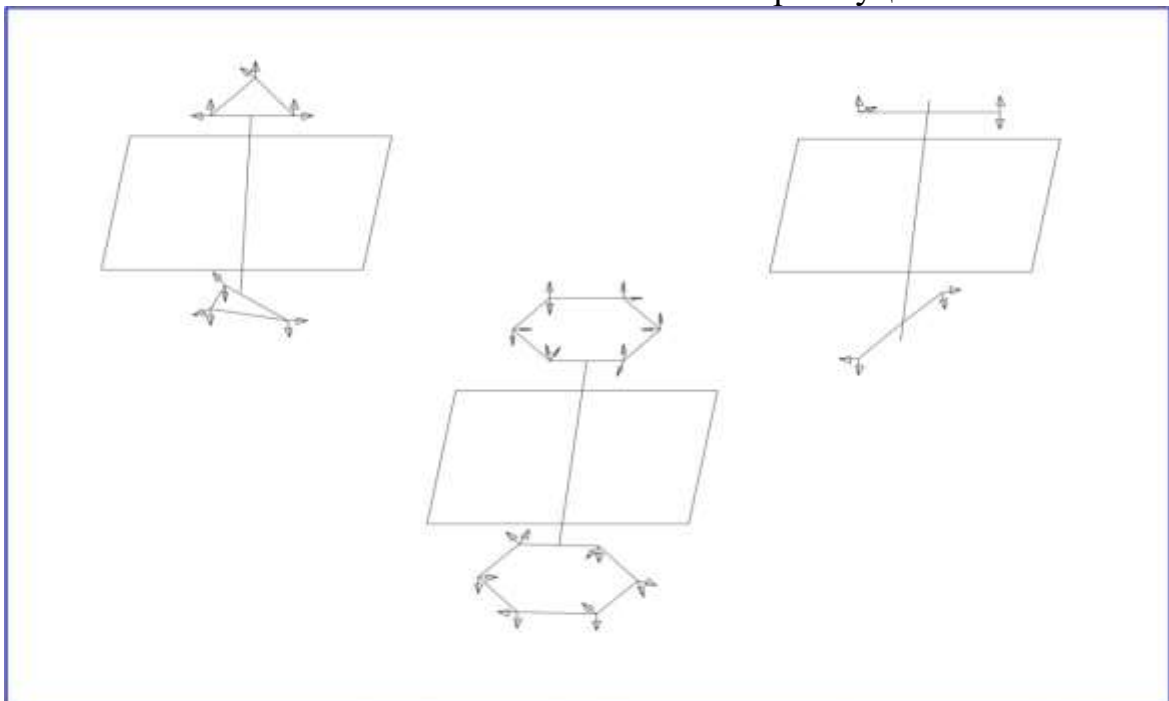


Ҳар хил тартибдаги ўқлар симметрияси



1. $n=360/60=6$
2. $C_1=m=2$ ёки $C_1=C=m=2$
3. $C_2=3=i=\Gamma$ ёки $C_2=3=i^1=1$

n -ўқнинг тартиби
 C_n -ўқнинг симметрияси
 C - текисликнинг симметрияси.
 i -инверсия ўқи



1. $C_3=C_3=C=3+m=6$
2. $C_4=4$
3. $C_6=C+3=C_3$ $n=3$

n -ўқнинг тартиби
 C_n -ўқнинг симметрияси
 C - текисликнинг симметрияси
 i -инверсия ўқи

Шундай қилиб, 2 тартибли инверсия ўқи бу текислик симметрияси демакдир, ойнавий бурама иккилиги (2) тартибли ўқ, инверсия 1-тартибли ўқга ёки симметрия марказига тўғри келади.

3- ва 6-тартибли инверсия ўқлари ($3=C_6$ ва $6=C_3$) фақатгина симметрияни ташкил этувчи элементлар бўлибгина қолмай, балки оддий элемент симметрияларининг йиғиндиси бўлиб ҳам хизмат қилади.

Координата ўқларининг системалари.

Кристалларнинг геометриясини ёзишда албатта координата ўқлари системаларини ёзиш керак бўлади. Албатта бу ҳолатда юқоридаги симметрия ҳолатларини инобатга олинади. Ҳар қандай элементлар ячеяка эгима параллелепипед бўлиб, $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow$ векторлари асосида тузилган бўлади. Бу векторларни координата ўқи асосида танлаш мумкин. Умумий ҳолатда бурчаклар ўқлар орасидаги $\angle(a \rightarrow b \rightarrow) = \gamma$. $\angle(a \rightarrow c \rightarrow) = \beta$. $\angle(b \rightarrow c \rightarrow) = \alpha$

Агар кристаллнинг элемент симметриялари бўлса уларни координата ўқларини системасини аниқлаш осон. Агар кристалл ўқ симметрияси текислик симметрияси бўлмаса координата симметрияси 6 та параметр, яъни a, b, c ва α, β, γ лар билан ҳарактерланади.

Агар юқоридаги параметрлар ўзаро текис бўлмаса, яъни 1.

$$\left. \begin{array}{l} a \neq b \neq c \\ \gamma \neq \beta \neq \alpha \end{array} \right\}$$

Бундай координата системасини триклик дейилиди. Клин дегани нона дейилади. Агар битта 2-чи тартибли симметрия ўқи бўлса координата системасини оддийлаштирилади ва у қуйдаги қийматлар билан ҳарактерланади. 2.

$$\left. \begin{array}{l} a \neq b \neq c \\ \gamma \neq \alpha = 90 \neq \beta \end{array} \right\}$$

Система янада оддийлашади агар кристалл 3-тартибли симметрик ўқи-га эга бўлса. Бу ҳолатда юқоридаги параметрлар қуйидагича бўлади. 3.

$$\left. \begin{array}{l} a = b = c \\ \gamma = \beta = \alpha = 90 \end{array} \right\}$$

Бу координа системасини ромбоедрик симметрия деб аталади. Худди шунга ўхшаш бирликлар 90° тенг бўлганда

$$\left. \begin{array}{l} a = b \neq c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90 \end{array} \right\}$$

Тетрагенал координата системаси бўлиб кристалл 4-чи тартибли симметрия ўқи (тўртчи тартибли ўқ C_4 ўқи бўйича бўлиши қабул қилинган)

Агар юқоридаги параметрлар

$$\left. \begin{array}{l} a=b \neq c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ = \delta = 120^\circ \end{array} \right\}$$

Система бўлиб, кристалл 6 ва 3 тартибли ўқлар симметрияси бўлади (6 ўқига параллел)

$$\left. \begin{array}{l} a \neq b \neq c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{array} \right\}$$

Ромбик система бўлиб, кристалл ўзаро бир-бирига тик бўлган 2-чи тартибли ўқлар симметрияси билан ҳаракатланади.

$$\left\{ \begin{array}{l} a=b=c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{array} \right.$$

Кубик система у 3 та 2 чи тартибли ўқлар симметриясидан ташқари 3 чи тартибли кубини диагонали бўйича йўналган 4 та симметрия ўқини ўзида намоён этади:

Кристалларни геометрик элементларини аналитик ёзилиши.

Нуқта тўғри чизиқ ва текисликларнинг индекси: х, К, л билан белгиланади. Гексоганал системада и (= - (х+к)) тўртинчи индекс қўлланилади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Сергеев Н.Н. Спектроскопия ЯМР. – М.: МГУ, 1981.
2. Терентьев Л.И. Масс-спектроскопия в органической химии. – М.: Наука, 1984.
3. Гольберт К.А., Вигдергауз М.С. Курс газовой хроматографии.. – М.: Химия, 1978, 374 с.

4-маъруза. Ядро магнит резонанси (ЯМР)

Режа:

1. Кириш.
2. Тажриба услуби.
3. Органик брикмаларнинг тузилшпини ўрганишда ЯМР- спектроскопияни қўллаш.

Кириш.

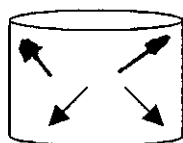
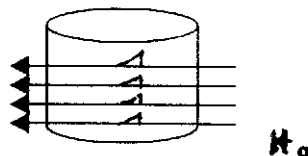
Ядро магнит резонанси ходисасини биринчи марта 1946 йилда АКШ да Перселл ва Блох, Англияда Роллин кузатган эдилар. Бу кашфиётни очганликлари учун Перселл ва Блохлар Нобел мукофотига сазовор бўлганлар. Органик кимёда бу усулнинг қўлланилиши 1953 йилга тўғри келади. Хозирги вақтда эса спектроскопия усуллари ичида Қаттиқ ва суюқ моддаларни ўрганишда энг муҳим ахборот берувчи усул ҳисобланади, у «магнитли атом ядроларини» ўрганади (масалан, водород атом ядроси-протонлар).

Энергиянинг ўзгариш бу ҳолатда атом ядроларининг магнит хоссалари билан боғланган. Атом ядроларининг магнитизми уларнинг ўз Ядро магнит резонанси асосида, бошқа спектроскопия усулларига ўхшаб, Бор нисбийлиги ётади.

$$\Delta E = h\nu \quad (\Delta E = E_1 - E_2)$$

Ядроларни ўз ўқи атрофида айланиши билан тушунтирилади (ядроларининг бу хусусиятлари спинлар деб айтилади). Ядролар электр зарядига эга бўлиб, уларнинг айланиши айланма ток ҳам ядроларни митти магнитчаларга (диполларга) таққослаш мумкин.

Агар водород атомларидан ташкил топган қандайдир моддани кучли магнит майдонига жойлаштирсак, ундан магнит диполлари компас милининг Ернинг магнит майдонига қараб мосланишга ўхшаб йўналади.

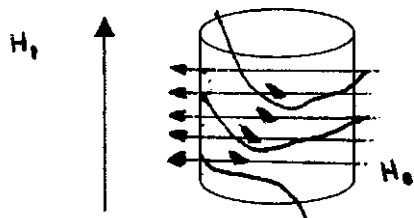


H_0 бўлмагандаги ядро диполининг йўналиши

H_0 мавжудлигидаги ядро диполининг йўналиши

Тажриба услуби

Мос келувчи юқори частотали кучли импульс таъсир этиб, ядро диполларини магнит майдонининг йўналишига нисбатан буриш мумкин. Ядро магнитларининг ўзига хослиги шундан иборатки, юқори частотали импульсдан кейин тезда бошлангич ҳолатига кайтмайди ва магнит майдони атрофида пилдирокга ўхшаб айланади.



Кўп миқдордаги магнит диполларининг биргаликдаги ҳаракат и майдон йўналишига перпендикуляр жойлашган юқори частотали ғалтакда ўзгарувчан магнит майдони хосил қилади. Шундай қилиб, маълум кучланиш пайдо бўлиб, унинг частотаси ядро диполларининг айланишига тегишли бўлади. Юқори частотали кучланишни пайдо бўлиши ЯМР сигнали бўлиб, у атом ядроларининг сон ўлчови ҳисобланади.

Ядроларнинг магнит хусусияти ҳаракат миқдор моменти билан белгиланиб, яъни спинлар бўлиб, квант кимёси назариясига кўра, ядроларнинг энг Кўп ҳаракат миқдор моменти яхлит ва ярим қийматларда бўлиши мумкин. Спин квант сонини J деб белгиласак, ядро $2J + 1$ ҳолатда бўлиши мумкин.

Агар $J = 0$ бўлса, магнит моменти ҳам нолга тенг бўлади, агар $J = 0$ бўлмаса, у ҳодда магнит момент ҳаракат моментининг векторига доим параллел ҳолда бўлади. Агар магнит моментининг қийматини M билан белгиласак, бутун ўлчанадиган магнит моментлари қиймати mMJ ҳолда ифода қилинади, бунда M -магнит квант сони бўлиб, қуйидаги қийматларга эга бўлади:

$$M = J, J-1, J-2, \dots, J+1 + '1-J$$

Ҳаракатнинг миқдор моменти ва магнит момент векторлари параллел бўлгани учун ядронинг магнит моменти хусусиятини қиймат билан белгилаб, қуйидаги нисбийлик билан ифодалаймиз:

$$M = \gamma(J \cdot h)$$

γ -гидромагнит нисбийлиги;

M -магнит моменти;

J -спин квант сони;

h -планк доимийси;

γ -ўлчов бирлиги радиан гаусс -1 , сек -1 .

Ядро магнит моментининг қийматини бошқа усул билан ифода этиш мумкин, яъни протоннинг магнит momenti спини $J = 1/2$ бўйича олинса, унинг магнит магнетони $eh/2$ шр*С га тенг, бунда шр-протон массаси, е-протон заряди, С-ёруғлик тезлиги.

Ядронинг хақиқий ядро momenti спини J га тенг бўлса, уни ядро магнетони орқали қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$M = g \frac{eh}{2m_p c}$$

ch - ўлчовсиз доимийлик бўлиб, ядро ($g eh$) - омил деб айтилади.

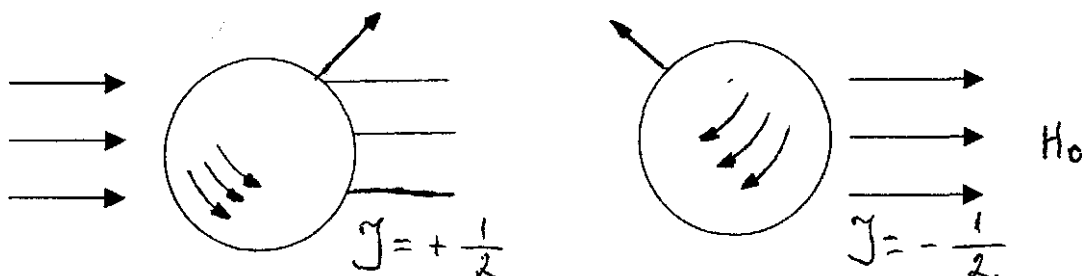
Маълум ядро спинларининг тўлиқ мундарижасида маълум қонуниятни, яъни тартиб номери Z ва масса сони A ёрдамида ифодалаш мумкин.

Агар масса сони A тоқ сонлардан иборат бўлса, ядро спини $J = C$ га тенг, масса сони A ва тартиб номери жуфт, тартиб номери тоқ сонлардан иборат бўлса, спинлар яхлит сонлардан ташкил топган бўлади.

Спин квант сони $J = 0$ бўлса, ядро магнит моментига эга эмас, шунинг учун бу атом ядролари магнит резонанс спектри бермайди. Органик молекулалар С,Н ва О лардан ташкил топган учун, уларни фақат водород атом ядроси (протон) бўйича ўрганилгани учун, бу ЯМР усули протон магнит резонанси деб айтилади /ПМР/. Спин сони I ва ундан юқори яхлит сонлардан иборат бўлган ядролар магнит моментидан ташқари, электр квадрупол моментига ҳам эга, уларнинг хоссаларини ядро квадрупол моментига ҳам эга, уларнинг хоссаларини ядро квадрупол резонанси (ЯКР) ёрдамида ўрганиш мумкин.

Спинга эга бўлган магнит заррача кучланганлиги H бўлган магнит майдонига киритилса, протоннинг магнит майдони ташқи магнит майдон H_0 билан таъсирланиб, шу майдонга нисбатан турли ҳолатларни эгалайди. Магнит майдонига ядрони эгаллаб оладиган ҳолатлар сони спин квант сонига боғлиқ ҳолатда бўлади.

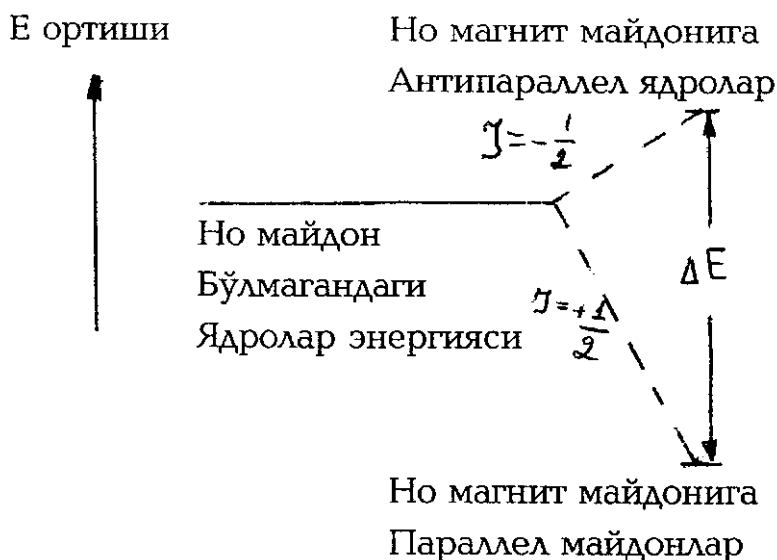
Протоннинг митти магнит майдони куч чизиқлари ташқи майдон куч чизиқлари бўйича ёки унга қарама-қарши йўналган бўлиши мумкин (3-расм).



Ядро спинини магнит майдонидаги икки ҳолат

Магнит майдони, ташқи магнит майдон H_0 бўйича йўналган ядролар (уларнинг спини S га тенг) ташқи майдон кучланганлиги H_0 ни ортишига са-

баб бўлса, тескари спинга эга бўлган ядролар аксинча, ташқи магнит майдон кучланишини камайтиради. Натижада ядроларнинг айни ҳолда протонларнинг энергетик поғонаси магнит майдонида иккига ажралади.



Шундай қилиб, ядроларнинг бир қисми пастки поғонада, қолган қисми эса юқори поғонада жойлашади. Поғоналар энергияларнинг фарқи E га тенг. Табиийки, пастки поғона энергияси кичик бўлгани учун унда юқори поғонага нисбатан Кўпроқ ядролар жойлашади. Бошқача айтганда, спинлари Но майдон йўналишга мос келган $J = -I$ ядролар спинлари Но майдонга қарши йўналган ядроларга нисбатан Кўпроқ бўлади. Лекин ташқи магнит майдон Но га нисбатан ядролар энергиясининг фарқи E жуда кичик бўлганлиги сабали, юқори ва қуйи поғонадаги ядролар сони ҳам бир-бирига яқин бўлган. Одатдаги температурада юқори ва қуйи поғоналар зичлигидаги фарқ умумий ядроларнинг 0,0001 қисмидан ошмайди. Масалан, юқори поғонада 1000000 та ядро жойлашган бўлса, қуйи поғонада 1000010 та ядро, яъни миллиондан унтагина ядро ортиқ бўлади, ҳолос. Мувозанатда турган ана шу системага электромагнит тўлқинлар билан таъсир эттирилса, бу тўлқинлар энергияси поғоналар фарқи E га мос келган вақтда резонанс ходисаси кузатилади. Резонанс натижасида энергия ютилиши қуйи поғонадаги ядролар ΔE га баробар энергияни ютиб, юқори поғонага ўтадилар яъни майдон бўйлаб йўналган спинлар / $J = +1/2$ / тескари томонга ағдарилади.

Резонанс иккала поғонада ядролар сони баробарлашгунча давом этади ва электромагнит нур таъсири тўхтатилгач, ядролар тақсимоти яна илгариги мувозанат ҳолатига қайтади. Резонансда иштирок этадиган ядролар сони кам, поғоналар ўртасида энергетик фарқ E кичик бўлгани сабабли, ядроларни кузатиш учун (катта тўлқин узунлик ва кичик частотали) радио тўлқинлари билан таъсир этиш кифоя.

Поғоналар энергияларининг фарқи ташқи кучланишга тўғри пропорционалдир:

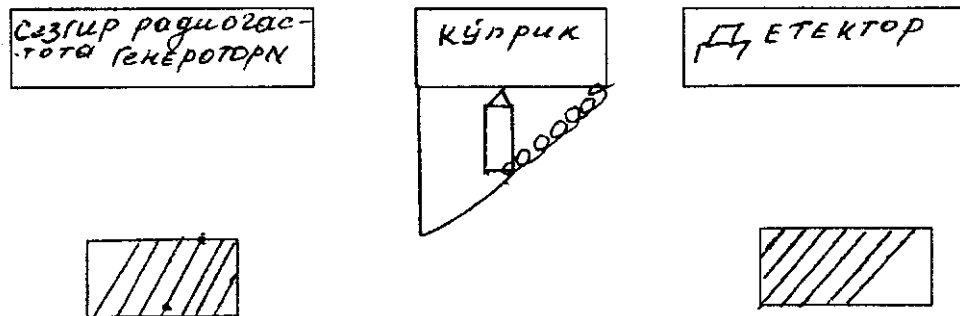
$$\Delta E = \frac{h \cdot \gamma \cdot H_0}{2\pi}$$

Бунда h Планк доимийси, H гидромагнит нисбийлиги, ўзгармас пропорционаллик коэффициенти, H_0 ташқи майдон кучланганлиги бўлгани учун қуйидаги кўриниш олади:

$$h\nu = \frac{h \cdot \gamma \cdot H_0}{2\pi} \quad \text{ёки} \quad \nu = \frac{\gamma \cdot H_0}{2\pi} \quad (4)$$

4-тенглама. Ядро магнит резонанси (ЯМР)нинг асосий тенгламасидир.

Ядро магнит резонансини кузатиш учун аниқланаётган модданинг 5-20% лик эритмаси диаметри 5мм бўлган ампулага солиниб, юқори кучланшли магнит майдонига киритилади /4-расм/.



4-расм. ЯМР спектрометрнинг оддий чизмаси.

Ампула атрофидаги ғалтакдан радиочастотали ўзгарувчан ток ўтказилади ва унинг частотаси генератордан ўзгартириб турилади. Ғалтакдаги ток ядроларни кўзғатувчи энергия манбаи вазифасини бажаради, ўзгарувчан ток частотаси резонанс частота ҳисобланиб унинг энергиясига тенгдир. Резонанс ходисаси содир бўлади ва J энергиянинг ютилиши ҳисобига ғалтак занжирида ток асл ҳолига қайтади. Ғалтакдаги ток қийматининг камайиши кучайтиргич орқали автоматик ёзув асбобида тик чўққисимон чизиқ кўринишида (сигнал) ёзиб олинади (5-расм).



3-расм. ЯМР спектри /сигнали/

Шундай қилиб, ЯМР спектрометр ёрдамида бирикма таркибидаги водород ядролари протонларга оид сигналлар ёзиб олинади. Табиийки, қўлланадиган эритувчилар таркибида протонлар бўлмаслиги керак, чунки эри-

тувчи протонларнинг сигналлари аниқланаётган модда сигналларини қоплаб (беркитиб) қўйиши мумкин. Шунинг учун, аниқланаётган модданинг 25-30 мг миқдори протонлари дейтерийга алмашган дейтеро-сритувчилар (CDCl_3 -дейтерохлороформ) да эритилади.

ЯМР-спектр учта катталик (параметр)

5-майруза. Масс - спектометрия усуллари

Режа:

1. Масс-спектометрия тахлил қилиш усулининг вазифаси.
2. Масс-спектометрияда ионларни ажратиб олиш.
3. Ионларнинг турлари.
4. Масс-спектрларни тахлил қилиш йўллари

Таянч сўз ва иборалар; Масс-спектометрия, металлорганик, фотонлар, электронлар, ионланиш, аэрозоллар,

Масс-спектометрия тахлил қилиш усулининг вазифаси

Органик моддаларнинг тадқиқ қилишнинг масс-спектометрия усллари 50-йилларнинг ўрталарида бунёдга келиб, айниқса унинг кенг миқёсда ривожланиши 1960 йилдан бошланди.

Масс-спектроскопияни спектроскопик усулларнинг бири деб қаралади, аммо бундай қараш хато ҳисобланади. Оптик спектроскопияда нурланишидан кейин модда молекуласи бошлангич ҳолатга ўзгармасдан қайтади, аммо масс-спектометрияда молекула қўзғалади, ионланади ва молекуляр ион парчаланadi. Бу парчаланган ионлардан бошлангич молекула ҳосил қилиш мумкин эмас. Шундай қилиб масс-спектрнинг ҳосил бўлишига сабабчи бўлган бир қанча моддаларнинг йиғиндисини молекуланинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш ходисаси деб қараш нотўғри ҳисобланади.

Масс-спектометрия усулининг бошқа усуллардан устунликларидан бири, бу усул ёрдамида намунанинг миқдори пикограммлар (10 грамм) да бўлганда ҳам ўрганиш мумкин, бу эса жуда оз миқдордаги биологик фаол моддаларнинг таркибини аниқлашда катта ёрдам беради. Адабиётлардан маълумки, агар масс-спектрометр электрон ҳисоблаш машинаси (ЭХМ) билан жихозланган бўлса, жуда ҳам оз миқдордаги доривор моддаларни аниқлаш мумкин (масалан, гормонал препаратларни аниқлаш миқдори 200-300 пикограмм).

Масс-спектроскопиянинг энг мухим амалий ишларидан бири мураккаб органик бирикмалар, металлорганик бирикмалар ва пептидларнинг тузилишини аниқлашда берадиган маълумотларидир.

Органик моддаларнинг унинг ёрдамида ўрганиладиган сохалари куйидагича:

- 1) таббiiй газлар; 2) ҳаво; 3) саноат чиқиндилари; 4) ёниш натижасида ҳосил бўладиган газлар; 5) аэрозоллар.

АКШ даги масс-спектрометриянинг ҳамма турлари ташқи мухитни текширишда моддаларнинг концентрацияси 10^{-7} г бўлганда ҳам мухим ахборот беради. Шу нарса маълумки, масс-спектрометр ёрдамида ДДТ 30 га якин метаболитлар ҳосил қилиши аниқланган. Юқоридаги амалий ишлардан ташқари, бу усул ёрдамида мураккаб табиий бирикмаларнинг стереокимёси билан боғлиқ бўлган назарий масалаларни ҳал қилиш мумкин.

Масс-спектрометрия ходисасига учраган органик моддаларда руй берадиган ходисаларни кўриб чиқамиз.

Масс-спектроскопияда молекулада бўладиган ионланиш ва диссоциация ланиш ходисалари электрон зарбаси, фотонлар ва кучли электр майдони таъсирида рўй беради.

Масс-спектрометрияда ионларни ажратиб олиш.

Ионланиш. Масс-спектрометрда парчаланган ионларнинг ҳосил бўлиш жараёни молекулани электронлар билан таъсирланишидан бошланади, унда энергия 100 эВ га тенг бўлса, тезлиги $5,9 \times 10^6$ м/сек бўлиб, молекула билан унинг тўқнашиш вақти тахминан 10^{-7} сек.га тенг бўлади .

Кучли электронлар оқими молекуланинг электрон қавати билан таъсирлашиб, молекуланинг электрон-қўзғалган ҳолати рўй беради ва у куйидаги формула билан ифодаланади.

$$\tau = h / \epsilon$$

h -планк доимиси,

ϵ қўзғалган ҳолат энергияси.

Оддий масс-спектрометрда 15эВ, 4×10^{-17} Га тенг, τ - ни қўзғалган молекуланинг ёки ионнинг ҳосил бўлиш вақти деб қараш мумкин.

Атом ва молекулаларнинг ионлантирувчи электронлар билан тўқнашувини шундай изохлаш мумкин: электрон ўзининг маълум

энергиясини йўқотади, молекула эса қўзғалган ҳолатга ўтади. Молекуляр ион - электрон ΔE нинг энг кичик қийматида ионлар ҳосил бўлиш имкониятига эга бўлса бу ионланиш энергияси деб айтилади.

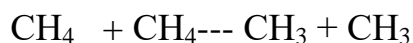
Органик моддаларнинг ионланишини бир қанча умумий усуллари мавжуд.

ФОТОНЛАР. Кўпгина органик моддаларнинг ионланиш потенциали 13 эВ. дан кичик қийматда бўлгани учун ионланишни потенциал олиб бориш учун қисқа тўлқин узунликдаги нурланишдан фойдаланиш мумкин. Фотонларнинг қулай манбаси сифатида нурланиш энергияси 21 эВ га тенг бўлган гелийли асбобдан фойдаланиш мумкин. Ионланиш хонасида нурланиш интенсивлиги қанча юқори бўлса, бу хонадан ионларнинг чиқиши шунча кўп бўлади, яъни спектрометрнинг сезгирлиги шунча юқори бўлади .

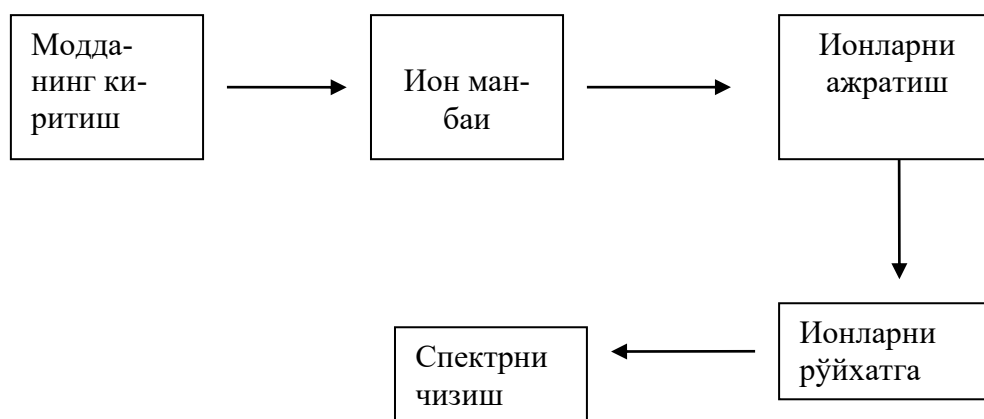
Вакуумда чўғланган симдан ҳосил бўлган электронлар айрим потенциал билан тезлашади ва ионланиш хонасига кириб боради. Шундай қилиб, электронлар қийматга эга бўлади. Потенциал 5 дан 100 эВ оралиғгача ўзгаради, аммо масс-спектр 70 эВ да ўлчанади, чунки бу кучланиш ионларнинг максимал тарзда ҳосил бўлишига етарли ҳисобланади.

Фотонлар ва электронлар ёрдамида ионланиш ишининг олиб борилганидан ион маъносидаги ионнинг сақланиш вақти тахминан 10^{-6} сек. га тенг.

КИМЁВИЙ ИОНЛАНИШ. Молекула ва ионлар тўқнашишганда янги зарядланган заррачаларнинг ҳосил бўлиш реакцияларини кузатиш мумкин. Масалан, метаннинг молекуляр иони нейтрал молекуласи билан реакцияга киришиб, мустаҳкам CH_3 ион ҳосил бўлиши мумкин:



Замонавий масс-спектрометрларда турли хил ионланиш ходисасидан фойдаланилади, бу ўз навбатида, айниқса аралашмалар ўрганилганда Кўп миқдордаги ахборотлар олишга имкон беради.

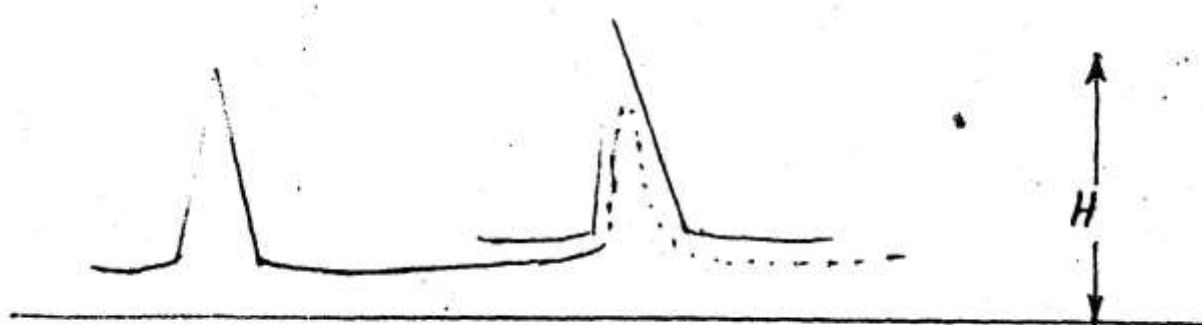


Масс-спектрометрларнинг турлари жуда кўп ва уларнинг ҳаммасида ҳам юқорида энг мухим қисмлар келтирилган бир канча усуллари бор. Масалан:

СОВУҚ ХОЛДА КИРИТИШ. Бу усул газлар учун ҳамда уй хароратида ва 10^{-2} мм.сим. ус. босимида осон учадиган моддалар учун ишлатилади.

ИССИҚ ХОЛДА КИРИТИШ. Органик моддаларнинг буғ ҳолатига келиш учун масс-спектрометр системаси 300°C гача қиздирилади.

ТЎҒРИДАН-ТЎҒРИ КИРИТИШ. Масс-спектр олиш учун системада чуқур босим ҳосил қилиш (10^{-6} мм.сим.уст.га яқин) билан бирга қиздирилса, кўп бирикмалар осон парчаланиш ҳолатига келади, бу усул билан молекула оғирлиги 2000 гача бўлган бирикмаларнинг масс-спектрини олиш мумкин.



$$m_1 - m_2 = \Delta M$$

$$M_2 / \Delta M = 100 / 1 = 100, \text{ яни масалан } = 101 \\ = 100$$

$$\text{Агар } = 100,005 \\ = 100$$

$$\Delta M = 0.005$$

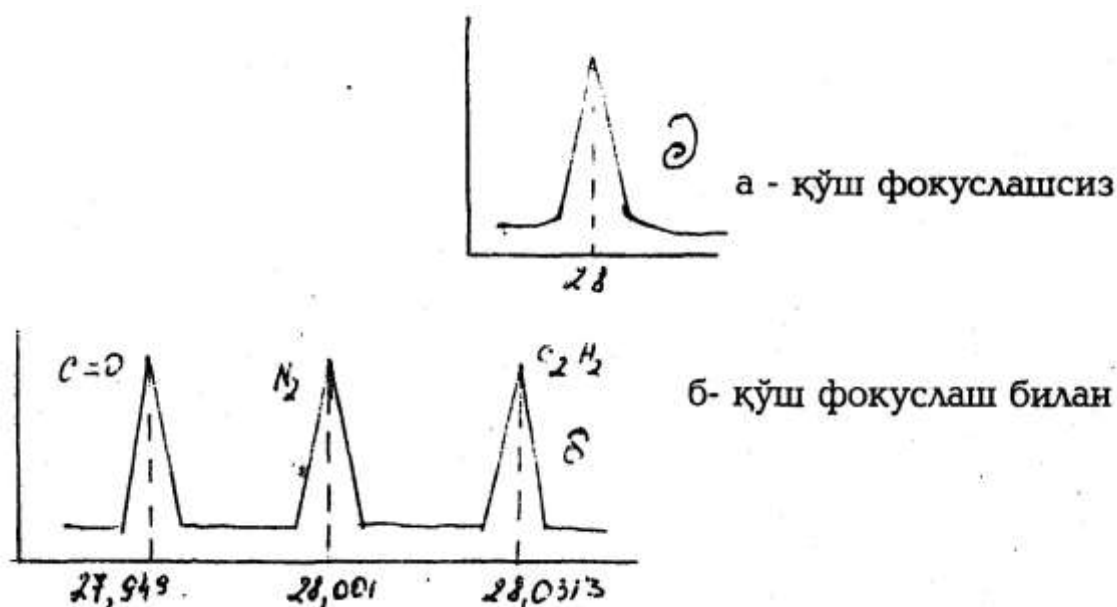
$$100 / 0.005 = 20000$$

Демак, массаларнинг фарқи жуда кам булса, асбобнинг ионларини ажратиш олиш қобилияти шунча юқори бўлади. Асбобларнинг ионларни ажратиш қобилияти кичик, ўртача ва юқори бўлиши мумкин. Юқори ажрата олиш қобилиятлиги -6000 дан катта; ўртача ажрата олиш қобилиятлиги -1000-5000 гача; кичик ажрата олиш қобилиятлиги -1000 гача.

Агар магнит майдонида ажралган ионлар йўлига электр майдони ҳосил қилинса, бунда ионларнинг бир-биридан ажратиш қобилияти ошади (қўш фокуслаш).



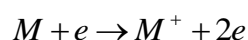
Электр майдони магнит майдонидан аввал ёки кейин қўйилиши мумкин.



Демак, иккинчи ҳолатда асбоб массалари бир-бирига яқин бўлганда ҳам бир-биридан ажралган молекуляр ионларини олиш мумкин.

МОЛЕКУЛЯР ИОНЛАР

Молекуляр ионлар молекулага электронлар оқими таъсир этилганда ҳосил бўлади, бу жараёнинг юз бериши натижасида молекуладан битта ион чиқариб юборилади.



Молекуляр ионларнинг массалари намунанинг молекула оғирлигини ва эмпирик формуласини ифода этади. Молекуляр ионлар бошқа ионлардан

спектрда хосил бўлиш ҳолати билан фарқ, қилгани учун уни спектрдан осон топиш мумкин, аммо айрим ҳолларда уларнинг интенсивлиги жуда кичик бўлган учун аниқлаш қийинлик туғдиради.

Молекуляр ионларнинг барқарорлиги унинг миқдорининг парчаланган, ионларнинг миқдорига нисбати билан белгиланади. Агар молекуляр ионнинг хосил бўлиши спектрда кузатилмаса, бу шуни тасдиқдайдики, ионланиш натижасида хосил бўлган молекуляр ионни парчаланиш тезлиги юқори бўлади. Молекула ўлчами ва тармоқланишининг ошиши ионларнинг парчаланиш тезлигини оширади. Пал турли хил органик моддаларнинг молекуляр иони барқарорлигини ўрганган. У молекуляр ионларнинг парчаланиш эҳтимоллигини қуйидаги нисбат орқали аниқлаган:

$$W_z = \frac{\sum J_f}{\sum (J_j + J_p)}$$

$\sum J_p$ -- парчаланмаган молекуляр ионнинг тўлиқ; интенсивлиги;

$\sum J_j$ - масс-спектрдаги бир зарядли бутун бошқа ион чўққилари интенсивлигининг йиғиндиси.

Молекуляр ионларнинг барқарорлигини шундай ифода ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$W_p = 1 - W_z$$

Молекула огирлиги кичик бўлган углеводородларда қуйидагича ўзгаради:

Асетилен углеводородлари қиймати - 0,752;

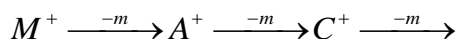
Олефинлар - 0,389; Парафинлар - 0,120.

Молекуляр ионларнинг барқарорлиги занжирнинг тармоқланиши билан пасаяди. Узун занжирли молекулаларга ароматик халқа киритилса, молекуляр ионнинг барқарорлиги ошади. Агар молекуляр ионнинг ички энергияси етарли бўлса, унинг парчаланиши натижасида ундаги нейтрал заррачалар чиқиб кетади ва парчаланган (бўлакли) ионлар хосил бўлади.

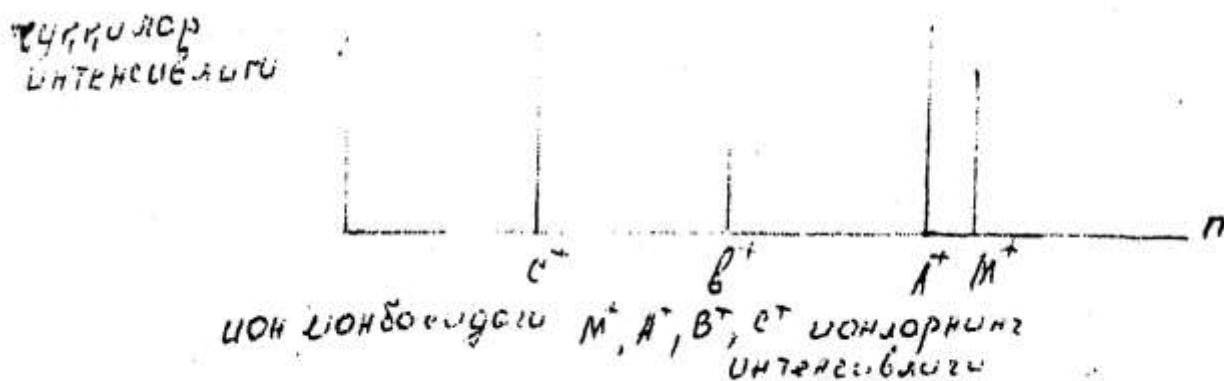
БЎЛАКЛИ ИОНЛАР. Молекуляр иондан диссоциацияланиш жараёни натижасида бўлакли ионлар хосил бўлади. Нейтрал молекуладан хосил бўлган молекуляр ион катион радикали бўлиб, ундан хосил бўлган бўлак ионлар ёки катион - радикал бўлакли, молекуляр иондан ажралиб чиқаётган заррача радикал ёки нейтрал молекула бўлиши мумкин.



Агар хосил бўлган A^{+} ионнинг ички энергияси етарли бўлса, у ўз навбатида парчаланиб турли ион бўлақларини хосил қилади, бу жараён охириги бўлакли ион энергияси кейинги парчаланишга етарли бўлмагунча давом этади.

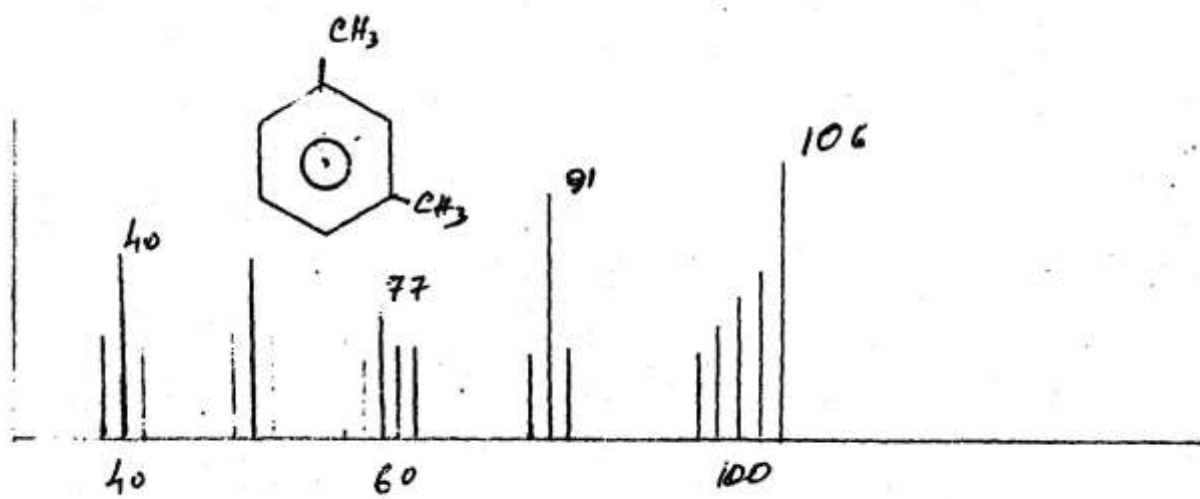


Масс-спектр бўйича мана шундай кетма кетликдаги парчаланишларни ўрганиш бўлақларнинг (фрагментларнинг) хосил бўлиш йўллари ёки йўналишлари деб айтилади. Молекуляр ион M ва хохлаган бўлакли ионлар (A, B, C) бир қанча йўналишлар бўйлаб парчаланиши мумкин. Парчаланишнинг турли хил йўналишларни бирлаштириб, бўлақчаларнинг хосил бўлиш схемаси тузилади. Бир йўналиш бўйича бўлақчаларнинг хосил бўлиш чегараси молекуляр ионнинг (M) белгиланиб ҳамда ионнинг хосил бўлиш ва унинг ёзилиш вақти билан аниқланади. Шунинг учун ҳам масс-спектр фақат бўлақчаларнинг хосил бўлишлиги деб билмай, балки маълум энергия ва вақти уларнинг кўриниши деб қараш мумкин.



Ион манбасидаги $M^{+}, A^{+}, B^{+}, C^{+}$ ионларнинг интенсивлиги

Масс-спектр максимал чўққига нисбатан бошқа ионларни ёки умумий токка нисбатан фойзларда ифода этишдир. Шунинг ҳам таъкидлаш зарурки, ҳар доим масс-спектрда молекуляр ион асосий ион бўлмаслиги мумкин.

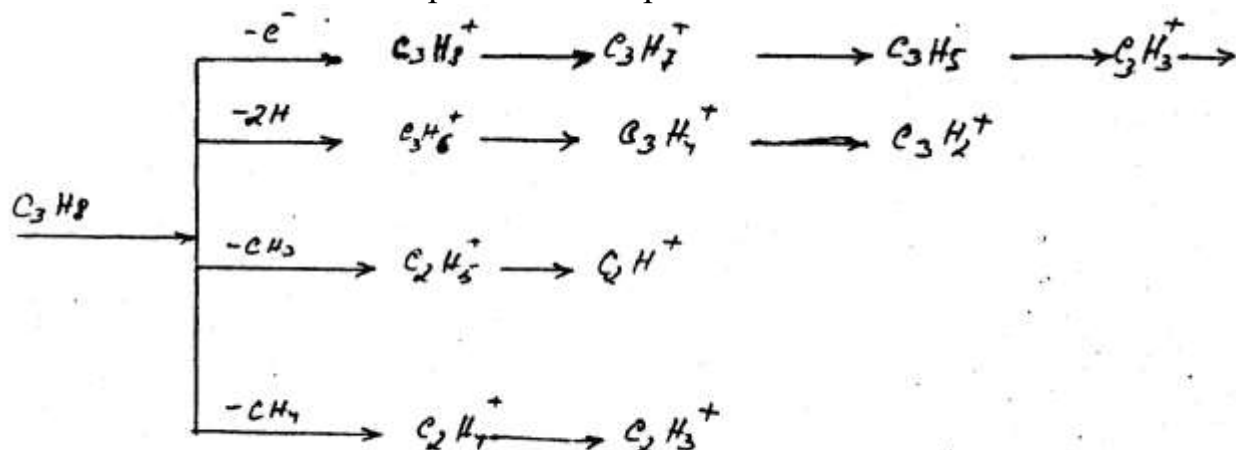


М-ксилолнинг масс-спектр $m = 91$ нинг интенсивлиги 100 бирликка тенг ёки интенсивлиги 100 фоиз.

Масс-спектр нейтрал молекулаларни ўрганмайди, шунинг учун ҳам масс-спектрни таҳлил қилишда энг аввал қайси боғ узилади ва қайси бўлак мусбат зарядини ўзида сақлаб қолади, шунини билишимиз керак. Ионланиш жараёнида ҳамма боғлар ҳам кучсизланади, бунда бир боғ бошқасига нисбатан кўпроқ кучсизланиши мумкин. Леннард-Джонсон ва Холл томонидан нейтрал молекуладаги молекула орбиталарини кўриб чиқиб, n-октаннинг молекуляр ионидаги мусбат зарядлар тақсимланишини ҳисоблаб чиққанлар. Молекуляр орбиталари бир хил бўлмагани учун бутун молекуладаги мусбат зарядлар ҳам бир хил эмас, асосан ОС ва С-Н орбиталар учун ҳисобланган зарядларнинг 23 % марказдаги С-С боғидаги, 40 % қўшни боғларда, кейинги боғларда 23 % ҳамда охириги С-С ва С-Н боғларда 7% да тақсимланган. Заряднинг тақсимланишига кўра энг кўп учрайдиган ионларнинг массаси молекуляр ион массасининг тенг ярмига тенг бўлиши мумкин. Ҳақиқатдан ҳам масс-спектрда ион чўққиларининг баландлиги шу вақтда ошиб, максимум бўлади, агар ионлар 3 ёки 4 углерод атоми ташкил этса, кейин бу баландлик камаяди.

Ионларнинг парчаланиши босқичма-босқич рўй бериб, улар асосан бошланғич бўлак ионлардан диссоциацияланиш натижасида ҳосил бўлади. Диссоциацияланишга боғ энергиясидан ташқари, ўринбосарлар ва ҳосил бўлган бўлак ионнинг барқарорлиги ҳам таъсир этади.

Пропаннинг парчаланиши:



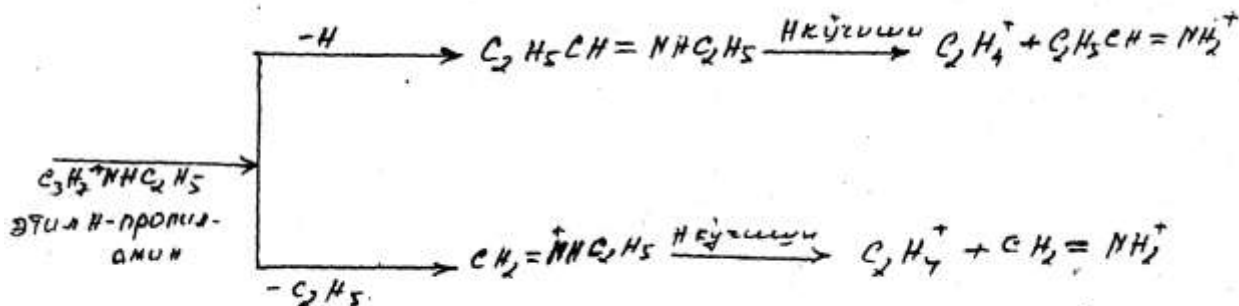
МЕТАСТАБИЛ ИОНЛАР. Ионланиш хонасида намунага электрон оқимининг кучли таъсир натижасида хосил бўлган айрим ионлар метастабил хусусиятига эга бўлиб қолади. Улар ионланиш хонасидан чиқиб кетишига анчагина қарорли бўлиб, бир хиллари коллекторга етмасдан ҳам диссоциацияланиши мумкин. Бу ионларнинг айримлари бошланғич массаси бўлган ҳолда коллекторга парчаланмасдан етиб олиши мумкин, аммо бир хиллари ионланиш хонасидан чиқишдан олдин парчаланиш хусусиятига эга. Шундай қилиб, масс-спектрда метастабил ўтишларга хос бўлган бошланғич ва охириги ионларнинг чўққилари намоён бўлади. Метастабил ионларнинг бошланғич ва охириги массаларини аниқлаш молекуланинг тузилиш тўғрисида хулоса қилишга имкон беради.

Агар массали ион парчаланиб, массаси бўлган ион хосил килса, масс-спектрда метастабил ион намоён бўлиб, унинг массасига тенг келади. Шундай қилиб, массаси бўлган метастабил ионнинг спектрида топилиши бошланғич ион массаси ва ундан хосил бўлган ион массаси ва ундан хосил болган ион массасини аниқлашга имкон бўлади. Масалан, толуол масс-спектрида интенсив чўққилар намоён бўлади, шу билан бирга тенг метастабил ионнинг хосил бўлиши шуни тасдиқдайдики, массаси 65 га тенг бўлган ион массаси 91 га тенг бўлган иондан хосил бўлиши учун, бошланғич иондан C-H заррача чиқиб кетиши лозим экан.

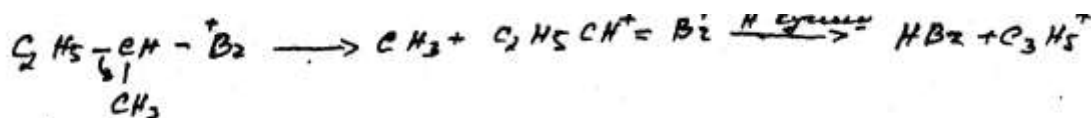
ҚАЙТАДАН ГУРУҲЛАНУВЧИ ИОНЛАР

Кўпгина бирикмалар масс-спектрида зарядланган ёки зарядланмаган бўлакчалар хосил қиладилар, аммо уларнинг пайдо бўлишини кўп ҳолларда боғларнинг оддий узилиши ёрдамида тушунтириш қийинчилик туғдиради. Бундай ионлар диссоциацияланиши жараёнида атомларнинг қайта гуруҳланиши натижасида хосил бўлади. Қайта гуруҳланиш натижасида хосил бўлган, маълум хоссага эга бўлган ионлар айрим кимёвий гуруҳларга хосдир, масалан, спиртларга ион массаси 19 га тенг бўлган чўққи тегишлидир. Кўп

молекулаларнинг спектрларида атомларнинг қайта гуруҳланиш натижасида хосил бўлган ионлар намоён бўлади. Кўп ҳолларда водород атомининг бир атомдан иккинчи атомга кўчиши кузатилади. Водород атомининг кўчиши гетероатомлар (O, C, N) га нисбатан ёки бошқа ҳолатларда бўлиши мумкин.



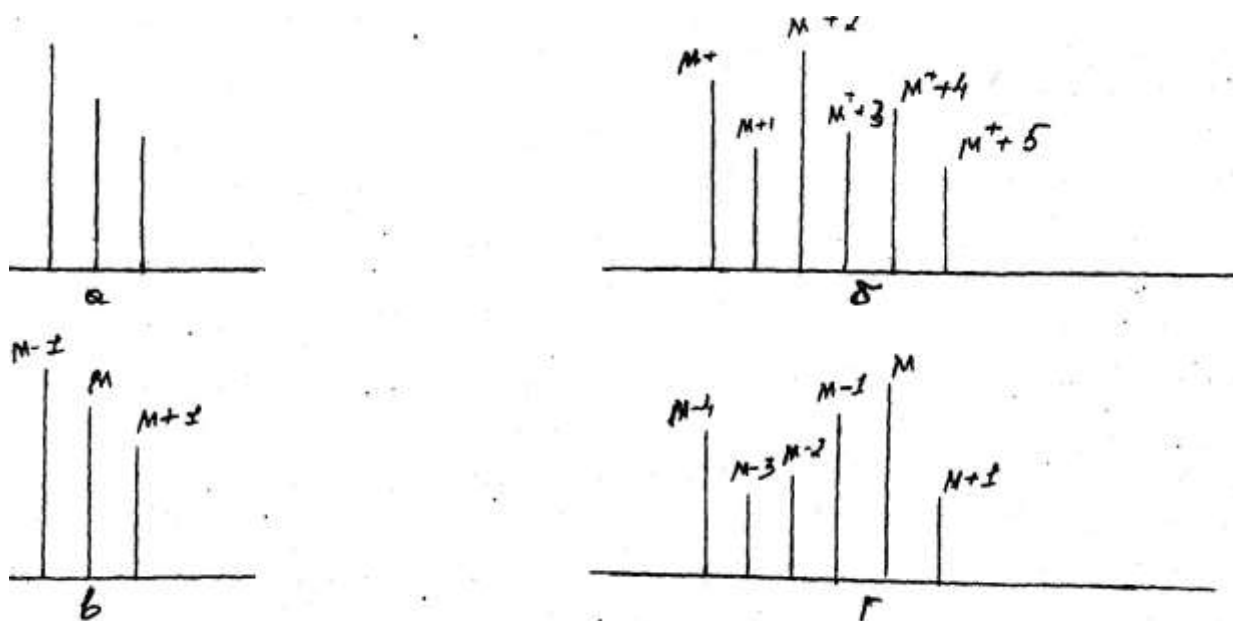
Водород атомининг кўчиши унинг гетероатом билан бирлашиб, нейтрал молекула сифатида ажралиб чиқиши билан бўлиши мумкин.



Туйинмаган углеводородларда қайта гуруҳланиш кўп учрайди. Ҳамма қайта гуруҳланишни осон учратиш мумкин эмас. Молекуляр ионнинг парчаланishi ва қайта гуруҳланиши натижасида хосил бўлган нейтрал заррачаларни топиш қийин, чунки бу жараёнда зарядланган заррачалар ҳам учраши мумкин. Иккита нейтрал бўлакчалар бир-бири билан бирикиб, барқарор молекула хосил қилиши мумкин, шунинг учун ҳам масс-спектрада нейтрал бўлакларнинг метастабил ионларини ўрганиш мақсадга мувофиқдир, чунки унинг ёрдамида қайта гуруҳланиш бўлган ёки бўлмаганлигини билиш мумкин.

МАСС-СПЕКТРЛАРНИ ТАХЛИЛ ҚИЛИШ ЙЎЛЛАРИ

Масс-спектрни тахлил қилишда энг аввал қайси чуққи молекуляр ионга мос келишини хал қилиш керак. Молекуляр ион чуққиларни аниқлашда унга масса қиймати билан бирга, икки ёки бир неча бирликларга мос келувчи изотоп чуққиларининг бор йўқлигини билиш керак. Ўзида хлор, бром ва олтингугурт тутган моддалар учун энг интенсив бўлган чуққи тегишлидир. Расмда углероднинг (а), дигалоидли бирикманинг (б) кдеми масс-спектрлари берилган. Кўпинча спектрларда молекуляр иондан (M) водород атомининг чиқиб кетиши натижасида хосил бўлган M-1, M-2 ва M-3 ионлар ҳам кузатилади.



Стирилпиридин масс-спектрида энг интенсив чўққи молекуляр ион M^+ га эмас, балки M^+ - 1 га тўғри келади.

Спектрни тахлил қилишдаги кейинги босқич - энг асосий бўлакли ионлар борлигини аниқлаш ҳисобланади. Бўлакли ионлар қолдиғининг массаси жуфт қийматлардан иборат бўлса, бу қайта гуруҳланиш жараёни бўйича, агар ток қийматлардан иборат бўлса, боғларнинг оддий узилиши натижасида ҳосил бўлганини тасдиқлайди. Кейин спектрда метастабил ионлар мавжудлигини текшириш керак. Молекула оғирлигини аниқлаб ҳамда бўлакли ионларнинг ҳосил бўлиш йўллари чуқур ўрганиб номаълум модданинг тузилиш ҳақида маълум хулосага келиш мумкин.

ХРОМАТОГРАФДАН КИРИТИШ. Газ хроматограф колонкасидан ўрганиладиган модда газ ташувчининг аралашмаси билан чиқади. Газ ташувчи оқимнинг тезлиги одатда 50 мл/мин. ни ташкил этади, аммо бундай газ ҳажмини ион манбасига киритиш мумкин эмас, шунинг учун ўрганиладиган модда миқдорини камайтирмасдан газ ташувчини ажратиб олиш керак. Замонавий масс-спектрометрлар ЭХМ ҳамда суюқлик ва газхроматографлари билан биргаликда бошқарилади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Паперно Т.Я., Поздняков В.П., Смирнова А.А., Елагина А.М. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии. – М.: Просвещение, 1977.
2. Сергеев Н.Н. Спектроскопия ЯМР. – М.: МГУ, 1981.
3. Терентьев Л.И. Масс-спектроскопия в органической химии. – М.: Наука, 1984.

6-маъруза. Тахлил қилишнинг хроматография усуллари

Режа

1. Кириш.
2. Хроматография тахлил қилиш усулининг вазифаси афзалликлари.
3. Хроматография ускунасининг оддий схемаси.
4. Углеводород аралашмаларининг газ-суюқлик хроматография усулида тахлил қилиш.

Таянч сўз ва иборалар: газ-суюқлик, хроматография, ускуна, адсорбентлар, Элюат, фаза, алюмогел.

Органик моддаларни ажратиш, тахлил қилиш ва хоссаларини ўрганиш борасида кимёвий, физик ва физик-кимёвий усуллар орасида хроматография усули кўзга кўринган ўринлардан бири ҳисобланади.

Хроматография усулининг кенг тарқалганлиги унинг юқори самаралиги, тажрибанинг соддалиги, селективлиги, тезлиги, автоматлаштиришга қулайлиги ва бошқа физик-кимёвий усуллар билан бирга қўшиб олиб бориш мумкинлиги натижасидир.

Хроматография усулининг ўзига хос хусусиятларидан бири уни кенг концентрация орасидаги суюқ, қаттиқ ва газ холидаги ноорганик ва органик бирикмаларни ажратиш ва ўрганиш ҳисобланади.

Хусусиятлари бир-бирига жуда яқин бўлган моддаларни ажратиш имкониятини берганлиги учун бу усул юқори баҳоланади.

Хроматография ўрганилаётган объектларни сифати ва миқдорий тахлил қилиш, моддаларни физик-кимёвий хусусиятларини ўрганиш, технологик жараёнларни автомат равишда бошқариш имкониятларини беради.

Кейинги пайтларда хроматография усули атроф мухитни назорат қилишнинг асосий усулларида ҳисобланиб қолмоқда.

Хроматографиянинг илмий усул қаторига киритилиши М.С.Цвет (1872-1919) номи билан боғлиқ. У 1903 йилда хлорофил моддасини шиша колонкага жойланган адсорбентдан ўтказиб уларнинг рангига қараб индивидуал холида ажратиш хроматография назариясига асос солди.

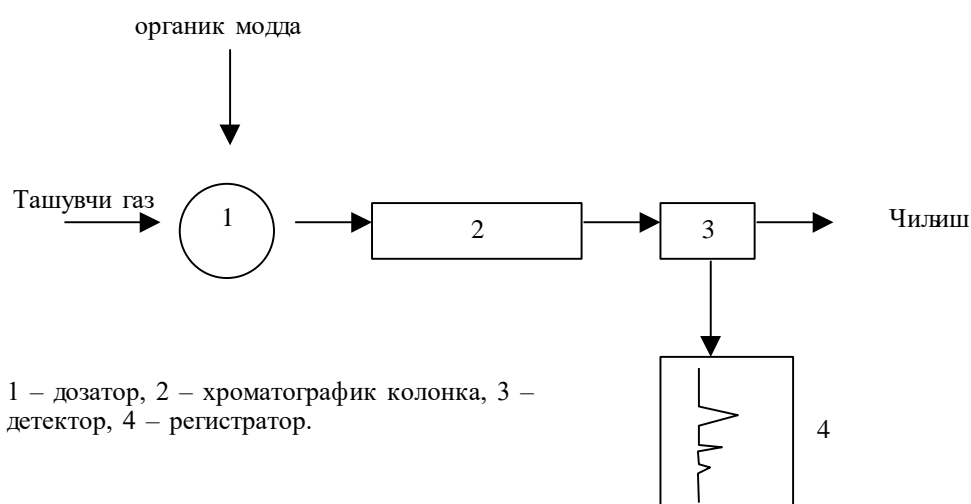
Моддаларни ажратишнинг хроматография усули сорбция жараёнига асосланади. Бу ерда сорбция жараёни деб, газлар, буғлар ёки эриган модда-

ларни қаттиқ ёки суюқ ютувчиларда (сорбентларда) ютилиши тушунилади. Сорбция – умумий тушунча бўлиб, иккига бўлинади: адсорбция (қаттиқ фаза юзасидаги ютилиш) ва абсорбция (бутун фаза хажмида ютилиш).

Хроматография усулида аралашма моддаларни тоза холида ажратиш – сорбент қўзғалмас фаза қатлами орасидан суюқ ёки газ холидаги қўзғалувчан фаза билан биргаликда ажратилаётган моддалар турли хил сорбцияга эга бўлганлиги учун, хар хил тезликда сурилишига асосланади.

Органик ва нефт махсулотларини тахлил қилишда хроматографик жараёни олиб бориш учун газли ёки газ-суюқлик хроматографидан фойдаланилади.

Хроматограф схемаси.



Дозатор: газ суюқлик ёки қаттиқ ҳолатдаги модда аралашмасини хроматографик колонкага йўналтириладиган оқимга киритиш учун хизмат қилади. Ўрганиладиган модда дозаторда микрошприцлар ёрдамида киритилади. Оқимга кирган моддалар аралашмаси хроматографик колонканинг ичидаги адсорбентлар орасидан сурилиши вақтида бир-бирдан ажралиб кетмакетликда колонкадан чиқа бошлайди.

Колонка. қўзғалмас фаза – адсорбентни жойлаш учун хизмат қилади. Ўлчам ва ичига тўлдириладиган қўзғалмас фазасига қараб икки турга бўлинади:

1. Насадкали колонка, узунлиги 0,5-10 м.

2. Капилляр колонка, узунлиги 25-100 м, диаметри 0,2-0,5 мм.

Газли хроматографияда анализ қилинаётган модда таркибини аниқлашнинг асосий усули сифатида чиқиш эгри чизиғи бўлгани учун колонкадан кейин детектор (3) ўрнатилади ва у колонкадан чиқаётган моддалар таркибини кўрсатади. Ташувчи газдаги компонентлар концентрациясини дифференциал детектор сезиб ёзувчи мослама (4) модда ҳақидаги маълумотни қоғозга туширади. Замонавий хроматографларда регистраторлар ҳисоблаш васиталари билан жихозланган.

Хроматографик жараён натижаларини детекторлашнинг хилма-хил кўринишлари мавжуд.

1. Элюат билан тоза элюент иссиқлик ўтказувчанликлар фарқини ўлчашга мосланган детекторлар (катарометр – иссиқлик ўтказувчанлик детектори).
2. Элюат билан тоза элюент зичликлари орасидаги фарқни ўлчашга мослашган детекторлар (плотномер).
3. Элюат молекулалари ионизацион ток кучини ўлчашга мослашган (ионизацион) детекторлар.
4. Элюат ёнадиган аланга хароратини ўлчашга мослашган (аланга ёки микроаланга) детекторлари.
5. Элюат ёниш иссиқлагини ўлчашга мосланган (термокимёвий) детекторлар.
6. Элюент ёнадиган алангада ионизация ток кучини ўлчашга мослашган (аланга-ионизацион) детекторлар.

Газли хроматографияда қўзқалувчи фаза сифатида гелий, аргон, водород, азот, CO_2 ва хаво ишлатилади.

Қўзқалмас фаза сифатида газ-суюқлик хроматографиясида, амалда қўлланиладиган колонка хароратида учмайдиган, қаттиқ ташувчи (адсорбент) юзасига шимдирилган суюқ мойсимон моддалар ишлатилади (фтал кислотасининг дибутил эфири, эластомер мойлар ва х.к.).

Қаттиқ ташувчи сифатида амалда инерт бўлган қаттиқ моддалар ишлатилади (майдаланган қишт, хромтон N-AW ва х.к.).

Хроматография тахлил қилиш натижаларини юқори самарали бўлиши ишлатиладиган ташувчи газ қўзқалмас фаза – адсорбент – суюқликларни уларга қўйилган талаблар асосида тўғри танлашга боғлиқдир.

Органик моддаларни тахлил қилишда ва шу қаторда таркиби турли бўлган нефт махсулотларини ўрганишда газ-суюқлик хроматографиясини қўллаш аниқ, муҳим ва юқори самарали натижаларни беради.

Углеводородлар аралашмаси таркибини газ-суюқликли хроматография усули билан аниқлаш

Углеводородлар аралашмасини анализ қилишда газли хроматография кенг қўлланилади. Хоссалари бир-бирига яқин бўлган углеводородлар аралашмасини одатдаги усулларда анализ кам самаралидир, улар селективлик нуқтаи-назаридан ёмондир, мободо қўлланилиши мумкин бўлган тақдирда ҳам анализ учун кўп вақт талаб қилади.

Газли хроматография анализни юқори эффективлик ва тезликда олиб бориш кўрсатилган талабларига жавоб беради. Хозирги пайтда айрим компонентларга ва уларнинг гуруҳларига нисбатан селектив бўлган суюқ фазалар мавжуддир. Кўп сонли углеводородлардан таркиб топган аралашмаларни ажратиш услублари тадқиқ қилинган.

Стационар фазани танлаш аралашманинг сифат- ва миқдорий таркибига боғлиқдир. Нополяр суюқ фазада аралашма у таркиб топган компонентларнинг углерод атомлари сонига боғлиқ холда ажралади. Шу сабабли бундай фаза гомолитик қатор углеводородларини (масалан: метан, этан, пропан ва шу кабилар) ажратишда қулайдир. Ушбу типдаги фазаларда айрим углеводородлар гуруҳи қуйидаги тартибда чиқади: изопарафинлар, олефинлар, парафинлар, нафтенлар.

Поляр суюқ фазаларда аралашма моддаларидаги углерод-углерод боғи энергиясига боғлиқ холда компонентларга ажралади, бу эса изомерларни ажратишда қулайдир. Моддалар қуйидаги тартибда қайд қилинади: изопарафинлар, нафтенлар, олефинлар, ацетилен бирикмалар.

C₁-C₅ углеводородлар. Ёқилғи, нефт-кимёвий синтези хом ашёси ва бошқа кўпгина системалар учун керак бўлган енгил углеводородларни (C₁-

C₃) таркибини анализ қилиш газ-адсорбцияли – ҳамда газ-суёқликли хрома-тография усуллари билан амалга оширилиши мумкин.

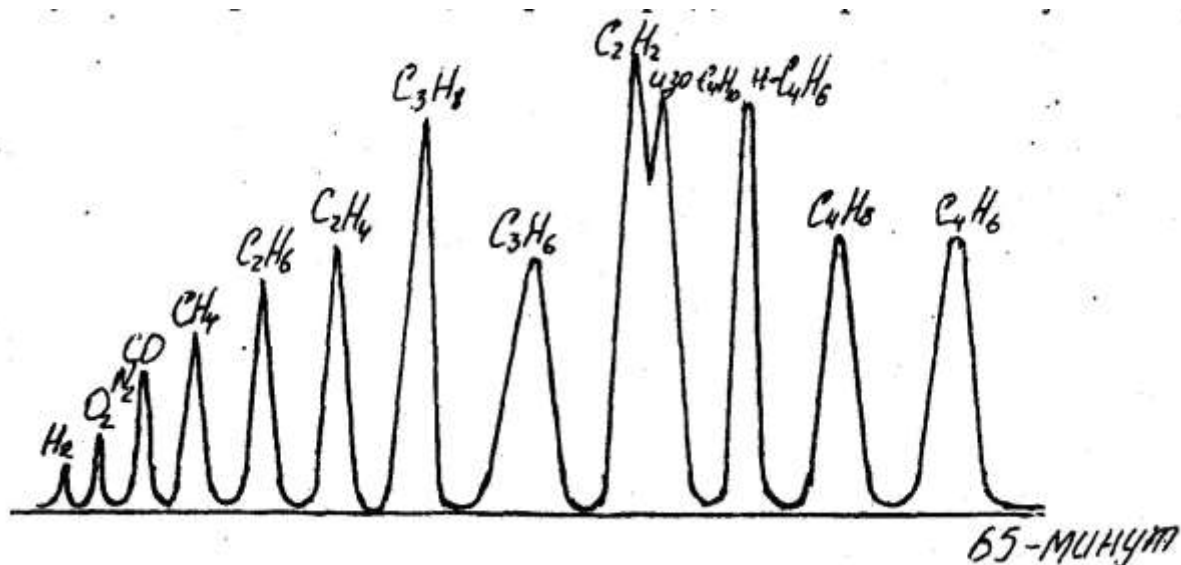
Перманент газлар билан енгил углеводородлар аралашмасини икки усул: икки босқичли схема йўли ёки хароратни дастурлаш йўли билан анализ қилинади.

Парафинлар аралашмасини 50 см ли колонкада хона хароратида силикагелда осонгина ажратиш мумкин. Бироқ, ушбу адсорбентда колонканинг узунлиги хатто 6,6 м бўлган тақдирда ҳам н-бутиен, изо-бетилен ва бутадиенлар ўзаро ажралмайдилар.

Тадқиқотчи Горн ўз ходимлари билан силикагел билан тўлдирилган 10м ли колонкада изо-бутиленни н-бутилендан тўла ажратишга эришган, бироқ, н-бутилен ва бўтадиенга алоқадор чўкқилар бир-бири билан қўшилиб кетган эди. Бундан ташқари, изо-бутан билан аллен (пропаден) ва метан билан углерод оксидлар бир-биридан чала ажралганлар. Бутун анализ 2 соат давом этади. Ушбу анализнинг бошқа шароитлари қуйидагилар эди: 23⁰С харорат, силикагел заррачаларининг ўлчамлари 0,05мм дан 0,1мм гача, колонканинг диаметри 4 мм, водород оқимининг тезлиги 33 мл/мин.

Қуйи углеводородларни ажратишда алюмогел қулай адсорбентдир. Анализни худди силикагел мисолидагидек шароитда амалга оширилади.

6,6 м узунликдаги колонкада ацетилен билан изо-бутан ҳамда н-бутилен изо-бутиленларнинг аниқ бир-биридан ажралиши кузатилади (6-расм).



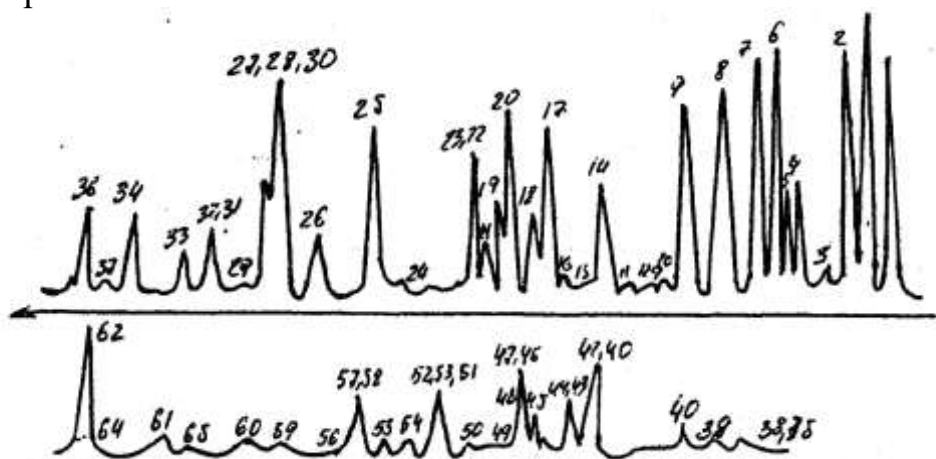
6-расм. қуйи углеводородларни алюмогелда ажралиши (колонканинг узунлиги – 6,6 м).

Ацетилен таркибидаги қўшимчаларни Рей активланган қўмир билан тўлатилган колонкада аниқлади.

Техник пропанни (колонка узунлиги 2 м, харорат 30⁰С, азот оқими тезлиги 25 мл/мин) ва пропан-пропилен техник аралашмасини узунлиги 1 м бўлган суюқ фазаси вазелин мойи (15%) ва диметилсулфофан (25%) дан иборат колонкада Ван де Каатс ажратган.

Техник бутадиенни анализи Янак ва Новаклар томонидан ишлаб чиқилган. Муаллифлар аралашмани аввал катта бўлмаган, узунлиги 30 см, диаметри 7 мм бўлган, малеин ангидридли силикагел билан тўлдирилган колонкадан ўтказдилар. Бунда бутадиен ютилиб қолади, қолган қўшимчалар диметилформаид (20%) шимдирилган силикагел ажратиш колонкаси (узунлиги 3 м, диаметри 7 мм) дан ўтадилар, ташувчи-газ сифатида углерод икки оксид (оқим тезлиги 42 мл/мин) хизмат қилади. Бутиленлардан ташқари ҳамма қўшимчалар ажраладилар. Уларни тўлиқ ажралишлари учун хароратни 0⁰С гача пасайтириш лозим.

Бензин типидagi аралашмалар. Бензин фракцияларини индивидуал таркибини етарлича аниқлаш имкониятини капилляр колонкаларда анализ қилиш орқали амалга оширилади. Қўзқалмас фазалар сифатида одатда сквалан, октадецен-1, фталатлар, вакуум сурков мойи ва бошқалар ишлатилади. шу билан биргаликда колонканинг эффективлиги 100000-200000 назарий ликопчадан иборат бўлиши керак. 7-расмда 30⁰С да узунлиги 150 м бўлган октадецен-1 фазали колонкада олинган бензин фракциясининг хроматограммаси келтирилган.



7-расм. Узунлиги 150 м бўлган октадесен-1 фазази, 30°C да ушланган 125°C гача ҳароратда қайнаб кетувчи бензин фракциясининг хроматограммаси.

1-	изопентан;	25-	н-гептан;
2-	н-пентан;	26-	цис-1,2- диметилцикло-
3-	2,2-диметилбутан;		пентан;
4-	циклопентан;	27-	метилциклогексан;
5-	2,3-диметилбутан;	28-	этилциклогексан;
6-	2-метилпентан;	29-	2,2,3,3-тетраметилбутан;
7-	3-этилпентан;	30-	2,2- диметилгексан;
8-	н-гексан;	31-	этилциклопентан;
9-	метилциклопентан;	32-	2,5-диметилгексан;
10-	2,2-диметилпентан;	33-	2,4-диметилгексан;
11-	бензол;	34-	транс-, цис-1,2,4-триметил
12-	2,4-диметилпентан;		циклопентан;
13-	2,2,3-триметилбутан;	35-	толуол.
14-	циклогексан;	36-	Транс-, цис-1,2,3- триме-
15-	3,3-диметилпентан;		тилциклопентан;
16-	1,1-диметилциклопентан;	37-	3,3- диметилгексан;
17-	2-метилгексан;	38-	2,3,4- триметилпентан;
18-	2,3-диметилпентан;	39-	
19-	цис-1,3- диметилцикло	40-	
	пентан;	41-	2,3-метилпентан;
20-	3-метилгексан;	42-	2,3-диметилгексан;
21-	транс-1,3-диметилцикло	43-	цис, транс-1,2,4- триме-
	пентан;		тилциклопентан;
22-	транс-1,2-диметилцикло	44-	цис, транс-1,2,3- триме-
	пентан;		тилциклопентан;
23-	3-этилпентан;	45-	3,4-диметилгексан;
24-	2,2,4-триметилгексан;	46-	2-метилгептан;

- 47- 4-метилгептан;
- 48- 3,3- метилэтилпентан;
- 49- цис, транс-1,2,4- триметилциклопентан;
- 50- 3-этилгексан;
- 51- 3-метилгептан;

- 52- 1,1-диметилциклогексан;
- 53- транс-1,4-диметилциклопентан;
- 54- транс-1,3-диметилциклогексан;
- 55- транс-1,3-этилметилциклопентан;
- 56- транс-1,2-этилметилциклопентан;
- 57- цис-1,3-этилметилциклопентан;
- 58- 1,1-этилметилциклопентан;
- 59- цис-, цис-1,2,3- диметилциклогексан;
- 60-
- 61-
- 62- н-октан;
- 63- цис-1,4-диметилциклогексан;
- 64- изопропилциклопентан.

Берилган хароратни қатъий ушлаб туриш лозим, чунки унинг катта бўлмаган ўзгариш оқибатида моддаларни бир-биридан тўлиқ ажралиши, хаттоки чўққиларнинг чиқиш тартиби ҳам ўзгариб кетиши мумкин. Бензин фракциялари компонентлари углеводородларнинг ушланиш индекслари қийматлари асосида идентификация қилинади.

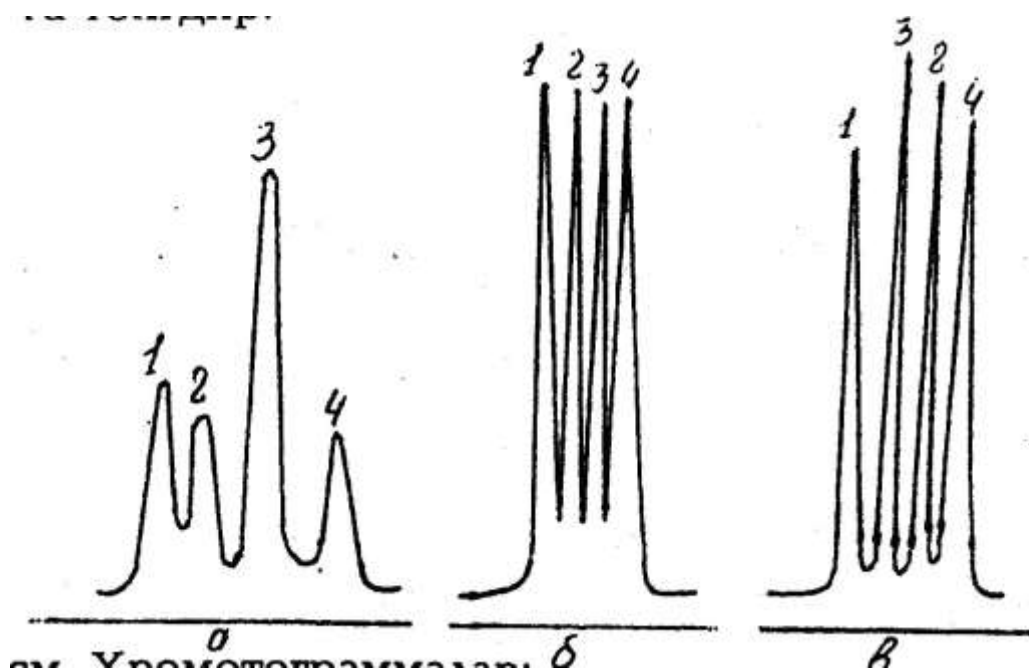
Ароматик углеводородлар.

Ксилоллар, этилтолуол ва бошқа ароматик углеводородларни насадкали колонкаларда ажратиш учун кўзғалмас фаза сифатида бентонитларни органик хосилалари (бентон) ёхуд сувоқ кристалларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир. Мортимер ва Джентлар кўрсатганидек 99,9% тозаликдаги м- ва п-ксилолларни скваланли колонкада (76⁰С даги хажмлар ушланиш нисбати 1,015 га тенг) ажратиш учун эффективлиги 100000 назарий ликопчага тенг бўлган колонка талаб қилинади. 7,8-бензохинолинли (хажмлар ушланиш нисбати 1,080) колонкада эса зарур бўлган эффективлик 8500 назарий ликопчадан иборат бўлади. Бентонит-34 солинган колонканинг эффективлиги (70⁰С даги келтирилган хажмлар ушланиш нисбати 1,265) шу вақтнинг ўзида фақат назарий ликопчадан таркиб топган бўлиши мумкин.

Бентонни камчиликлари сифатида м-ксилолни кучли ушлаб қолишини ва бунинг оқибатида уни о-ксилолдан ёмон ажралишига олиб келишини айтиб ўтиш жойиздир. Шу сабабли Монтимер ва Джентлар бентонни сили-

кон мойи билан аралашмасини ишлатдилар. Ҳамма тўрттала C₈-алкилароматик углеводородларни эквикритериал ажратиш учун қўзқалмас фаза сифатида 60 оқирлик % да бентон-34 ва 40 оқирлик % да динонилфталат ишлатиш тавсия этилади (8а-расм). Ароматик изомерларни ажратишда юқори селективликка эга бўлган бентон-245 ҳам кўрсатилган (8б-расм).

Суюқ кристаллик хусусиятга эга бўлган қўзқалмас фазалар юқори селективлик билан бир қаторда мета-пара C₈-алкилбензолларни етарли даражада бир-текис ажралишларини таъминлайди ва шу боисдан якка тартибдаги қўзқалмас фаза сифатида қўлланилиши мумкин. 8а-расмда 20% ли п,п` – метоксиэтоксизоксибензолли хромсорб Р ли, узунлиги 3 метрли колонкада 93⁰С да олинган хроматограмма келтирилган. Азотнинг тезлиги 40 мл/ мин бўлгандаги анализ давомийлиги 15 минутга, п- ва м-ксилоллар ушланиш ҳажмлари нисбатлари 1,125-1,13 га тенгдир.



8-расм. Хроматограммалар:

а) 75⁰С да, бентон-34 ва динонилфталат аралашмаси билан модификация қилинган хромсорб тўлдирилган колонкада;

б) 75⁰С да, бентон-245 ва вазелин мойи аралашмаси билан модификация қилинган хромсорб тўлдирилган колонкада;

в) 93⁰С да, п,п`-метоксиэтоксизоксибензол билан модификация қилинган хромсорб тўлдирилган колонкада.

1 – этилбензол.

2 – пара-ксилол.

3 – мета-ксилол.

4 – орто-ксилол.

Бентонлар ва суyoқ-кристаллик қўзғалмас фазаларни бициклик ароматик углеводородларни анализ қилишда ҳам ишлатиш мумкин.

Масалан, изомерли диметилнафталинларни ажратиш учун умумий узунлиги 7 м бўлган полиэтиленгликол-200 ва п,п`-азоксифенолли колонкалардан фойдаланилган.

Изомерли ароматик углеводородларнинг мураккаб аралашмалари капилляр колонкаларда ҳам анализ қилинади. Масалан, моно- ва бициклик ароматик углеводородларни анализ қилишда қўзғалмас фаза сифатида м-бис (м-феноксифеноксibenзол) олифенил эфири ҳам ишлатилади; сквалан ҳам ишлатилиши мумкин.

ЮҚОРИ САМАРАЛИ СУЮҚЛИК ХРОМАТОГРАФИЯСИ (ЮССХ)

Замонавий юқори самарали суyoқлик хроматографияси (ЮССХ) (юқори босимли суyoқлик хроматографияси) 70-йиллардан бошлаб ривожлана бошлади. Янги усулни ишлаб чиқилишига сабаб, биринчидан, юқори температурада қайнайдиган ($>400^{\circ}\text{C}$) моддаларни анализ қилишнинг зарурлиги ёки турғун бўлмаган моддаларни газ хроматографияси ёрдамида ажратиб олиб бўлмагани учун, иккинчидан, ажратиш тезлигини ошириш ва колонкали суyoқлик хроматографиясини самарадорлигини ошириш билан боғлиқ. Бунинг учун ички диаметри кичик (2-6 мм) бўлган колонка қўлланилган; масса алмашинувини тезлатиш учун сорбентнинг зарраларини диаметри (5-50 мкм) кичрайтирилди, бу эса ўз навбатида колонкага киришда босими 0,5-40 МПа гача ошишига олиб келди. Саноатда чиқарилаётган суyoқлик хроматографлари 10^{-9} - 10^{-10} г моддани аниқлай оладиган юқори таъсирчан детекторлар билан таъминланган.

Анализнинг ўта юқори тезлиги, аниқлашнинг энг паст чегараси, колонканинг юқори самарадорлиги, (газдан ташқари) хар қандай моддани аниқлаш имконияти юқори самарали суyoқлик хроматографияси тез ривожланишига олиб келди.

ЮССХ да газ хроматографиясидаги ҳамма механизмлар (адсорбция, ажралиш, ион алмашинувиш ва бошқалар) иштирок этиши мумкин. Ажратиш механизmidан қатъий назар, ЮССХ да харакатланувчи фаза – суyoқлик.

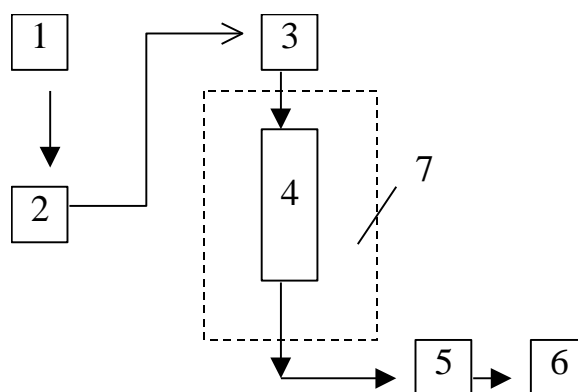
Икки вазиятда кенг ёритилган суюқлик-адсорбцион хроматографияси устида тўхталиб ўтамыз: Нормал-фаза (НФХ) ва юзланган фазали (ОФХ) – харакатчанг ва харакатсиз фазанинг кутблилигига боқлик холда.

НФХ да кутбли адсорбент ишлатилади (масалан, силикагел), элюент – кутбланмаган (гексан), ажратиладиган моддалар – кутбли. ОФХ да адсорбент сифатида кутбланмаган адсорбент қўлланилади (юзасига алкил занжирили углеводород (C_6-C_{18}) киритилган силикагел), элюент кутбли (спиртлар – сув) ажратиладиган моддалар – хохлаган модда.

Амалий ажратиш учун текширилайётган модда колонкада ушлаб қолинмайдиган моддага нисбатан 2-10 марта кучлироқ ушланиб қолишини ўзи етарлидир.

Колонканинг назарий тарелкалар сонини $N=16(t_R / \mu)^2$ тенглама орқали ҳисобланади. ЮССХ да назарий тарелкалар сони 10^6 гача етиши мумкин, бу эса колонканинг юқори самарадорли бўлишига олиб келади.

Суюқлик хроматографиясининг принципиал схемаси еттита блоклар билан ифодаланган (расм 9).



9-расм. Юқори босимли суюқлик хроматографиясининг блок схемаси.

1. Элюент учун идиш. 2. Насос. 3. Дозатор. 4. Колонка. 5. Детектор. 6. Регистратор. 7. қоқоз устидаги хроматограмма – термостат.

Градиентли чиқаришни газ хроматографиясидаги температурани программалаштириш аналогичи деб қараш мумкин.

Элюент таркиби детектор ёрдамида узлуксиз текшириб турилади.

Суюқлик хроматографларида детекторларни қуйидаги гуруҳларга бирлаштириш мумкин: 1) оптик детекторлар ҳамма қўлланиладиган детектор-

ларни 92% ини ташкил этади. (абсорбцион, люминесцентли, рефрактометрлар); 2) электрохимический детекторлар (потенциометрли, электр ўтказувчанлик бўйича, амперметр ва бошқалар); 3) бошқа детекторлар (транспортли, газли, микроадсорбцион).

Хроматографни ишга туширилиши ва иш режимига келтириш хар бир марка приборни йўриқномасига мувофиқ амалга оширилади. Прибор қуйидагича ишлайди. Юқори босимли насос термостатга жойлаштирилган колонка орқали элюент оқимини бошқаради. Кран-дозалар орқали шприц билан элюент оқимига анализ қилинадиган (проба) ларда юборилади ва бу вақтда элюент оқими беркитилади (ёки беркитилмайди) прибор конструкцисига боғлиқ холда. Модда юборилганидан кейин элюент 12 МПа гача босим билан колонкага берилади ва аралашма компонентларга ажралади. Оқим колонкадан чиққандан сўнг детекторга тушади ва у ерда аралашманинг хар бир компонентини оптик зичлиги қайд этилади. Хроматография чўққилар электрон автоматик, электрон потенциаллар билан ёзилади.

Таксимлайдиган хроматография.

Қоғозда таксимловчи хроматографияда моддаларни ажралиши икки суюқ фаза орасидаги таксимланишдаги фарқ туфайли амалга ошади. У фазалардан бири харакатчан (органик эритувчилар аралашмаси), бошқаси эса – харакатланмайдиган фаза бўлиб у хроматографик қоғоз толаларидаги сувдир.

Моддаларни ажралишини асосий характеристикаси бўлиб хроматографик қоғоз тасмасидаги модданинг зоналардаги хароратини кўрсатишидир: бу фактор R_f бўлиб, эритувчи ва доғнинг харакатланиши фронтлари (ёки масофа) тезлигининг бир-бирига бўлган нисбати орқали аниқланади:

$$R_f = l/L$$

бу ерда: l - старт чизиқидан зона ўртасигача бўлган масофаси, см;

L - эритувчининг старт чизиғидан фронт чизиғигача бўлган масофаси, см.

Ионалмашувчи хроматография

Ионалмашувчи хроматография сорбентларда ионлар аралашмасини ажратувчи динамик услубдир. Сорбентлар ионалмашувчи модда деб аталади.

Электролитнинг анализ қилинаётган эритмаси ионалмашувчи сорбент орқали ўтказилганда гетероген кимёвий реакция натижасида ионалмашувчи сорбент таркибига кирувчи ионлар билан эритмадаги ўша хилдаги зарядлар стехиометрик эквивалент миқдорда ўрин алмашади.

Ионалмашиниш цикли ионларга сорбентда ютилиши (сорбция) (харакатланмайдиган фаза) ва ионларни сорбентдан ажратиб олиш (десорбция). Ионларни ажралиши ион алмашувчи сорбентга турли хил мойиллиги туфайли ва колонкада компонентларнинг тезликларини фарқи ҳисобига тақсимланиш коэффициентларини миқдорларига монанд бўлади.

Ионалмашувчилар органик ва ноорганик моддалар, табиий ва синтетик моддалар бўлиши мумкин.

Хозирги вақтда синтетик органик ионалмашинувчилар кенг қўлланилади. Ионалмашувчилар сунъий смолалар асосида олинади.

Бу сорбентлар сувда ва органик эритувчиларда эримайди ва юқори ион алмашувчи юзага, танлаб олиш, кимёвий, термик ва механик мустахкамликка эга. Ионалмашинувчилар катион- ва анион алмашувчига бўлинади.

Гел-хроматография

Гел-хроматография (ёки гел-ичига кирувчи хроматография) суюқлик хроматографиясининг бошқа вариантларидан биридир.

Бу усулда эриган модда гел гранулаларини атрофини қуршаган эркин эритувчи ва гранула ичидаги эритувчилар орасида тақсимланади. Гел структураланган бўккан системадир. У турли ўлчамдаги ёриқларга эга. Бу хроматографияда моддаларнинг ажралиши ажраладиган моддаларнинг молекулаларини размерларини нисбатига ва гел ёриқларининг ўлчамларига боғлиқ. Молекула ўлчамидан ташқари гел-хроматографияда молекуланинг шакли катта рол ўйнайди. Айниқса, бу фактор полимерларни эритмаларида катта аҳамиятга эга. Масалан бир хил молекуляр массага эга бўлган молекулалар турли хил шаклларни эгаллайди (сферик, глобуляр ва бошқа).

Гел тўлдирилган колонкалардан аралашма компонентлари ўтказилганда моддалар молекуляр массаларига қараб тақсимланади: биринчи бўлиб энг катта молекулалар ювилади, айниқса гел ёриқларидан катта ўлчамдаги молекулалар ювилади, чунки улар гел ёриқларига кира олмайди ва ташқарида қолади. Майда молекулалар гел ичига кириб ажралиш жараёни диффузия коэффициентига боқлиқ (\bar{D}).

Эйнштейн тенгламасига мувофиқ диффузия коэффициенти заррача радиусига тескари пропорционалдир:

$$\bar{D} = RT / (G\eta N_A)$$

бу ерда: η - мухитнинг қовушқоқлиги.

N_A – Авогадро сони.

Гел-хроматография учун мақсадга мувофиқ холда гидрофил ва гидрофоб сорбентлар ишлатилади.

Гидрофил сорбент сифатида динитрил геллари (сефадекс ва молселектлар), полиакриламид геллар (биогеллар), оксилкилметакрилат геллар (сеферонлар ва бошқалар).

Фойдаланилган адабиётлар

1. Перри Б.В. Практическое руководство по жидкостной хроматографии. – М.: Мир, 1974, 259 с.
2. Практикум по физико-химическим методам анализа / Под ред. О.М.Петрухина. – М.: Химия, 1987, 248 с.
3. Ионин Б.И., Ершов Б.А., Кольцов А.И. ЯМР спектроскопия в органической химии. Л.: Химия, 1983, 201 с.

Асосий адабиётлар

4. Казицина Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектропии в органической химии. – М.: изд. МГУ, 1979.
5. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования химии. Т.1. М.: Высшая школа, 1987, т.2, 1989.
6. Паперно Т.Я., Поздняков В.П., Смирнова А.А., Елагина А.М. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии. – М.: Просвещение, 1977.
7. Сергеев Н.Н. Спектроскопия ЯМР. – М.: МГУ, 1981.
8. Терентьев Л.И. Масс-спектропия в органической химии. – М.: Наука, 1984.
9. Гольберт К.А., Вигдергауз М.С. Курс газовой хроматографии.. – М.: Химия, 1978, 374 с.
10. Энгельгарт Х. Жидкостная хроматография при высоких давлениях. – М.: Мир, 1980. 245 с.

Кўшимча адабиётлар

1. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических соединений. – М.: Высшая школа, 1994.
2. Айвазов Б.В. Основы газовой хроматографии. – М.: Высшая школа, 1977, 182 с.
3. Перри Б.В. Практическое руководство по жидкостной хроматографии. – М.: Мир, 1974, 259 с.
4. Практикум по физико-химическим методам анализа / Под ред. О.М.Петрухина. – М.: Химия, 1987, 248 с.
5. Ионин Б.И., Ершов Б.А., Кольцов А.И. ЯМР спектроскопия в органической химии. Л.: Химия, 1983, 201 с.