

1921
Ш.М.КАМОЛХҶАЕВ

ТАБИАТШУНОСЛИК АСОСЛАРИ



5) ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ЎРТА МАХСУС, КАСБ-ҲУНАР ТАЪЛИМИ МАРКАЗИ

ЎРТА МАХСУС, КАСБ-ҲУНАР ТАЪЛИМИНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИНСТИТУТИ

Ш. М. КАМОЛХЎЖАЕВ

ТАБИАТШУНОСЛИК АСОСЛАРИ

*Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлиги томонидан ўқув қўлланма сифатида тавсия этилган*

ТОШКЕНТ — «МОЛИЯ» — 2002

Ш. М. Камолхужаев. Табиатшунослик асослари. Ўқув қўлланма. Тошкент, «Молия» нашриёти, 2002 йил, 332 б.

Мазкур қўлланмада табиий-илмий ва гуманитар маданиятларнинг узаро боғлиқлиги, табиатшунослик тарихи, ҳозирги замон табиатшунослиги қиёфаси, унинг ривожланиш тарихи содда ва лўнда қилиб баён қилинган. Шу билан бир қаторда табиат тўғрисидаги тасавурларнинг микродунёдан макродунёгача ривожланиш йули ҳам содда қилиб ёритилган.

Қўлланма менежмент (соҳалари буйича) бакалаврлари ҳамда академик лицей ва касб-хунар коллежлари талабалари учун мўлжалланган.

Тақризчилар: ЎзМУ профессори, биология фанлари доктори **М. Н. Валихонов**,
Давлат тест маркази «Кадрлар тайёрлаш сифатини назорат қилиш, педагог кадрлар ва таълим муассасалари аттестацияси» бошқармасининг бош эксперти, педагогика фанлари доктори, профессор **Ю. Ф. Маҳмудов**,
Тошкент кимё-технология институти физика кафедраси доценти, физика-математика фанлари номзоди **Х. А. Ризаев**
Тошкент Давлат Техника университети қошидаги академик лицейнинг физика ўқитувчиси педагогика фанлари номзоди, доцент **В. Х. Холмухамедова**
Тошкент касб-хунар коллежи директори муовини **Р. Х. Бойбекова**

© Ўзбекистон Республикаси
Банк-молия академиясининг
«Молия» нашриёти, 2002.

СЎЗ БОШИ

Республикамизнинг мустақил тараққиёт йўлига ўтганидан бошлаб юқори малакали кенг қамровли билимга эга бўлган мутахассисларга эҳтиёжи ортмоқда. Шундай мутахассисларни етиштириш учун ўқув ускуналари, ўқув ашёлари билан бир қаторда, талабаларни ўқув қўлланмалари билан таъминлаш зарур вазифа бўлиб қолмоқда.

Ҳозирги замонда табиатшуносликнинг турли соҳалари гуркираб ўсмоқда аммо илмталаб технологиялар бўлмиш микроэлектроника, энергетика ва экологиялар давлат ва кенг жамоатчиликни диққат эътиборида турибди. Шундай экан жамият учун долзарб бўлиб турган масалаларни ёритиш ва талабаларда табиий-илмий тафаккурни шакллантиришга уриниш тарзида табиатшунослик асосларидан тайёрланган қўлёзма юзага келди.

Табиатшунослик асослари ўқув қўлланмасидаги табиий-илмий билимлар нафақат бўлгуси иқтисодчилар, ҳуқуқшунослар, менежерлар, ишбилармонлар ва юқори малакали мутахассислар учун зарур бўлмай, балки барча маърифатли одамлар учун зарурлигини таъкидлашни истардик. Бу қўлёзма муаллифнинг узоқ йиллар давомида иқтисод-муҳандислик факультетида ўқиган маърузалари асосида юзага келган. Ушбу матнлар тўпламини нашрга тайёрлашда муаллиф «Экспериментал физика» кафедрасининг доценти М. Ш. Ҳиддарова ва катта ўқитувчи Ш. А. Толиповага, шунингдек, биология фанлари доктори, профессор М. Н. Валихонов, педагогика фанлари доктори, профессор Ю. Маҳмудов, физика-математика фанлари номзоди, доцент Х. А. Ризаевларга уларнинг қимматли маслаҳатлари учун миннатдорчилик билдиради. Шунини қарамасдан, мазкур ўқув қўлланма биринчи марта тайёрлашганлиги сабаб, баъзи камчиликлардан ҳоли бўлмаслиги ҳам мумкин. Шунинг учун муаллиф ўқитувчи ва талабаларнинг мити тўғрисидаги фикр ва мулоҳазаларини мамнуният билан қабул қилади ва улар мазкур қўлланманинг янада мукаммаланишига асос бўлиб хизмат қилади, деб умид қилади.

КИРИШ

XX асрнинг охирига келиб, табиий фанлар интеграцияси ўзига хос хусусиятли бўлиб қолди. Биринчи навбатда фанлараро тадқиқотлар тенденцияларининг кенг ривожланиши туфайли «гибрид» фанлар (биокимё, геофизика, биофизика, геокимё ва ҳоказо) кибернетика ва тизимлар умумий назарияси типидagi интегратив фанлар шаклланиши рўй берди. Табиатшунослик жуда кўп, хилма-хил, яъни физика, кимё, биология, астрономия каби фанлардан таркиб топган бўлиб, улар эса ўзларига хос бўлган фан соҳаларини сифат жиҳатдан ўрганадилар.

Шунинг учун «Табиатшунослик асослари», деган фан талабалар онгида илмий дунёқарашни шакллантиришга ёрдам бериши ва микродунёдан коинотгача ва ундан инсонгача табиатнинг ривожланиш қонуниятлари ва имкониятларини англаб етишга кўмаклашади.

Гап бу ерда физика, кимё, биология ва астрофизика асосларини ўрганиш ва ҳозирги замон табиатшунослигининг ривожланиш йўналиши тўғрисида тасаввур ҳосил қилиш устида бормоқда. Талабаларни ўқитиш жараёнида улар табиатшунослик соҳасида ўз дунёқарашларини асослай билиш маҳоратига эга бўлишлари ва ҳозирги замон илмий усулларидан фойдаланиб, олинган назарий билимлар ёрдамида касбий масалаларни ечиш имкониятига эга бўлишлари керак.

Агар табиатшуносликнинг турли соҳаларида узоқ йиллар давомида йиғилган илмий материалларнинг барчаси батафсил баён этилса, жуда катта ва қалин китоб бўлар эди, бу балки фойдалидир. Ҳатто табиий-илмий йўналишдаги тор доирадаги мутахассислар учун ҳам мазкур китоб фойдали бўларди, шундай экан, энди гуманитар йўналишдаги мутахассислар тўғрисида бу китобнинг аҳамияти ҳақида гапирмаса ҳам бўлади. Шунинг учун «Табиатшунослик асослари» китобидан бўлғуси касби табиатшунослик соҳаларининг бири бўлмаган талабалар фойдаланиши учун унинг матни қисқа, лўнда ва содда тилда ёзилган бўлиши керак. Бунда энг рационал ёндошиш — юқорида зикр этилган фанларнинг асосий ғоялари билан талабаларни атрофлича та-

иништирини Уринли бўлади. Бундай ёндошиш нафақат талаба томонидан ўрилмилаётган ҳодиса ва табиат қонунларини, шунингдек табиатшуносликнинг ривожланишини тушуниши учун ҳам фойдалидир. Шу билан бирга ҳозирда табиатшуносликнинг энг истиқболли йўналишини аниқлаш ва унинг асосида фан янгиликларига асосланган технологиялар ривожлантирилдики, бу эса Ул интибагида аҳолининг турмуш даражасини кўтаришга ва табиатни сариб-авайлашга туртки бўлади.

Табиатшунослик асосларини билиш талабаларнинг танлаган касбларидан қатъий назар, уларга микродунё ичига киришга ва коинотни ўзлаштириш ҳозирги замон илмий тилқиқоғлари қанчалик катта маънавий, моддий ва ақлий меҳнат талаб этилишини билдиради. Жумладан, ҳозирги замон телени юрларининг юқори сифатли тасвири қандай меҳнат эвазига, шахсий компьютерларни мукаммаллаштиришнинг йўллари қандай ва табиат муҳофазаси муаммолари фавқулудда қанчалик муҳим эканлигини тушуниш ва тасаввур этишга ёрдам беради.

Табиий-илмий ва гуманитар маданиятлар

Ҳозирги замон «Табиатшунослик асослари» фани табиат гўрисидаги билимлар мажмуаси тарзида вужудга келди. Мазкур билимларнинг намоён бўлиши инсоният умуммаданияти контекстида эса яғонадир.

Маданият тушунчаси асосида турли хил кўринишлар белгиладилди. Унга ўсимликлар турлари, селекция ишлари жараёнида мухталиссислар томонидан яратилган ўсимликларнинг янги навлари, инсоннинг ақлий, жисмоний, маънавий сифатларини мукаммаллаштириш жараёнлари, халқларнинг урф-одати, анъаналари, диний эътиқоди ва турмуш тарзлари тўплами: инсониятнинг тарихида яратилган ва авлодларнинг ҳаёти давомида доимо қайта тикланиб турадиган борлиқнинг алоҳида табиатга алоқаси бўлмаган турлари киради.

Маданиятнинг дастлабки белгиси табиат билан инсон муносабати орқали аниқланади. Агар маданият одамлар томонидан ўз эҳтиёжини қондириш учун янгидан яратилган ёки қайта ишланган бўлса, у ҳолда объект маданий реаллик мулкидан иборат бўлади. Шу контекстдан келиб чиқиб «инсоният томонидан яратилганларни барчаси маданиятдан иборатдир» деган

фикрни билдириш мумкин. Маданиятни ўзига хослигининг кенгайган мазмуни шундай экан.

«Маданият» тушунчасини тушунтириш йўлларида бири — уни инструментиалистик талқинидан иборат. Маданият инсонларнинг фаолият воситалари тизими бўлиб, у туфайли гуруҳлар, индивидлар фаоллиги рағбатлантирилади, амалга оширилади, дастурлаштирилади, инсонларнинг бир-бири билан ҳамда уларнинг табиат билан ўзаро таъсирлашуви фаоллашади. Мазкур воситаларни инсон яратади, уни доимо мукамаллаштириб боради. Маданият мазмуни жиҳатидан уч турга: моддий, маънавий, ижтимоий маданиятга бўлинади.

Моддий маданият — жамият ва инсонни борлиқ воситаларининг моддий энергетик тўпламидир. У турли-туман омилларни ўз ичига олади: меҳнат қуроли, фаол (актив) ва нофаол (пассив) техника, индивид ва аҳолининг жисмоний маданияти, жамият ва инсоннинг турмуш фаровонлигидан иборатдир.

Ижтимоий маданият ижтимоий фаолиятнинг махсус сфераларида турли хил кўринишдаги муносабатлар ва одамларнинг юриш-туришлари, муаммолари, хатти-ҳаракати қодалари тизмидир. У ўз таркибига касбий, ҳуқуқий, диний, дунёвий, маънавий, иқтисодий ва меъёрий фаолиятнинг бошқа кўринишларини олади.

Маънавий маданият — инсоният эришган умуммаданиятнинг таркибий қисмидир. У билимларнинг хилма-хил тизимидан, индивидларни фикрлаши ва руҳиятининг ҳиссий-иродавий сферасининг ҳолати, шунингдек, бевосита ифодалаш шакл-белгисидан иборат. Универсал белги — тил — табиий ва сунъий, товушли (нутқ) ва ёзмадан таркиб топган. Маънавий маданиятнинг асосий шакллари: одоб-ахлоқ, ҳулқ, дунёқараш, мафкура, санъат, илм ва бошқалардир.

Маънавий маданият кўринишларининг ҳар бири нисбатан мустақил турдан ташкил топган.

Фаннинг предмет соҳасида табиат тўғрисидаги билимлар тизими — табиатшунослик (табиий фанлар) ва индивид гуруҳ, давлат, инсоният (борлиқ)нинг мавжудлиги ҳақидаги позитив муҳим ўрин тутган қадриятлар ҳақидаги билимлар тизимидан иборат яққол кўзга ташланади. Ҳозирги замон табиий-илмий ва гуманитар маданиятнинг ҳар хил кўриниши мавжуд бўлиб, улар илмий асосланади.

Табиий фанларнинг табиатни ўрганиш миқёси чексиз-чекарасиз. У ўзига микро, макро ва мегадунё объектларини

қимраб олади. Бунинг маъноси шуки, табиатшунослик Ер ва Кoinнотни, органик ва ноорганик табиатни тадқиқ этади. Ноорганик табиат тўғрисидаги асосий фанларга физика, кимё, физик кимё, астрофизика ва уларнинг хилма-хил бўлинмалари кирди. Биологик фанлар мажмуаси тирик табиатни ҳужайрагача бўлган ситҳдан бошлаб, биосфера билан якунлайди. Ердаги моддаларнинг ўзига хослигини геология ва бошқа фанлар ўрганади. Кoinнот астрономия, астрофизика, астрокимёнинг ўрганиш объектидан иборатдир.

Қерда миқдорий қонуниятлар аниқланган бўлса, шу ердаги табиат борлигининг барча жабҳаларини математика тадқиқ қилади. Математиканинг усуллари жамият ҳақидаги фанларга ҳам сингиб кирган.

Гуманитар маданият этика, диншунослик, ҳуқуқшунослик, санъатшунослик, фалсафа ва адабиётшунослик, педагогика ва бошқа фанлардан олинган билимларга асосланади. Гуманитар фанларнинг тизим ҳосил қилувчи қадриятлари – гуманизм, эзгулик идеаллари, гўзаллик, мукамаллик, эркинлик ва бошқалардир. Бу қадриятлар одамларни мақсадга интилувчи фаолиятида муҳим аҳамиятга эга, чунки у инсонни эгоизм ҳолатидан ҳар томонлама ижтимоий ҳолатга кўтаради.

У ёки бу қадриятлар гуруҳи ва мос гуманитар маданият турлари хусусият жиҳатидаги ижтимоий мазмун билан гўлдирилиши мумкин. Уларнинг ижтимоий аҳамияти нисбий бўлиб, улар муайян тарихий даврда ўйнайдиган у ёки бу ролга мос равишда қарор топади. Масалан, Католизмнинг диний қадриятлари XI – XIV асрларда Ғарбий Европа мамлакатларининг ижтимоий ҳаётида муҳим рол ўйнади. Ҳозирги вақтда эса бу давлатларда сиёсий ва ҳуқуқий қадриятлар устун бўлмоқда (демократия, инсон ҳуқуқи ва ҳ.к.).

Шуни таъкидлаш жоизки, ягона гуманитар маданиятда ҳам, гуманитар билимларни ўзида ҳам субъектнинг манфаати жиддий равишда тақдим қилинган. Шунинг учун битта ижтимоий ҳодисанинг худди ўзини у ёки бу одам, гуруҳлар, давлатларнинг позитивлик баҳоси ва тушүниб етишининг турли вариантлари бўлиши муқаррар. Гуманитар маданиятнинг ўзига хослиги ҳам худди шундан иборатдир.

Табиий-илмий маданият кўпинча олимнинг субъективизмининг истисно этади. Табиий-илмий маданиятнинг хусусияти шундан иборатки, табиат тўғрисидаги билим доимо такомилланиб боради, юқори даражадаги объективлиги билан ажралиб

гуради, у инсонлар ва жамият мавжуд бўлиши зарур бўлган, инсонлар билими массивининг энг ишончли қатламини ташкил этади. Бундан ташқари, бу жуда чуқур махсус билимдир. Гуманитар маданиятнинг ўзига хослиги шундаки, индивиднинг муайян ижтимоий гуруҳга алоқадорлигини эътиборга олган ҳолда жамиятдаги қадрият тизими ҳақидаги боғлиқликни билишдан иборатдир. Кўпинча долзарблаштириш асосида умуминсоний қадриятлар (гуманизм, демократия, инсон ҳуқуқи, одоб-ахлоқ меъёри) ётади. Буларнинг ҳаммаси индивиднинг ижтимоий адаптациясида муҳим рол ўйнайди.

Табиий-илмий ва гуманитар маданиятларнинг ўзаро боғлиқлиги қуйидагилардан иборат:

1. Улар такомиллашиш ва ўз жонини сақлаш учун оптимал шароит яратишда инсон ва инсоният манфаати ва эҳтиёжида ифодаланган ягона асосга эгадирлар.

2. Эришилган натижалар туфайли ўзаро алмашилиш амалга оширилади (масалан, бу табиатшунослик этикасида ўз ифодасини топган, гуманитар маданиятни рационаллаштириш ва ҳоказо).

3. Тарихий-маданий жараёни ўзаро координация қиладилар.

4. Илмий билим ягона тизимнинг мустақил бўлаги ҳисобланади.

5. Табиий-илмий ва гуманитар маданият инсон учун энг муҳим қадриятга эга, чунки у жамият ва табиатнинг борлигини ифодалайди.

Илмий методика

XX аср — илм асри. Унинг жамиятдаги обрў-эътибори мустақам ва барқарор. Илмга бўлган ишонч шу қадар кучлики, бир-бирларидан анча узоқ бўлсалар ҳам, биз баъзан «билим» билан «илмий билимни» фарқламай қоламиз. Турли-туман кўринишдаги илмлар мавжуд. (Масалан, амалий ҳаётий тажриба, эстетик таассуротлар, диний ваҳийлик ва бошқалар). Илм орқали олинган билим, бошқа кўринишдаги билимдан ўзининг тўлаллиги, асослиги, кўпинча фойдалилиги ва амалий кучи билан анча устунлик қилади.

Илмий услубнинг мазмунини оддийгина тасаввур қилиш мумкин: бу шундай илмий билим оладиган иш тартибики, уни такрор ишлаб чиқарилиши, текширилиши ва бошқаларга ўза-

тилиш имкони мавжуддир. Одамларни ҳар доим икки нарса қизиқтиради: илмий реаллик нима ва ундан қандай фойдаланиш мумкин? Услуб эса иккинчи типдаги саволларга жавоб беради ва кўп ҳолларда худди шу жавоблар ҳал қилувчи аҳамиятга эга бўлади.

Бир хитой ривоятида қандайдир саҳий балиқчи ўзи тутган балиқларни оч деҳқон билан баҳам кўришни лозим топибди. Деҳқон эса иккинчи, учинчи марта балиқ сўраб келганидан сунг, саҳоватпешалик билан муаммони ечиб бўлмаслиги, балки деҳқоннинг ўзини балиқ тутишга ўргатиш зарурлиги унга равшан бўлиб қолибди. Балиқ тутишни ўргатиш услубни бериш, яъни деҳқоннинг амалий фаолиятида зарур бўладиган қонун ва қоидалар тизими билан таништиришдан иборатдир.

Билиш фаолиятида ҳам худди шундай. Илм қандай олиншини билиш — демак, хоҳловчиларга имконият яратиш, биринчидан, аллақачон мавжуд бўлган билимларни такрор текширгач унинг ишончлилигини белгилаш, иккинчидан, янгисини олишдир.

Фан бошқа шаклдаги ижтимоий онглاردан шуниси билан ҳам ажраладики, унда янги билим олиш услубияти мустақил таҳлил ва очиқ муҳокама мавзусидан иборат бўлиб қолди. Нагигада «илмий билиш методологияси» деган мустақил фан вужудга келди.

Борлиқнинг илмий тамойиллари табиатнинг дуализми, сабабий ҳақиқат мезони ва илмий билишнинг нисбийлигидан иборатдир.

Борлиқни ҳар қандай илмий билиш асосида табиий-илмий ҳамда олимнинг мураккаб ижодий жараёни ётади. Мазкур жараён энг аввало ижодий таҳлил ёки Пуанкаре айтганидек, нафақат онгли, балки ғайришуурий элементларнинг алмашинишини ўз ичига олади. Ғайришуурий элементларнинг ижодий жараёнга таъсирини кўрсатиш (тасдиқлаш) учун А. Пуанкаре мисоллар келтиради. Масалан, кўп самарасиз уринишлардан кейин маълум муддатга иш ташлаб қўйилади, сўнгра тўсатдан масалани ечиш ғояси келиб қолишини Пуанкаре айтади.

Ижодий жараённинг онгли ва ғайришуурий элементлари гуфайли, ҳаттоки фақат битта илмий муаммони турли олимлар ечишга уринганларида ҳам уларнинг индивидуал ёндошишлари кўзга ташланади.

Илмий масалалар ечишнинг индивидуаллигига қарамасдан, илмий билим олиш учун Декарт усули мазмунини ташкил этувчи

ва илмий тадқиқот жараёни асосида ётувчи баъзи бир умумий қоидаларни айтиш мумкин:

1. Аниқ ва равшан тасаввур этилмагунча ҳеч нарса ҳақиқат тарзида қабул қилинмаслиги керак.

2. Қийин саволларни ечиш учун уни қанча зарур бўлса, шунча қисмга (бўлакка) ажратиш керак; тадқиқотни энг содда нарсадан бошлаб секин-аста қийин ва мураккабларини билишга ўтиш керак.

3. Бирон нарса қолиб кетмаганлигига ишонч ҳосил қилиш учун барча тафсилотларга тўхтаб ўтиш ва барча нарсаларга диққат-эътиборни жалб қилиш керак.

Мазкур қоидалар табиий-илмий ва гуманитар билимларга ҳам бир хил даражада қўлланилади. Аммо кўпинча тажрибали олимлар «табиий фанларнинг муҳим истиқболли роли реал борлиқни билишда» деб биладилар.

Табиатшуносликнинг вазифаси – табиий ҳодиса ва жараёнлар тўпламини тавсифлаш, тизимлаш ва тушунтиришдан иборатдир.

«Тушунтириш» сўзининг ўзи фан методологиясида тушунтиришни талаб этади. Кўп ҳолларда у «тушунмоқ» деган мазмунга эга. Одатда одам «мен буни тушунаман» деганда нимани назарда тутади? Умумий қоидага кўра, «бунинг қаердан келганини мен биламан ва нимага олиб келишини биламан» дегани бўлади.

Сабабият-оқибатий боғлиқлик: сабабият–ҳодиса–оқибат шундай ҳосил бўлади. Жуда кўп ҳодисаларни қамраб олган атрофдаги борлиқ кенгайиши ва кўп ўлчамли структурани ҳосил бўлиши мантиқли қарашлар билан тушунтирилади. Шунингдек, аксиоматик теоремаларда чиқариладиган хулосалар илмий назариянинг асоси бўлиб хизмат қилади. Исталган математика фани шундай схема асосида кўрилади: Масалан, «Тўплам назарияси», «Евклид геометрияси» илмий назарияга мисол бўла олади. Назарияни яратиш, албатта, алоҳида илмий тилни ҳосил қилишни талаб этади, бунда махсус атамаларнинг мазмуни бир маъноли ва мантиқан қатъий қоидалар бўйича боғланган илмий тушунчалар тизимини юзага келтириши керак. Аммо табиатшунос олим фақат назарияни яратиш ёки фаразлар таклиф қилиш билангина шуғулланмайди, балки у назариянинг «ҳаётий» лигини тажрибада ҳам тасдиқлаши керак. Математика учун исботлаш – аксиомалар тизимидан теоремани мантиқан қусурсиз исботлашдан иборатдир. Агар аксиомалар ҳақиқий бўлса, у ҳолда теоремаларнинг

исбоги ҳам ҳақиқий деб тан олинади. Табиатшунос учун назариянинг исботланиши ҳақиқийлиги фақат тажрибада, экспериментда билинади. Шунинг билан табиий-илмий ҳақиқат математик ҳақиқатдан принципиал фарқ қилади.

Назария тажрибада текширилгандан сунг борлиқни билишнинг кейинги босқичи бошланади, унда билимимизнинг ҳақиқийлик чегараси ёки назария ва алоҳида илмий тартиботга қўллаш чегараси белгиланади. Берилган босқич объектив ва субъектив омилларга боғлиқдир. Энг муҳим омилларнинг бири бизни ўраб турган оламнинг динамизми ҳисобланади. Шу ерда Гераклитнинг оқилона сўзларини эсга олайлик: «Ҳамма нарса оқади, ҳамма нарса ўзгаради, дарёнинг худди бир ерига икки марта шўнғиб бўлмайди». Бошқа объектив омил исталган тажрибанинг моддий базаси ҳисобланган экспериментал техниканинг мукамал эмаслиги омили билан боғлиқ. Ҳақиқатни инсон қидиради, бунинг учун у назариялар яратади, экспериментлар ўтказди. Унинг сезги аъзоларини (орган) ва албатта интеллектуал қобилиятини мукамал деб бўлмайди (янглишиш инсонга хосдир). Худди шунинг ўзи борлиқни билишнинг субъектив омилдир. Табиий-илмий ҳақиқатни абсолют дейишга объектив ва субъектив омиллар бир маъноли тасдиқлаш имконини бермайди. Ҳар қандай илмий ҳақиқат нисбийдир, аммо у абсолют ҳақиқат элементларини ўз ичига олади. Академик В. И. Вернадскийнинг фикрига қўра, табиатшунослик асосида фақат илмий эмперик далиллар ва илмий эмперик умумлашмалар ётади.

Эмперик ёндошиш тажрибага асосланган бўлиб, у билишнинг ягона манбаидир. Илмий назария ва эксперимент ёки умумлашган кўринишда фан ва амалиёт — бу серқирра таянган иккита асосдир.

Фан ва илмсиз амалиётни севувчи гўё рулсиз ёки компасиз кемага чиққан кема бошлиғига ўхшайди, у ҳеч қачон қаёққа сузаётганлигини билмайди. «Илм — саркарда, амалиёт — аскар» деб ёзган эди гениал Леонардо да Винчи.

Хулоса қилиб, борлиқни илмий билиш тамоилининг иккитасини келтирамиз:

1. Сабабият. Сабабиятга биринчи бўлиб етарлича сермазмун гаърифни Демокрит берган: ҳеч нарса сабабсиз юзага келмайди, аммо ҳаммаси зарурият туфайли ва нимагадир таянган ҳолда юзага келади. Ҳозирги замон тасаввурига қўра, сабабият материянинг ҳаракати ва ривожланиши жараёнида алоҳида

турларнинг ҳолатлари ва шакллари орасидаги боғланишдир. Исталган объект ва тизимни, шунингдек вақт ўтиши билан уларнинг хоссаларининг ўзгариши, материянинг аввалги ҳолатлари бирор асосга эга бўлади; бу асослар «сабаб» деб аталади. Улар туфайли юзага келган ўзгаришлар эса «оқибат» дейилади.

2. Ҳақиқат мезони. Табиий-илмий ҳақиқат фақат амалиётда: кузатишларда, тажрибаларда, экспериментларда, ишлаб чиқариш фаолиятида текширилади. Агар илмий назария амалиётда тасдиқланса, унда у ҳақиқатга айланади. Табиий-илмий назария кузатиш, ўлчаш ва олинган натижаларга математик ишлов бериш билан боғлиқ бўлган экспериментда текширилади.

Одамлар ўлчашни ўрганганларидан сўнг табиий илм бошланди, аниқ фанларни ўлчашсиз тасаввур этиш мумкин эмас.

Илмий билишнинг нисбийлиги. Илмий билим (тушунчалар, ғоялар, концепсиялар, моделлар, назариялар, улардан келиб чиқадиган хулосалар) нисбий ва чеклангандир.

Олимнинг вазифаси — борлиқ билимларининг мослик чегарасини, яъни адекватлик интервалини белгилашдир. Масалан, Галилей-Ньютон механикасига асосланган классик механика — ёруғликнинг вакуумдаги тезлигидан кичик тезликли макроскопик жисмлар ҳаракатини тавсиф этади. Табиий-илмий билимлар нисбийлигининг муҳим белгиларидан бири кўп ҳолларда ўлчашларга асослаган экспериментда тасдиқлашдан келиб чиқади, ўлчашлар эса абсолют аниқ бўлмайди. Шунинг учун олимнинг вазифаси ноаниқлик интервалини белгилашдан иборатдир.

Ўлчашлар тартиби (процедураси) мукамаллаштирилса ва ўлчаш асбоблари модернизация қилинса, ўлчаш аниқлиги оширилади. Бунинг натижасида ноаниқлик интервали ҳам тораёди ва бунда экспериментнинг зарурий натижалари абсолют ҳақиқатга яқинлашиб боради. Аммо илмий назариянинг экспериментда тасдиқланиши абсолют ҳақиқат дегани эмас; илмий назариялар ривожланади, бойийди, уларнинг баъзи бир ҳолатларига аниқлик киритилади, баъзи бир қоидалар янгиси билан алмаштирилади.

Илмий революциялар ҳаракати ва табиати

Ҳозирда фан тарихида революция бўлганлиги ҳақидаги фикрни ҳеч ким инкор эта олмайди. Аммо «илмий» революция атамаси бунда турли маънога эга бўлиши ҳам мумкин. Унинг энг асосий талқини яккаю ягона революцияни тан олишдан иборат бўлиб, у нодонлик, хурофот ва бидъат устидан галаба қозонишдан иборатдир, аслини олганда бунинг натижасида эса илм бошланади.

Илмий революциянинг бошқа мазмуни унинг тезлашган эволюциядан иборатлигидир. Бунда исталган илмий назарияни фақат ўзгартириш мумкин, аммо рад этиб бўлмайди.

«Узлуксиз революциялар концепцияси» деб аталувчи энг гайриоддий нуқтаи назар К. Поппер томонидан ишлаб чиқилди. Уни узлуксиз революциялар концепцияси деб атадилар. Поппернинг сохталаштириш тамойилига кўра, рад этиш имкони бўлган назарияни илмий ҳисоблаш мумкин экан. Бунда жиддий рад этилганлик эртами-кеч долзарбга айланади, яъни назария муваффақиятсизликка учрайди.

Демак, К. Поппернинг фикрига кўра, фаннинг энг қизиғи шундаки, назариянинг ҳалокати туфайли янги муаммоларни келиб чиқишидир. Бир муаммодан бошқасига ўтиш фан ривожланишининг мазмунини ташкил этади.

Юқорида келтирилган фикрлар билан мунозарага кирмасдан аввал «илмий революция» тушунчаси мазмунини аниқлаб олайлик. Маълумки «революция» сўзи тўнтариш деган маънони англатади. Демак, у фанга қўлланилганда унинг барча элементларининг радикал ўзгариши омиллар, қонуниятлар, назариялар оламининг манзарасидир. Далил ўзгартириш нима дегани? Албатта, қатъий белгиланган омилларни ўзгартириб бўлмайди. Аммо фанда омилларни ўзи эмас, балки уларнинг галқини аҳамиятга эгадир. У ёки бу тушунтириш схемасига тушмаган омиллар фан учун қизиқ эмас. Фақат у ёки бу тушунтириш билан бирликдаги далил эса мазмун касб этади, фаннинг нонига айланади. Далилларни тушунтириш ёки талқин қилиш эса баъзан энг радикал ўзгаришларга учрайди. Кузатилаётган факт Куёшнинг осмон гумбази бўйича ҳаракатини бир неча хил талқин қилиш мумкин. Масалан, гелиоцентрик талқин қилишда бир тушунтириш усулидан бошқасига ўтиш худди илмий революциянинг ўзидир. Демак, далиллар учун тушунтириш схемасини назария берар экан.

Инсонга маълум табиат оламини тавсиф этувчи бир қанча назариялар тўплами мавжуддир. Коинотнинг илмий тузилиш манзараси умумлашган тизим тарзида юзага келган бўлса ҳам унинг радикал ўзгаришини ягона тарздаги энг катта кашфиётга ҳам таққослаш мумкин эмас. Шундай қилиб фан соҳасида кескин ўзгаришлар (революциялар) ҳақида фақат бутун коинотнинг илмий манзарасини ўзгариши ҳақида айрим тамойиллар, услублар ёки назариялардан ҳоли ҳолда фикр юритиб илмий билимларни барча элементлари умумлашган ҳолда бўлишини назарда тутиш керак. Бу олам тузилиши умумий қонунлар ва тамойиллари тўғрисидаги умумий тасаввурларнинг бир бутун тизимидан иборатдир.

Оламнинг илмий манзараси умумлаштирилган тузилма тизимидан иборат бўлганлиги туфайли унинг радикал ўзгариши ҳатто жуда улуғ ихтиро бўлса ҳам мустаққиликка олиб кела олмайди. Аммо мазкур ихтиро оламнинг илмий манзарасини ўзгаришга олиб келувчи илмий ихтиролар сериясини беришга қодир бўлган қандайдир занжир реакциясини юзага келтириши мумкин. Бу жараёнда энг муҳим ихтиролар фундаментал фанларда, хусусан космологияда кузатилади.

Оламнинг илмий манзарасини аниқ ва бир маъноли тубдан ўзгаришини қайд қилувчи қисмини умуман фан тарихида ва хусусан табиатшуносликда ажратиб кўрсатиш мумкин. Мазкур ҳодисаларни уларда сезиларли рол ўйнаган олимларнинг номларига боғлиқ равишда тавсифласак, унда дунё миқёсидаги учта илмий революция Аристотел, Ньютон ва Эйнштейн номи билан аталади.

Илмий революция деб аталувчи ўзгаришларнинг мазмуни билан қисқача танишайлик. Бизнинг эраимиздан олдинги VI-IV асрларда оламни ўрганишда биринчи революция амалга оширилади, бунинг натижасида фан дунёга келди. Мазкур революциянинг тарихий мазмуни шундан иборатки, оламни ўзлаштиришни ва билимни бошқа шакллардан фанни ажрата бошлайдилар, шунингдек маълум норма ва илмий билимни шакллантириш намунаси ҳам яратилади. Хусусан, қадимги юнон файласуфи Аристотел асарларида илм аниқ англаб етилган эди. Аристотел томонидан белгиланган илмийлик мезони (нормаси), тушунтириш намуналари, тавсифлаш ва асослашлар фанда 1000 йиллар давомида шак-шубҳасиз обрўга эга бўлиб келди, кўплари эса ҳозирда ҳам (масалан, формал мантиқ қоидалари) ўз аҳамиятини йўқотгани йўқ.

Оламнинг аниқ илмий манзарасининг энг асосий фрагменти олам сфераси ҳақидаги изчил таълимотдир. Ҷша даврнинг геоцентриزمи бевосита кузатилаётган «табиий» тавсифдан иборат эмас эди. Албатта бу номаълумликка қийин ва мардона қадим: космоснинг тузилишидаги бирлик ва қарама-қаршиликни йўқотиш учун кўринадиган осмон ярим сферасининг худди шундай кўринадиган антиподи мавжудлигини фарз қилишга имкон яралишидир, яъни Ер шарининг қарама-қарши томонида яшовчилар борлигини тан олишдир. Ернинг шарсимонлигининг ўзи жуда аниқ ва равшан эмас. Идеал текне иблагнаётган осмон сфераси ҳамда унинг Ер ва бошқа жисмлардан ташкил топган дейилган гоа илмий революциянинг асосий таркибий қисмидан иборат эди. Иккинчи глобал революция XVI-XVIII асрга тўғри келади. Унинг бошланғич нуқтаси оламнинг геоцентрик моделидан гелиоцентрик моделига ўгишидир. Бу шубҳасиз, илмий манзаранинг энг кўзга ташланарли белгиси ҳисобланади, лекин у даврда фанда юз берётган ўзгаришлар мазмунини кам акс эттирар эди (инъикоси ҳисобланарди). Уларнинг умумий мазмуни одатда формула ёрдамида аниқланади: классик табиатшуносликнинг шаклланиши. Мазкур классик табиатшуносликни яратганлар сафидан Н. Коперник, Г. Галилей, И. Кепплер, Р. Декарт ва И. Ньютонлар ўрни олдидлар.

Улар яратган фан антик фандан нимаси билан принципиал фарқ қилади? Тафовутлар оз эмас.

1. Классик табиатшунослик математик тилда гапира бошланди. Антик фан ҳам математикани қадрлар эди, аммо унинг қўлланилиш соҳасини “идеал” осмон сфераси билан чеклар эди. Ердаги ҳодисаларни эса фақат сифат жиҳатидан, яъни математикасиз тавсиф этиш ҳам мумкин, деб ҳисобларди. Янги табиатшунослик ердаги жисмларнинг қатъий объектив миқдорни характеристикалари (шакли, катталиги, массаси, ҳаракати)ни қатъий объектив ажратишни ва уларни қатъий математик қонуниятларда ифодалаш уддасидан чиқди.

2. Янги Европа фани қатъий назорат қилинадиган шароитларни ҳодисаларни экспериментал тадқиқ қилиш усулидан танич тонди. Бу энди ўрганилаётган табиатни кузатиш ва уни мулоҳаза асосида қайта тиклашдан иборат бўлмай, балки унга фиол ҳужумкор муносабатда бўлишни тақозо этади.

3. Классик табиатшунослик космос ҳақидаги “тамомила тугалланган гармоник дунё мукамаллик ва мақсадга муво-

фиқликка эга” деган аниқ тасаввурга аёвсиз зарба берди. Унинг ўрнига фақат қонунлари айнан ўхшашлиги бирлаштирган зерикарли чексиз ва мазмунсиз яшаётган коинот концепцияси келди.

4. Классик табиатшунослик ва янги давр барча илмининг ҳам доминанти механика бўлиб қолди. Табиат тўғрисидаги барча билимларни механиканинг асосий принципи ва тасаввурларига келтиришга интилувчи кучли тенденция юзгага келди. Бунда “муҳимлик” тушунчаларига асосланган илмий фикр ҳукмронликдан қўпол равишда чиқариб ташланди. Табиатнинг механик манзараси қарор топди.

Шартли равишда Ньютон механикаси деб аталувчи иккинчи глобал илмий революциянинг ўзига ҳослиги шундан иборат. Экспериментал математика — табиатшунослик асосида илмий оламнинг механик тавсифининг натижасидан иборатдир. Бу революциянинг умумий оқимида фан XIX асрнинг охирига қадар ривожланди. Мазкур вақт ичида жуда улуг ихтиролар қилинди, аммо улар таркиб топган оламнинг манзарасини фақат мураккаблаштирди, холос. Асосни ларзага келтирувчи, учинчи илмий революция XIX-XX аср чегарасида рўй берди.

Бу вақтда физикада қатор янги ихтиролар қилинди (атомнинг мураккаб структураси, радиоактивлик ҳодисаси, электромагнит нурланишнинг дискрет характери).

Улардан ҳосил бўлган дунёқарашликнинг асосий натижаси оламнинг механик манзарасининг асосий таянчига қақшатқич зарба бериш бўлди. Бунинг маъноси шуки, доимий объектлар орасида таъсир этаётган оддий кучлар ёрдамида табиатдаги барча ҳодисаларни тавсиф этиш мумкин ва буни очишдаги универсал калитни И. Ньютон қонунлари беради, деган қатъий ишончнинг пучга чиққанлигидир.

Илмий билимнинг янги парадигмасининг (парадигма — юнонча сўз бўлиб, илмий муаммони ечиш ва шу йўлда илмий текширишларни давом эттириш ҳақидаги тушунчадир) асосини ташкил этувчи энг улуг назариялар нисбийлик назарияси (умумий ва махсус) ва квант механикасидир. Биринчисини фазо, вақт ва тортишишнинг янги умумий назарияси тарзида баҳолаш мумкин. Иккинчи муаммо эса микродунё қонунларининг эҳтимолий характерини ва шунингдек материянинг фундаментида (асосида) бартираф қилиб бўлмайдиган корпускуляр-тўлқин дуализми ётганлиги билан боғлиқдир.

Мазкур назариянинг вужудга келиши билан оламнинг табиий-илмий манзарасида рўй берган принципиал ўзгаришларни қисқача таърифлаб ўтайлик.

1. Ньютоннинг табиий-илмий революцияси бошидан геоцентризмдан гелиоцентризмга ўтиш билан боғлиқдир. Ҳар қандай центризмдан принципиал воз кечиш А. Эйнштейн тунтаришининг мазмунидан иборат. Дунёда имтиёзга эга бўлган ва ажратиб қўйилган саноқ системаси йўқ. Уларнинг бирчаси тенг ҳуқуқли, чунончи фақат қандайдир саноқ системаси билан боғлиқ бўлган ҳолдагина ҳар қандай даъво мазмунига эга бўлади. Бунинг маъноси шуки, бизни ҳар қандай тасвиуримиз, шу билан бир қаторда оламнинг илмий манзараси ҳам умуман реалитив, яъни нисбийдир.

2. Классик табиатшуносликда бошқа бошлангич идеаллаштиришга ҳам таянар эдик ва улар интуитив очиқ-ойдин кўриниб турган ва ақл бовар қилиши равшан эди. Гап зарралар тректорияси тушунчаси, ҳодисаларнинг бир вақтлилиги, фазо ва вақтнинг абсолют характери, сабабият боғланишининг умумийлиги ҳақида бораяпти. Ҳаммаси микро ва мегадунёни тавсиф этишда бир хил бўлмай қолди, шунинг учун уларнинг кўринишлари ўзгарди. Бинобарин, оламнинг янги манзараси бошлангич тушунчалар, фазо, вақт, сабабият, узлуксизликни чуқур фикр асосида англаб, уларни маълум даражада интуитив ва ақл бовар қиладиган ҳолатда тавсиф этди.

3. Оламнинг табиий-илмий манзараси тўғрисидаги тасаввур ҳам ўзгарди, фақат “биргина тўғри” абсолют аниқ манзарасини ҳеч қачон чиғиб бўлмаслиги маълум бўлиб қолди. Уларнинг ҳар бири фақат нисбий ҳақиқатгагина эга бўлиши мумкин экан. Бу нафақат унинг бир қисми учун, балки яхлит конструкцияси учун ҳам тўғридир.

Шундай қилиб, фаннинг уч глобал революцияси фан ривожланишининг уч узоқ муддатли босқичини олдиндан белгилаб қўйди, уларнинг ҳар бири учун ўзига хос оламнинг умумилмий манзараси мос келади. Илмий революциянинг роли ва қўлланганини шунинг учун ҳам билиш керакки, фаннинг ривожланиши бир маънода тезланиш тенденциясига эга. Агар Аристотел ва Ньютон революциялари орасидаги давр 2000 йил бўлса, Ньютон ва Эйнштейн революциялари ораси 200 йилдан иборатдир. Ҳозирги илмий парадигманинг шаклланишига 100 йил бўлиши ҳам йўқ, аммо кўп олимлар янги глобал илмий революциянинг яқинлашганини сезяптилар.

Аммо содир бўладиган илмий революциялар олимлар дунёсини қўрқита олмайди, албатта. Уларда керак вақтда “курсни ўзгартиришга” ишонч қарор топган, иккинчидан илмий билимнинг ўсишида изчилликни нафақат инкор этади, балки аксинча деб ўйлайди. Нильс Борнинг мувофиқлик принципи шундай таърифланади: ҳар қандай янги назария аввалгисини буткул инкор этмайди, балки уни хусусий ҳол тарзида таркибига олади, яъни аввалги назария учун чекланган қўлланиш соҳасини белгилайди. Аммо бунда иккала назария (янги ва эскиси) ҳам тинч-тотув яшашлари мумкин. Мисол келтирайлик: Ер шар шаклида эканлиги маълум, аммо кўчани кесиб ўтаётган киши ясси дейиши ҳам мумкин.

Мазкур чегарада берилган таъкид “ҳақиқатга мос” келади. Аммо шу чегарадан чиқилса, масалан космик фазога учиш янги назария бўлса, бизни тасаввуримизни радикал ўзгартиришга ва янги назария яратишга ундайди, лекин унда эски назария учун ҳам жой топилади, фақатгина шу назариянинг хусусий ҳоли тарзидагина, албатта.

Шундай қилиб, узлуксизлик ва узлуклилик, революционлик ва стабилликларнинг диалектик бирлигини “ривожланиш қонуниятларининг бири” деб ҳисоблаш мумкин экан.

Табиатшуносликнинг ҳозирги замон концепцияси.

Гуманитар маданият

Табиатшунослик фанининг ҳозирги замон концепцияси табиий фанларнинг ўзаро алоқадорлигининг зарурияти ва халқ хўжалигининг имконияти бошқа табиий фанларсиз ўз кашфиётларини давом эттира олмаслигидан иборатдир.

Маданият ижтимоий ҳаётнинг ёки жамиятнинг асосий белгиларидан бўлиб, у таълим-тарбия, адабиёт, санъат, фан, илмий тадқиқот, диний таълимот каби муносабатларни ўз ичига олади. Жумладан, фан, шунингдек табиатшунослик фани ҳам маданиятнинг бир кўриниши бўлиб, жамиятга хизмат қилади. Жамиятнинг эҳтиёжини тўлиқ қондириши учун фан тадқиқотларини халқ хўжалиги тараққиётига татбиқ этиш керак. Демак, илмий муаммолар халқ хўжалиги эҳтиёжига қараб қўйилади ва ҳал қилиш йўллари изланади.

«Гуманитар маданият» дейилганда, жамият тараққиёти шунингдек жамият элементи бўлган ҳар бир инсон фаолиятида ижобий ўзгаришлар содир бўла олувчи маданият тушунилади.

Фан ва илмий тадқиқот методлари

«Фан» дейилганда инсониятнинг илмий изланишлар олиб бора олиши, унинг қонуниятларни аниқлаш фаолияти тушунилади.

Барча фанлар ўз ривожда илгаридан қўлланиб келинаётган тадқиқот усулларига таянади. Бу усуллар қуйидаги кетма-кетликни ташкил этади:

кузатиш → гипотеза → тажриба → назария

Кузатиш илмий тадқиқот услубининг шундай элементики, бу ҳолда инсон мазкур фан ўрганаётган объектнинг ёки ҳодисалар хусусиятларининг ўзига хос томонларини сезги аъзолари орқали қабул қилади ва у ёки бу ахборотларга эга бўлади. Инсоннинг сезги аъзолари мукамал бўлмаганлигидан баъзи бир хиллари кейинги элементларда кузатилади.

Илмий тадқиқот усулининг иккинчи элементи гипотеза, яъни мушоҳада этишидир. Бу элементда кузатилган ҳодисалар бир-бирлари билан солиштирилади, ўзгариш даражалари тушунишга ҳаракат қилинади ва дастлабки қонуният лойиҳаси яратилади.

Бу мушоҳаданинг тўғри ёки нотўғрилиги тажрибада текширилади.

Тажриба ўтказиш ўрганилаётган ҳодисаларни лаборатория шароитида баъзан моделларидан, баъзан кичик қўламларида ҳажил қилиб кузатиш демакдир. У ҳолда инсон сезги органларини «узайтирувчи» асбоблардан фойдаланилади.

Тажриба натижалари гипотеза ёки мушоҳадани тасдиқласа, у ҳолда бу гипотеза назарияга айланади, акс ҳолда қайтадан кузатиш бошланади. Демак, назария табиат ёки жамият ҳодисаларнинг қонуниятларини математик муносабатда, блок схемалари ёки мантиқий тушунчалар орқали ифодаланишидир.

Табиатшунослик фанининг ривожланиш тарихи ва ҳозирги замон панорамаси

Юқорида эслатилганидек, фан борлиқнинг ҳолатларини, ўзгариш жараёнлари ва бошқа ҳодисалар билан алоқадорлик ҳолатларини ўрганувчи инсон фаолиятидир. Маълумки, фанни икки туркумга бўлиш мумкин.

1. Табиат ҳодисаларини ўрганувчи табиий фанлар мажмуаси.

2. Жамият тараққиётини ўрганувчи ижтимоий фанлар мажмуаси.

Фан ишлаб чиқариш кучлари ҳисобланади. Ҳар бир даврда инсоният эҳтиёжига хизмат қилади. Шунинг учун фан тараққиётини куйидаги йўналишларда тасаввур этиш мумкин:

1. Муайян даврдаги жамият эҳтиёжи.

2. Бир гуруҳ изланувчиларнинг дунёқарашлари ва илмий тадқиқотлари мажмуи.

3. Табиатшунослик фанларининг тараққий этиш йўналишлари ўзгаришига назар солсақ, баъзи даврда жуда тез, баъзи даврларда турғунлик, баъзи даврларда эса жуда секин кўринишга эга эканлигини сезиш мумкин. Демак, тараққиёт даври ўзгариш тезлиги хусусиятига эга экан.

Баъзи ўзаро яқин табиий фанларнинг ривожланиш тарихи билан танишиб чиқамиз.

Физика фани табиат ҳодисаларининг энг умумий кўринишини ва табиатда кузатиладиган ҳаракатларнинг энг умумий хусусиятларини ўрганувчи фандир.

Физика фани тараққиёти тарихини шартли равишда уч босқичга бўлиб таҳлил қилиш мумкин.

Физиканинг фан кўринишида шаклланиш даври. Бу давр эрамыздан аввалги V-IV асрларни ва эрамыздаги III асрларни ўз ичига олади. Бу даврларда физика фалсафа кўринишида, яъни табиат фалсафа кўринишда майдонга келади. «Физика» атамаси қадимги грек олимлари томонидан тақлиф этилган бўлиб, хусусан Аристотелнинг китобларида учрайди. Бу даврда физика фани олимлари табиат ҳодисаларини асосан кузатиш орқали ўрганиб, формулаларсиз, асбобларсиз ўз назарияларини яратганлар. Физиканинг механика ва оптика бўлимлари асосан шу даврдан бошлаб, тараққий эта бошлаган. Хусусан геометрик оптика қонунлари шу даврда ўрнатилган. Физика фани тараққиётининг II даври эса III асрдан XIX асргача бўлган узоқ муддатни ўз ичига олади. Бу давр фандаги турғунлик даврлари (III асрдан XVII асргача) ва кескин тараққиёт даврлари (XIX-XX асрлар)ни ўз ичига олади. Бу давр классик физиканинг яратилиш даври ҳисобланади.

Физика фани тараққиётининг III-даври асосан XX асрни қамраб олади. Бу вақтда XIX-XX аср чегараларида йирик тадқиқотлар давом эттирилади. Бу даврнинг ўзига хос томони шундан иборатки, классик назарияда кузатиш ва тажриба на-

тижларни орасидаги қарама-қаршиликни бартараф этиш жараёнида киниг назарияси яратила бошланди. Унинг баъзи элементлари тулиқ ишлаб чиқилди.

Кимё фани табиий фанлар мажмуасига киради ва у моддаларнинг бир турдан иккинчи турга айланиш ҳодисаларини ўрганади. Бу ўзгаришлар модда таркибининг ўзгариши ёки структурасини боғланишларнинг ўзгариши, баъзи ҳолларда эса ҳар иккаласининг ўзгариши билан содир бўлади.

Бошқа табиий фанлар каби кимё фани ҳам VII-VIII асрлардан бошлаб ривожлана бошланди. Бу фanning интенсив ривожланиши XIX асрнинг ўрталаридан бошланиб XX асрни тулиқ ўз ичига олади. (Бунга сабаб халқ хўжалиги эҳтиёжининг кенгайиши ва бошқа фанлар, хусусан физика фани тараққиётидир). Бу даврада кимё фанининг қуйидаги махсус бўлиmlари юзга кели бошлади: назарий кимё, органик кимё, агрохимия кимё, физик кимё, полимерлар кимёси, коллоид кимё, биокимё, аграр кимё ва бошқалар.

Биология — тирик организмларнинг кўп хиллиги, уларнинг пайдо бўлиши, ривожланиши ва йўқолиб бориш динамикаси ҳақидаги фандир. Бошқа табиий фанлар каби биология фани ҳам дастлаб фикратгина кузатишга асосланган тавсифловчи фан кўринишида намойи бўлган. Биология фани қуйидаги турларга бўлинади: ботаника, зоология, физиология, биокимё, биофизика, тупроқшўноқлик, бионика ва бошқалар. Биология фанида қилинган энг йирик тидқиқотлар 1628 йилда тадқиқ қилинган қон айланиш қонунияти, XVIII асрда ўсимлик ва ҳайвонот оламиининг ўзига хос тартибга солиниши, 1839 йилда ҳужайра назариясининг яратилиши, 1865 йилда наслнинг узатилиши қонунинини аниқланиши XX асрларда аниқланган турли биологик молекулаларнинг (нуклеин кислоталари, ДНК, РНК молекулалари) муҳим кашфиёт ҳисобланади.

Астрономия — кoinотнинг пайдо бўлиши, ўзгариши ва кoinот jismlарининг ўзига хос хусусиятларини ўрганувчи фан бўлиб, жуда қддимдан маълум бўлган. Бу фан ҳам бошқа фанлар каби дастлаб кузатишга асосланган, сўнгра математика ва физика фани кўтуқларига асосланиб интенсив ривожлана бошлаган. Астрономиянинг қуйидаги бўлимлари мавжуд: сферик астрономия, амалий астрономия, астрология, осмон механикаси, кўкдуулар астрономияси ва ҳоказо.

Геология — ернинг, хусусан Ер қатламларининг таркибий тўзилиши, тараққиёти билан боғлиқ фанлар мажмуасидир.

Геология фанларига гидрогеология, геодезия, геофизика, география, минералогия, сейсмология каби фанлар киради.

Табиий фанларнинг ҳозирги замон панорамаси дейилганда қуйидагилар назарда тутилади:

1. Табиатда кузатиладиган турли ҳодисаларни (кўпинча улар аномал ҳодисалар деб аталади) ўрганиш.

2. Инсон ва табиат ҳодисалари орасидаги ўзаро алоқадорликни ижобий ривожлантириш.

Синов саволлари

1. Маданият нима? Гуманитар ва табиий-илмий маданиятлар бир-бири билан қандай ўзаро муносабатда бўлади?

2. Нима учун табиий ва гуманитар маданиятларга қатъий чегара қўйиш мумкин?

3. Моддий, ижтимоий ва диний маданиятларга фаннинг таъсири қандай?

4. Нима учун XX-XXI аср чегараларида фан этикасининг долзарблиги ошиб кетди?

ТАБИАТ ТАВСИФИНING АСОСИЙ ЙУНАЛИШЛАРИ

Астрономия фани ривожига Урта Осиё олимларининг қўшган ҳиссалари

Астрономия бошқа фанлар каби инсонни табиатни билиш ни ундан фойдаланишдаги эҳтиёжларини қондариш мақсадида юнга келган фандир. Шунинг учун у энг қадимги фанлардан бири ҳисобланади.

Қадимги астрономлар ёритгичларни осмон сферасидаги вазинглари ва ҳаракатлари ҳақида маълумотлар тўплаш билан шуғулланганлар. Хитойлик ва мисрлик олимлар милоддан аввалги V-VI асрларда Қуёш ва Ой тутилишларини кузатиб, мазкур ҳодисалар ҳар 18 йилга яқин давр билан такрорланиб турганини олдиндан айтиб берганлар.

Юнонлар астрономик кузатишлар билан бир қаторда, уларнинг келиб чиқиш сабабини ҳам таҳлил қилишга уринганлар. Мисалан, Пифагор (милоддан аввалги VI аср) Ерни шарсимон шаклиниги исботлаб берган. Аристотел (милоддан аввалги IV аср) оламнинг марказида ҳаракатсиз Ер жойлашган деган системага асос солди. Эротосфен Ер радиусини ўлчади. Гиппарх 1022 та юлдузнинг осмон сферасидаги вазиятини белгиловчи жадвал (каталог) тузди. У Ой ҳаракатидаги баъзи нотекикликларни аниқлаган. Қуёш ҳаракати ва унинг тутилишларининг табиатини ишлаб чиққан. Шулар билан бир қаторда Гиппарх йилнинг давомийлигини ҳамда фанга географик координаталар тушунчасини киритган.

II асрга келиб машҳур юнон олими Клавдий Птоломей "Ал-мажеста" номли асарида юнон астрономлари эришган ютуқларни умумлаштириб, сайёраларни кўринма сиртмоқсимон ҳаракатини тушунтира оладиган геоцентрик системани ишлаб чиққан.

Геоцентрик система қадимги юнон астрономияси эришган ютуқнинг энг юқори чуққиси эди. Юнон маданияти инқирозга учрагандан кейин астрономия билан шуғулланиш маркази шарққа кўчди.

IX-XV асрларда Яқин ўрта шарқ ҳамда Осиё мамлакатларида катта-катта расадхоналар қурилиб, уларда Ибн Юнус Ал-Баттоний, Ал-Фарғоний, Ал-Хоразмий, Абу Ал-Вафо каби машҳур олимлар ижод қилган. Ал-Баттоний (IX аср) юнон астрономияси эришган ютуқларни янгидан текшириб чиқди. Ой ҳаракатидаги баъзи қонуниятларни кашф этди. Ал-Фарғонийнинг "Астрономия асослари" номли асари ўша даврнинг ўзига хос астрономик энциклопедияси ҳисобланган. Ой ҳаракатини урганишда Абу ал-Вафо ҳам ҳисса қўшган.

X-XI асрларда яшаб ижод этган машҳур ўзбек олими Абу Райҳон Беруний астрономияга оид 40 яқин рисола ёзган. Унинг "Хронология" деб аталувчи асарида Европа ва Осиёдаги деярли барча халқларнинг турли даврлардаги календар (тақвим) системалари батафсил баён қилинган, бир календар системасидан иккинчисига ўтишнинг амалий йўллари кўрсатиб берилган. Беруний "Геодезия" ва "Қонуни Маъсудий" асарида ўзи яшаган замонда ечилиши ғоят қийин бўлган муаммолар - Ер ўлчамларини аниқ топиш, географик узунламани етарлича аниқликда ўлчаш, сайёраларнинг кўринмас ҳаракатини кузатишдан уларнинг вазиятларини олдиндан аниқ ҳисоблаб кўрсатиш масалаларига алоҳида аҳамият берди ва уларни муваффақиятли ҳал қилди. Ер радиусини ўлчашнинг янги усулини - уфқнинг пасайишини ўлчаш йўли билан Ер радиусини ҳисоблаш усулини кашф этди. Ерни ўз ўқи атрофида айланиш тезлигини катта аниқлик билан топди. Сайёраларнинг сиртмоқсимон ҳаракатини тушунтиришда улар Қуёш атрофида айланади деб ҳисоблаш ҳам мумкин деган ғоят ғоя-гелиоцентрик система ғоясини ўртага ташлади.

Шарқнинг буюк қомусий олими, астроном-математик, ажойиб файласуф, Ал-Фаробийнинг астрономия соҳасидаги илмий асарлари бугунги астрономиянинг ривожланишида, унинг юзага келишида муҳим ўрин тутди. Ал-Фаробий юнон олимлари Платон, Аристотел, Евклид, Птоломейнинг илмий асарларига қизиқиб улар билан танишди. Ўрта аср Шарқида биринчи бўлиб, Птоломейнинг "Алмажеси" китобига изоҳ берди. Мазкур шарҳнинг ягона қўлёзмаси ҳозирда Британия музейида сақланади.

Кейинги китобларида осмон экватори, эклиптика ва меридиан орасидаги бурчакни аниқлаш йилнинг вақт бўйича катталигини аниқлаш Ойнинг айланиш вақти, Ойнинг ҳаракати, Қуёш ва ойнинг ботишидаги ҳолатлар, қўзғалмас юлдузлар, жанубий ярим шардаги юлдуз туркумларининг жадваллари,

шунингдек осмон йўлининг ҳолати, осмон глобусининг тузилиши ҳақида шарҳлар ёзилган. Шунингдек қуйидаги бешта сайёранинг ҳар бирига алоҳида равишда ҳаракат назарияларини ёзиб чиқди. У қараб чиққан сайёралар Меркурий, Венера, Марс, Юпитер ва Сатурнлардир.

Тахминан 1000-йиллар атрофида Хоразмшоҳ Али ибн Мипмун Бағлод академиясидек Хоразмнинг пойтахти Урганчда академияни ташкил этди ҳамда ўша даврнинг буюк файласуф ва олимлари ал-Масихий, ал-Хаммод, Абу Али ибн Сино ва Абу Райҳон Берунийни шу академияда ишлашга таклиф этди.

Муҳаммад Ал-Хоразмий (783-850 йиллар) яшаган давр ўрта аср Шарқ астрономияси шаклланишининг пойдевори бўлган йилларга бориб тақалади. IX асрнинг 20-йилларида ўзининг машҳур астрономик жадваллари — "Зижи"ни тузди. Хоразмийнинг "Зижи" 37 боб ва 116 жалвалдан иборат мукамал астрономик асардир. "Зижи"дан ташқари Хоразмий астрономияга бағишлаган яна бир асари "Астромебия" (устурлаб билан ишланган ҳақида китоб) деб аталади.

XV асрда Шарқ астрономияси Самарқанд расадхонасида олиб борилган илмий ишлар туфайли ўзини юксак ривожланиш чўққисига эришди. Улуғбек раҳбарлигида қурилган ва ўша давр учун энг мукамал асбоблар билан жиҳозланган бу улкан расадхонанинг энг катта асбоби радиуси 40,2 метрли фаҳрий секстант эди. Мазкур расадхонада асосан 1018 та юлдузнинг вазияти ва риншанликлари ҳақида маълумот олинди ва шулар асосида "Зижи Кўрагоний" ёки "Улуғбек зижи" тузилди. Дунёга машҳур бу асарни тузишда Самарқандда яшаб ижод этган олимлардан Гибсиддин Жамшид Коший, Салоҳиддин Мусо ибн Маҳмуд Қозинюда Румий ва Аловиддин Али ибн Муҳаммад Қушчининг қийматлари катта бўлган. Самарқанд олимлари тригонометрик функциялар қийматларини ҳисоблашни янги усулни ишлаб чиқиб, синус ва косинуснинг қийматларини 10^{-8} аниқликда ҳисоблаб жадвал тузганлар.

Юлдуз йилининг давомийлиги, сайёраларнинг кўринмас йиллик ҳаракатини, эклиптиканинг оғмалигини, турли шақарларнинг географик координаталарини аниқлашда Самарқанд олимлари томонидан олинган маълумотлар ҳозирги кунда олинган маълумотларга жуда яқин келади.

Поляк олими Николай Коперник ўзининг "Осмон сфераларининг айланиши ҳақида" асарида гелиоцентрик системага асос солиди ва Күёш системасининг тузилиши ҳақида нисбатан

тўғри тасаввур берди. Коперник кашфиёти — дунёқарашдаги революциядир.

Республикамызда астрономик тадқиқотлар Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академиясининг Астрономия институтида ва "Улугбек" номидаги Китоб Халқаро Кенглама астрономик станциясида олиб борилмоқда.

Коинотнинг тузилиши

Коинот тузилишининг умумий қонуниятлари тўғрисидаги фан космология бўлиб космогония эса коинотдаги осмон jismlari ва jismlar тизимини ҳосил бўлиши ва ривожланиши тўғрисидаги фандир. Коинот тўғрисида гапирганда биз чексиз дунёни, унинг турли-туман моддалари ва майдонларини, яъни материянинг яшаш шаклини тушунамиз.

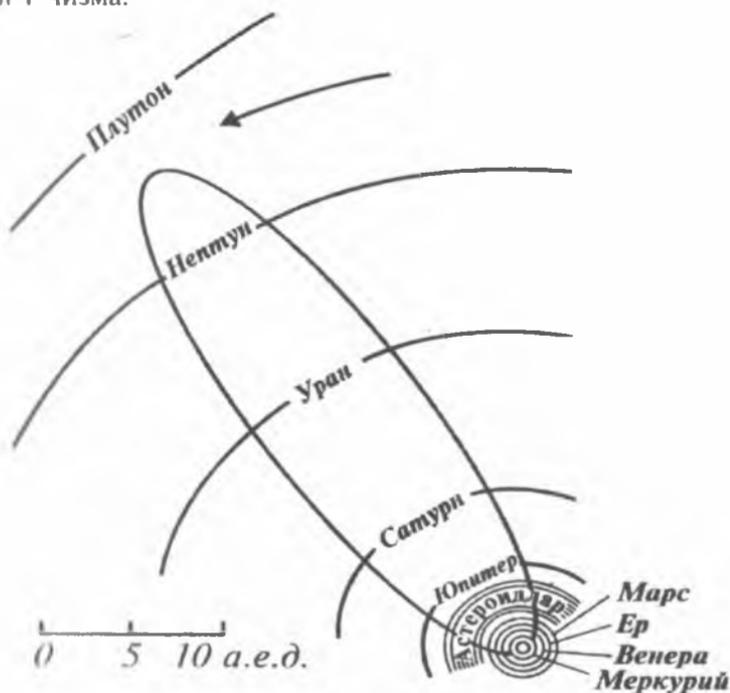
Биз қанчалик уринмайлик, коинот ўлчамини баҳолай олмаймиз, биз унинг на бошини ва на охирини кўра олмаймиз. Коинот фазо ва вақтда чексиз. Биз учун кузатиш ва ўрганиш қулай бўлган коинот қисми «метagalактика» дейилади. Одатда биз коинот тўғрисида гапирганимизда худди шуни назарда тутамиз. Metagalактика таркибига галактика деб аталувчи жуда кўп сонли юлдузлар ва юлдузлар тизими, газ чанглари ва турли кўринишдаги нурланишлар киради. Ҳозирги замон телескоплари икки миллиарддан кўпроқ бундай тузилмаларни қайд қилишга имконият беради. Телескоплар қанчалик катта, ўлчовчи ҳамда қайд қилувчи техника қанчалик мукамал бўлса, шунчалик кўп сондаги галактикалар бизнинг диққат эътиборимизда бўлади ва уларни ўрганиш имконияти туғилади.

«Metagalактика» деб аталувчи тизимга, унинг қисмларидан бири тарзида бизнинг юлдуз тизимимиз — Галактика ҳам киради (бошқа галактикалардан фарқ қилиш учун у бош ҳарф билан ёзилади). Кўёш ва унинг атрофида айланаётган планеталар ва бошқа jismlar Кўёш тизимини ташкил қилади.

Юлдузлар ва галактикалар орасидаги масофа жуда катта бўлганлиги сабабли астрономияда ўлчов бирлиги сифатида ёруғлик йили қабул қилинган. Бир ёруғлик йили — шундай масофаки, уни ёруғлик бир йилда ўтиши керак. Ундан ҳам катта бирлик тарзида 1 парсек (пс) қабул қилинган. Парсек ёруғлик йили билан қуйидагича муносабатда: $1 \text{ пс} = 3,26 \text{ ёруғлик йили}$ га тенг. Масофанинг бундан кичик бирлиги ҳам мавжуд бўлиб, у «астрономик бирлик» деб аталади. Бир астрономик бирлик

тарзида ердан Куёшгача бўлган 150 миллион км масофа қабул қилинган. Мазкур масофани ёруғлик 8 минутда ўтади. Радио-галактика (жуда катта қувватли радионурланишни тарқатувчи галактика), нейтрон юлдуз ёки пульсарлар (пульсацияланувчи юлдуз), квазарлар (юлдузларга ўхшаш) ва бошқа ғайриоддий объектларнинг очилиши муносабати билан астрономиянинг янги бўлимлари пайдо бўлди. Қайд қилинаётган нурланишлар диапазони радио тўлқиндан то гамма нурга қадар кенгайди.

Радиоастрономия, инфрақизил ва ультрабинафша, гамма ва релятивистик астрономиялар, атом ва ядроларда бўлаётган жараёнларни коинотнинг тузилишининг умумий манзараси билан ўзаро боғлаб ўрганиш ҳозирги замон фанида муҳимдир. Астрономия амалий масалаларни ечишда ҳам борган сари катта ҳисса қўшмоқда. Улар жумласига термоядровий реакцияларни бошқариш, об-ҳавони узоқ муддатли олдиндан айтиб бериш, молли ва майдонларнинг умумий назариясини яратишлар кирishi 1-чизма.



1-чизма

Қуёш тизимининг схемаси астрономик бирлик масштабида келтирилган. Аммо Қуёшга яқин планеталар орбиталарининг ўлчами яққолроқ бўлиши учун улар бироз йириқроқ қилиб кўрсатилган. Ерга ўхшаш сайёралардан ташқари Қуёш атрофида эллиптик орбиталар бўйича гигант сайёралар ҳам айланади. Мазкур 9 та сайёранинг энг охириги — Плутон биздан жуда узоқда жойлашганлиги учун ниҳоят кам ўрганилган. Бу сайёра нисбатан яқинда, 1930 йилда очилган. Плутон ўз хусусиятлари жиҳатидан Ер гуруҳига кирувчи сайёраларга яқин.

Қуёш атрофида катта сайёралардан ташқари кичик сайёралар — астероидлар ҳам айланади. Астероидларнинг сони 2000 чамасида; улар орасида энг йириги Церара бўлиб, унинг диаметри 1025 км га тенг. Уларнинг орбиталари Марс ва Юпитерларнинг орбиталари оралиғида ётади. Оғирроқ сайёралар Марс ва Юпитер ҳамда Қуёшнинг таъсирида баъзи астероидларнинг ҳаракат йўли шундай ўзгарадики уларнинг баъзилари астероидлар минтақасидан чиқиши ва уларнинг бўлаклари метеоритлар тарзида Ерга, Ойга, Қуёш системасининг бошқа планеталарига тушиши мумкин.

Бундан кичик жисмлар (ўлчами бир неча миллиметр ва микрометр бўлган космик чанглар) олам фазосида бетартиб ҳаракат қилади. Баъзан эса ер атмосферасига ҳам тушиб туради. Улар «**метеор жисмлар**» деб аталади. Одатда мазкур жисмлар ер сиртига қадар етиб бора олмайди, улар унинг атмосферасида ёниб тугайди. Кўпинча, кўплаб метеор жисмларни тушишини «юлдузлар ёмғири» тарзида кузатиш мумкин. Мазкур ҳодиса «метеорлар ёмғири» деб аталади. Метеор жисмлар кўп ҳолларда эриган кометалардир: музлаган газларга чанг зарралари сингиб кириб жуда катта қатламни ҳосил қилади. Тахмин қилишларига кўра кометалар Қуёш системаси чегарасида ҳосил бўлар экан. Гигант сайёралар таъсирларида улар Қуёшга яқинлашиши мумкин. Бунда кометалар ядросини ташкил этувчи газлар буғланиши туфайли кометанинг думи ҳосил бўлади. Демак, Қуёш системасининг барча сайёралари айтганимиздек, шартли равишда иккига: ер гуруҳи сайёралари (Меркурий, Венера, Ер, Марс, Плутон) ва гигант сайёралар гуруҳи (Юпитер, Сатурн, Нептун ва Уран)га бўлинади. Улар бир-бириларидан асосан кимёвий таркиби билан фарқ қилади. Ер гуруҳи сайёраларининг таркиби силикат ва металлдан иборат бўлса, гигант сайёралар таркибида енгил газлар-водород, гелий ва қандайдир миқдорда оғир моддалар ҳам мавжуд. Уран билан Нептунда эса

оғир моддалар миқдори (метан, аммиак) кўпроқ. Сайёраларнинг ташқи қатлами — атмосфераси, кимёвий таркиби бўйича барча сайёраларда деярли бир хил. Сайёралар ва улар йўлдошларининг тузилишини ва кимёвий таркибини шунинг учун ҳам ўрганиш зарурки, бу билан астрономиянинг энг муҳим муаммоси Қуёш системасини пайдо бўлиш масаласига яқинлашиш мумкин экан.

Сайёраларга космик аппаратларни учирлиши сайёрадаги атмосферани бевосита зондлаш ва планеталарнинг сиртларига автоматик станцияларни қўндириш натижасида олинган маълумотлар Ердан туриб визуал кузатишлар тарихида олинган барча маълумотлардан ҳам анча кўпдир. 1973 йилдан бошлаб учурилатган собиқ иттифоқ «Венера» ва «Марс» ҳамда америкаликларнинг «Маринер», «Викинг» ва «Пионер» типидagi кемаларининг тадқиқотлари натижаси сайёралар тўғрисидаги бизнинг тасаввурларимиз тўғрилигини тасдиқлаш билан бир қаторда уларга кўп янгилик ҳам киритди. 1974-1975 йилларга қадар Меркурий сирти, унинг атмосфераси ва ҳарорати тўғрисида ишонarli маълумотларни келтириб бўлмас эди. Фикатина «Маринер-10»нинг бортидан олинган фотосуратларини, шунингдек планетани радиолокация қилиш натижасида, Меркурийнинг сирти Ойникига ўхшаш эканлигини белгилашга имкон туғилди. Бу ерда кратерлар, текисликлар кўп сонли катта ва кичик тузилмалар кузатилди. Ойнинг рельефидан фарқли равишда — Меркурийнинг тоғлари Ойникидан тахминан икки марта паст (Уларнинг баландлиги 4 км га қадар), кратерларининг ўлчами ҳам кичикдир. Бу Меркурий массасининг Ойга нисбатан катталиги унинг эркин тушиш тезланиши ($3,7\text{ м/с}^2$) Ойники ($1,6\text{ м/с}^2$) га қараганда катталиги билан тушунтирилади. Метеор жисмлар тушаётганда оғирлик кучи катта бўлганлиги туфайли заминга урилгач, кўтарилганларнинг кўпи космик фазога кетмай балки қайтадан орқага Меркурий сиртига қайтиб ўтиради.

Меркурийда ҳам, худди Ойдаги каби амалда атмосфера йўқ, чунки авваллари улар ҳосил бўлаётганларида сиртларнинг ҳарорати 1000°C дан кам бўлмаган ҳароратни ташкил этган. Ўзининг ҳароратда хоҳлаган газ молекуласининг тезлиги иккинчи космик тезликдан катта; бундай тезликда газ сайёра планета сиртида тўхтамай космик фазога учиб кетади.

Сайёра Қуёшга яқинлиги учун Меркурий сиртининг кунлуғини ҳарорати жуда юқори ва у 400°C ни ташкил этади. Де-

мак, юқори ҳарорат ва атмосферанинг йўқлиги ундан қандайдир ҳаёт шаклини истисно қилади. Меркуравий йил 88 ер суткасини ташкил этади. Ўз ўқи атрофида айланиш даври эса — 58,6 ер суткасига тенг. Мазкур маълумотлар 1965 йилда олинган бўлиб улар шу вақтга қадар ҳукм суриб келган. «Меркурий ҳар доим бир томони билан Қуёшга ўгирилган» деган фикрга тамомила қарама-қаршидир. Меркурийнинг табиий йўлдошлари йўқ. Сайёранинг табиий зичлиги Ерникига мос келади ва $5,5 \text{ т/м}^3$ бўлган силикатлар ташкил этади. Меркурий ҳам Ер каби ўз магнит майдонига ва худди шундай қутбларга ҳам эга: Шимолий магнит қутби, жанубий географик қутби яқинида ва аксинча.

Венера — кўкимтир рангдаги чиройли бу сайёра ташқи параметрлари ва ички тузилиши бўйича Ерга жуда ҳам яқиндир. Бу сайёра тўғрисида асосан маълумотлар «Венера» ва «Маринер» типидagi космик аппаратлар ёрдамида олинган. Венеранинг массаси Ер массасининг 0,845 қисмини ташкил этади, зичлиги эса $5,27 \text{ т/м}^3$ га тенг. Венера (Уран каби) ўз ўқи атрофида, Ерга қарама-қарши йўналишда ҳаракатланади. У табиий йўлдошларга эга эмас. Венеранинг айланиш ўқи орбитага қарийб перпендикуляр бўлиши учун, унда фасл алмашилиши йўқ. Сайёранинг сиртидаги ҳарорат 400°C чамасида. Ундаги зич атмосферанинг мавжудлиги, парник эффектнинг вужудга келишига сабабчи бўлади.

Венера атмосферасининг 97% карбонат ангидрид газидан иборатдир. Сайёра сиртини Ердан туриб кузатишга тўсқинлик қилаётган қалин булут, сочилган азот қислотасидан иборатдир деган тахминлар мавжуд. Шу ҳолатга қарамай Венеранинг сирти деярли ёруғ. У Ердаги худди ўрта кенгликларга ўхшаб муттасил булут билан қопланган. Венеранинг сиртида асосан атроф муҳитнинг узоқ муддатли турли хил омиллари таъсирига учраган, асли вулканик бўлган жисмларга дуч келинади. Сайёранинг сиртидаги атмосфера босими 8-9 МПа ни ташкил этади, яъни у жуда юқори босимга эгадир.

Ҳозирги пайтда бу сайёрада ҳам ҳеч қандай ҳаёт йўқлиги аниқ исботланган. Венерада магнит майдонининг борлиги аниқланган эмас.

Ер. Одамлар кўп асрлар давомида қадрдон сайёрамаизни ўрганишларига қарамасдан ҳали ҳам Ернинг ички тузилиши ва унинг атмосфераси тўғрисидаги фанда ҳозирда ҳам жуда кўп ноаниқликлар ва ўрганилмаган масалалар кўп. Ернинг қаърига

чуқурроқ кириб боришга, ташқи зич соҳалар қатламларининг жуда катта босимларига боғлиқлиги туфайли юзага келадиган Ер қобиғинининг ҳарорати тўсқинлик қилади. Ернинг ўртача радиуси 6370 км га тенг бўлганлигига қарамай, инсон Ер қаърига 10 км дан катта чуқурликка киришга имкони бўлмаяпти. Ернинг ички тузилиши ҳақидаги маълумотни биз Ер қимирлаганда ва сунъий портлашлар ёрдамида юзага келган, фақат сейсмик тўлқинларнинг тавсифига қараб ҳукм чиқарамиз. Ернинг массаси $6 \cdot 10^{24}$ кг ва унинг ўртача зичлиги $5,5 \text{ т/м}^3$ га тенг. Ернинг кучли магнит майдонга эга эканлиги, унда суяк ядронинг мавжудлиги билан тушунтирилади.

Олимлар Ернинг атмосфераси ҳақида унинг ички тузилишига қараганда кўпроқ маълумотга эгалар. Шунга қарамай одамнинг космосга чиқиши туфайли унинг юқори қатламларига тегишли бўлган муҳим ихтиролар қилинди. Ернинг радиацион пояси ҳам шундай очилди (2-чизма).

Пояснинг ташқи қисми



Пояснинг ички қисми

2-чизма

Ички пояс Ер сиртидан бошланиб 500 дан 5000 км гача чуқурлади ва у космик нурланиши билан атмосферани бомбардировка қилиши натижасида юзага келадиган нейтронларнинг парчаланиши туфайли ҳосил бўладиган протонлардан таркиб топган. Ернинг ташқи минтақаси (пояси) эса бирдан бешгача Ер радиусига тенг масофада жойлашган бўлиб, у асосан катта энергияли электронлардан таркиб топган. Куёшнинг фаоллигини даврий ўзгариши билан боғлиқ «Куёш шамоли» ва корнускуляр нурланишнинг бошқа турлари шу пояснинг юзага ке-

лишининг сабабчиси деб ҳисоблайдилар. Қуёшнинг фаоллиги қатор муҳим геофизик жараёнларга ва ҳатто тирик организмларга таъсир кўрсатишини кейинроқ кўриб ўтамиз. Ернинг битта табиий ва жуда кўп сунъий йўлдошлари мавжуд.

Ернинг ўзида ва уни ўраб турган фазо (геосфера)даги турли жараёнлар космик омилларни узлуксиз таъсири остида содир бўлади. Кузатишларнинг кўрсатишича, агар мазкур омиллар вақт бўйича тез ўзгарса, яъни уларнинг интенсивлиги ҳам жуда тез ортса ёки камайса, бунинг натижасида ердаги жараёнларнинг тез ўзгариши содир бўлади.

Ерда ва уни ўраб турган фазодаги турли хил жараёнлар космик омиллар интенсивлигини бундай кескин ўзгаришига таъсир қилади. «Қуёш фаоллигининг кескин кучайиши» деганда Қуёшдан нурланаётган зарядлар оқими зичлигининг кескин ортиши ва бунинг натижасида сайёралараро муҳитнинг зичлигини ортиши тушунилади. Демак, Қуёш зарядланган зарраларининг Ернинг магнитосферасига таъсирининг фаоллиниши туфайли унинг ғалаёнлиниши ҳам ортиши керак. Қуёш фаоллигининг кескин ўзгарган даврида Ернинг магнит майдони ғалаёнлинишининг ўзгариши таҳлил қилинган эди. Худди кутилгандек, Ер магнит майдонининг ғалаёнлиниши ҳам 100% га кескин ортиб кетади. Айтиш мумкинки, Ер магнит майдонининг бу давридаги одатдаги нормал ўзгаришида бурилиш содир бўлади.

Ернинг ўз ўқи атрофида айланиш тезлиги ҳам космик омилларнинг таъсирига боғлиқ эканлиги маълум. Шунинг учун асрий секинлашиш тавсифлидирки, унда йил давомидаги ўзгаришлар бир текис эмас, балки сакрашлардан иборат бўлган нерегуляр тавсифга эгадир. Қуёш фаоллигини кескин ўзгаришининг 88,9% ҳолида Ернинг айланиш тезлигининг сакраб-сакраб ўзгариши содир бўлар экан. Бундан иккита хулоса қилиш мумкин. Биринчидан, белгиланган маълумотлардан Қуёш фаоллигининг кескин ўзгариши ҳақиқатдан ҳам глобал жараёнларни (Ернинг ҳаракатини) ўзгартиради, деган хулосани аниқ тасдиқлайди. Иккинчидан, Ернинг ўз ўқи атрофида айланиш тезлигининг ўзгариши атмосферавий газнинг циркуляцияси тавсифини ўзгаришини вужудга келтиради. Бунинг натижасида атмосфера ва гидросферадаги шароит об-ҳаво жараёнини ўзгаришига олиб келади.

Бундай таъсир ҳақиқатдан ҳам жуда кўп сондаги метеорологик ва гидрологик маълумотларда кузатилади.

Куби фаоллигининг кескин ўзгариши нафақат Ернинг ўз ўқи атрофида айланиш тезлигига ва атмосфера характери-стикаларига (циркуляция, босим, ҳарорат, атмосферавий ёгин-сочиндлар), балки гидросферага ҳам (океан ва денгизнинг сатҳига уларнинг музлаганлигига, сувнинг ҳароратига, дарёлар оқимиغا, кўллар сатҳига, қор ва муз чизиқларнинг ўлчамлари ва бешқаларга) таъсир кўрсатади.

Марс Марс бошқа сайёралардан ўзининг қизғиш ранги билан фарқланади ва шунинг учун у мифологик уриш худосининг номи билан аталади. Сайёранинг ўлчами Ерникидан икки марта кичик, zichлиги эса Ерникига жуда ҳам яқиндир. Бу уларнинг бир хил ту-вилишига эълагидан далолат беради. Совет ва Америка космик аппаратлари ёрдамида олинган маълумотларга кўра, Марсдаги тунги ҳароратлар жуда ҳам паст бўлар экан. Бу эса унинг замини-ни жуда ҳам кичик иссиқлик ўтказувчанликка (иссиқлик сиғимига) эга эканлигидан гувоҳлик беради.

Бу жуда сийраклашган атмосферада қуруқ қум ёки қуруқ чинга мос келади. Ҳақиқатда ҳам космик аппаратларнинг ту-шириладиган бўлинмаси асбобларининг қайд қилишига кўра, Марсдаги атмосфера босими Ердагига қараганда 200 марта ки-чик экан.

Марснинг атмосфераси асосан карбонат ангидрид гази (95%) билан сув бугининг ўзгарадиган компонентларидан тар-киб топган. Унинг 300-600 км баландликдаги атмосфераси бу-тунишнинг водороддан иборат бўлиб, у марсовий ионосферани ҳосил қилади. Марснинг магнит майдони кичик. Сирт қисмларининг кечки ва кундузги ҳароратлари мос равишда — 25°C дан —45°C гача оралиқда тебранади. Табиий шароити жиҳатидан Марс узоқдан Ернинг энг баланд тоғли вилоятлари-ни эслатади. Марсдаги қутбий саллалар эҳтимол карбонат ан-гидриддан таркиб топгандир. Унинг икки йўлдоши: Фобос ва Деймос мавжуд. Сайёрада юқори ташкиллашган ҳаёт йўқ.

Гигант сайёралар. Улар орасида нисбатан энг яхши ўрганилгани Юпитер билан Сатурн деб ҳисоблаш мумкин. Бу планеталарни ўрганишга бошқа соҳа мутахассислари ва бошқалар ҳам жалб этилмоқда. Улар учун гигант сайёрада рўй берётган ҳодиса ва жараёнлар одатдан ташқари. Шунинг учун сайёраларни қандайдир маънода Ердаги тадқиқотчилар ўрганиши учун «табиий лаборатория» деб ҳисоблаш ҳам мум-кин. Ҳозирги замон ҳисоблашларига кўра Юпитер ва Сатурн-нинг жуда катта чуқурлигига қадар суюқ газ бўлиши керак.

1522027

Уларда Ер ва Венеранинг атмосфераларидаги жараёнлардан фарқли жуда кучли динамик жараёнлар содир бўлади. Юпитер жуда кучли магнит майдонга ва кенг радиацион поясга эга. Сатурнда ҳам, Юпитерда ҳам йўлдошлар жуда кўп. Улар Юпитерда 15 та бўлса, Сатурнда 17 нафардан иборатдир. Сатурн ҳалқалари Галилей томонидан очилган бўлса, уларнинг тузилиш назариясини С. Ковалевская яратган. Ҳалқалар алоҳида зарралардан таркиб топган бўлиб, улар сайёрадан 10^{15} км ма-софагача узоқликда жойлашади. Ҳозирда уларнинг табиати тўғрисида қатъий бир фикрга келинмаган.

Уран сайёраси 1781 йилда кашф этилган. Унинг Қуёшдан узоқлиги 19,18 астрономик бирликка тенг. Уран Қуёш атрофида ўз орбитаси бўйлаб 84 йилда бир марта айланади. Ҳажмига кўра Уран ердан 73 марта катта. Уран ҳам гигант сайёрадир. Унинг ўқи орбитасига 98° бурчак бўйлаб оған. Уран яшил рангга эга. Унинг атмосферасида мавжуд бўлган метан гази сайёрани яшил рангга бўяйди. У водород ва гелийдан иборат. Уни Уилям Гершел кашф этган. Ураннинг 15 та йўлдоши бор. Унинг атрофида ҳам жуда хира ва ингичка ҳалқалар борлиги яқинда маълум бўлди.

Нептун сайёраси шуниси билан қизиқки, уни телескоп орқали кузатиб эмас, балки математик ҳисоблашлар орқали кашф этишган. Нептун — хира яшил ранг сайёра. Сайёранинг диаметри 50000 км. У 4-гигант сайёра. Нептун Ердан 60 марта катта бўлиб, унинг йили 165 ер йилига тенг. Нептуннинг икки-та йўлдоши бор. Француз математиги Леверье Уран сайёраси кашф этганидан кейинги 60 йил давомида ҳисоблаб чиқишига унинг орбитадан оғанлигини аниқлади. Леверье астрономларга номаълум қандайдир сайёра Уранни тортаётганлиги учун «Издан чиққан», деган қарорга келади. Узоқ ҳисоб-китоблардан кейин олим номаълум сайёрани қаердан излаш кераклигини кўрсатиб берди, Нептун деб ном олган бу сайёра чиндан ҳам ўша ерда бўлиб чиқади. Уран ва Нептун таркиби ва тузилишига кўра Юпитер билан Сатурнга ўхшайди.

Гигант сайёраларнинг асосий компонентлари водород ва гелийдан иборат. Аммо уларнинг таркибидан метан, этан, аммиак, ацетилен ҳам топилган. Сайёралар сиртининг ҳарорати жуда паст. У Юпитер учун -140°C чамасида бўлса, Сатурн учун -170°C га тенг. Ер ва Сатурннинг бир-бирига нисбатан ҳаракатлари мураккаб бўлганлиги туфайли биз учун ҳалқанинг кўриниши доимо ўзгариб туради.

1979 йилнинг охирида «Маринер-II» космик аппарати ёрдамида Юпитерда ҳам ҳалқа мавжудлиги аниқланди. Мазкур ҳалқа Сатурннинг ҳалқасига қараганда кучсиз шунинг учун у иншоилари Ердан қараганда кўринмагани ҳам бежиз эмас. Барча гигант сийёраларда ҳалқалар бўлиши кераклиги ҳақида бундан 40 йил аввал С. Всехсветский томонидан башорат қилинган эди. Бу яна бир бор олам жисмлари тўғрисидаги билимларимиз тўғрилиги ва астрономия фанидаги назарий тадқиқотлар самардорлиги ҳақида гувоҳлик беради.

Кўёшнинг тузилиши

Кўёш нафақат Ердаги ҳаёт манбаи бўлиши билан бирга, у бизга энг яқин юлдуз ҳамдир. Шунинг учун уни ўрганиш жуда кўп сонли юлдузларда бўлаётган жараёнлар тўғрисида фикр юритишга имкон беради. 3-чизмада келтирилган схема-кесмага қараб Кўёшнинг тузилиши тўғрисида тасаввур ҳосил қилиш



3-чизма

мумкин. Марказий зона $2 \cdot 10^5$ км га чўзилган ядровий реакциялар зонасида протон-протон типигаги реакциялар интенсив боради. Уларда вужудга келадиган γ -нурланиш энергиясининг бир қисмини Куёш моддаси атомларида йўқотиб ташқарига йўналади. Куёш марказидан 700 минг км масофада жойлашган қатламдаги газнинг зичлиги кичик, энергияси эса асосан конвекцион оким тарзида кўчади. Фотосфера деб аталувчи газ қатламида кўзга кўринувчан узлуксиз нурланиш, унинг юқори қисмида эса — Фраунгофер спектри ҳосил бўлади. Фотосферада Куёш сиртининг грануляцияси (донадорлиги) кузатилади. Ўлчами 700-1000 км бўлган грануляциялар — қоронғу ва ёруғ доначалар жуда қисқа вақт яшайдилар, кўчадилар, йўқоладилар ва яна қайтадан пайдо бўладилар. «Фотосфера чексиз газ океани бўлиб, унинг устида гигант тўлқин кўчиб юради» деб фараз қилинади.

Биз бу тўлқинларнинг дўнглигини ёруғ, чуқурлигини эса қоронғу гранулалар тарзида қабул қиламиз. Самолётдан қаралганда денгиз тўлқинларининг кўринишига ўхшаш манзара кузатилади. Фотосферанинг сиртида даврий равишда ёруғроқ соҳа билан ўралган қоронғу доғлар ва шунингдек машъал деб аталувчи қизиган газнинг булутлари юзага келади.

Куёш доғлари ва машъал майдонларини исталган телескоп ёки дурбин ёрдамида кузатиш мумкин. Куёш доғлари биринчи марта 1610 йилда Галилей томонидан кузатилган (аниқланган).

Фотосфера унчалик катта бўлмаган қалинликка (100-300км) эга, зичлиги эса 10^{-6} кг/м³ тартибда, ҳарорат 6000 К дан иборатдир. Мазкур ҳароратни одатда, биз «Куёш ҳарорати» деб атаймиз. «Хромосфера» деб аталувчи газ қатлами фотосфера орқасида чўзилиб ётади. Унинг қалинлиги 12-14 минг км, ўртача зичлиги 10^{-9} кг/м³ тартибда. Газнинг зичлиги жуда ҳам кичик бўлганлиги сабабли узлуксиз нурланиш ҳосил бўлиши учун шароит йўқлиги натижасида унинг хусусий спектри чизиқли спектрдан иборат. Тадқиқотларнинг кўрсатишича, хромосфера деярли структурага эга бўлмаган фотосферадан кескин фарқ қилади. Хромосфера мураккаб толавий тузилишга эга бўлиб, газ шаррасининг магнит куч чизиқлари бўйлаб ҳаракати билан тушунтирилади. Бир-бири билан заиф боғланган бу шарралар $(5-150)10^3$ К ҳароратга эгадирлар. Шундай қилиб, хромосферадаги газ термодинамик мувозанат ҳолатида бўлмаганлиги тўғрисида хромосферанинг ўртача ҳарорати ҳақида гапириш шарт эмас.

Хромосферада газларнинг отилиб чиқиши — протуберанцлар ва хромосферик чақналар юзага келади. Хромосферавий чақналар — термондровий тавсифдаги жуда катта портлашлар бўлиб, уларни ерда содир бўладиган ҳеч қандай портлашга ўхшатиш мумкин эмас. Мазкур портлашлар туфайли жуда кўп сондаги зарралар космик фазо томон интилади ва улар 10 сондан сўнг Ернинг сиртига етиб боради.

Куёш доғлари, мишқаллар, протуберанцлар ва хромосфер чақналари фаол ҳосиллар деб аталувчи ҳосилаларга тааллуқлилар. Фотосферанинг кучли нурланиши хромосферанинг фаол бўлишига тўлиқ беркийтилиши учун уни оддий телелюминисценцияга қўзғатиш мумкин эмас. Уни Ой ўзининг диски билан қўзғатишга тўлиқ беркитиб, Куёш тугилганда ёки махсус қўзғаткич телелюминисценцияга қўзғатиш мумкин.

Хромосферанинг юқорида ниҳоят сийракланган газ қатлами бўлиши билан, у «Куёш тожи» деб аталади. Бу ерда газ зичлиги яқинда яқин ва ўртача 10^{-11} кг/м³ ни ташкил этади. Ҳарорати эса яқинда юқори ва ўртача 10^6 К га тенг. Газнинг бундай кичик зичлигида шундай катта ҳароратга эри бўлиши зарраларнинг шуда катта ҳарикат теъдиллиги билан тушунтирилади, яъни қандайдир кинетик ҳарорат ҳақида гапирингга тўғри келади. У қўзғаткич муносабат билан топилади.

$$\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT$$

Куёш тожини, Куёш тўлиқ тугилиши чоғида ёки махсус телескоп — коронограф ердамида кузатиш мумкин. Тожнинг ташқи кўриниши ва ҳўзилганлиги турли давр ёки циклларга эга бўлган Куёш фаоллигига қараб узғариб туради.

Куёш-Ер муиммоси. Куёшнинг фаоллиги даврий равишда ўзгариб туради. Давомийлиги 11, 22, 90, 178, 600, 1800 йиллардан иборат цикллarda аниқ кузатишган. Ердаги инқилибнинг узғаришида худди шундай цикллр ҳам кузатишганими ёки йўқми? — деган саволга жавоб бериш учун қўйидаги ҳодисага аҳамият берайлик. АҚШ ҳудудининг Улуғ теъдиллик майдонида гоҳ шимолга, гоҳ жанубга даврий сўзлашувчи қўрғоқчил минтақа мавжудлиги маълум. Силжиш даври давомийлиги 22 йилга тенг, яъни у Куёш фаоллигининг 22 йиллик циклига мос келади. Мазкур омиллар орасида АҚШнинг Ўрта Фарбида 1974 йилда қўрғоқчилик бўлиши мумкинлиги башорат қилинган эди. Қўрғоқчилик

эди. Қурғоқчилик бўлишининг олдиндан айтиб берилишининг аҳамияти гоятда катта. Ҳаттоки бўлиши мумкинлиги олдиндан айтилган бўлишига қарамай, 1974 йилда қурғоқчилик бир неча миллиард доллар зарар келтирди. Ҳозирги вақтда қурғоқчилик билан боғлиқ ишлар қандай ва у Куёш фаоллиги билан қандай боғланган?

Куёш фаоллигини бирор цикли устида гапирганда (масалан, 11 йиллик) бундан бошқа давомийликдаги циклларнинг мавжудлигини ҳам эсдан чиқармаслик керак. Куёш об-ҳаво боғланишига турли давомийликдаги циклларнинг таъсиригина эмас, балки улар ҳозирги даврда ўзаро қандай муносабатда эканлиги ҳам акс этади. Шунинг учун 11 ва 22 йиллик циклларнинг таъсири таҳлил қилинганда (бундан узоқроқ 90 ва 600 йил давомийликдаги) Куёш циклининг қайси фазасига берилган давр тўғри келишини, албатта эътиборга олиш керак. Россияда 1800-1915 йиллар оралиғида юз берган қурғоқчилик ҳақидаги маълумотлар таҳлил қилинганда қишлоқ хўжалик учун ноқулай йиллар тахминан ҳар ўн йилда қайталанар экан. Энг қурғоқчил йиллар Куёш фаоллигининг минимал даврига, улар орасида энг ёрқин намоён бўлганлари эса 1810, 1823, 1833, 1853 йилларга мос келар экан. Аммо бундан ташқари, Куёш фаоллиги максимал бўлган йилларга ҳам кўпинча қурғоқчилик мос келади.

Куёш фаоллиги циклига ўхшаш бундан ҳам узоқ давом этувчи цикллар ҳам мавжуд. Улардан бирининг давомчилиги 600 йилга тенг эди. Масалан, 600 йил аввал (XIV асрнинг 70-йилларида) Куёш фаоллиги жуда юқори бўлган, бизнинг эра-миздан олдин 648 йилда бошлаб 1378 йилда у фақат бир марта кузатилди.

Айниқса, иқлимнинг тахминан 1800 йилга тенг давр билан ўзгариши ишонарли кўрсатилди. Иқлимни бундай узоқ муддатли ўзгаришлари ҳақидаги маълумотлар Чўкинди жинслар қатламларининг алмашишлари, балчиқ қатламлари, музликларнинг ҳаракати, намгарчиликнинг тебранишлари ва бошқалардан олинади. Чўкинди жинслар қатламларининг 1800 йиллик давр билан ўрин алмашиниши баланд тик жарликлар — терасаларда (масалан, Цюрих Кўли қирғоқларида) кузатилди. Охириги 6000 йилда Ердаги иқлим шундай ўзгарадики, намгарчилик даврлар циклик равишда қуруқ ҳаво билан алмашиниб туради.

Ҳазирги Саҳроининг (Саҳрои Кабир) ўтмиши кишини тунда ҳайратди қолдиради. 1933 йили марказий Саҳрои Кабирдаги тик кўтарилган қояда буга баргини еяётган филларнинг, каркидонларнинг, бегемотларнинг ва узун бўйинли жирофаларнинг барельеф тасвирлари топилди. Топилган тасвирлар туран диврларга тишлуқдидир. Мазкур ихтиро Саҳрои Кабир қашонларидир жуда бой ўсимлик ва ҳайвонот дунёсига эга бўлган Улка ва бизнинг эраимиздан аввал V ва IV минг йилликларда Саҳрои Кабирда ва бутун Ер юзиде ҳам сернам иқлим бўлганлигини далилат беради.

Одамни суя босиши (Нух тўфони) тарзида маълум бўлган қашонлар таъминоти шу вақтларга тишлуқдидир. Булар ҳақида 1933 йил ва 1914 йилда Тигр ва Евфрат дарёлари оралигидаги ШИЯЯ Утқиштан қашон ишлари гуноҳлик беради. Қуруқ иқлимнинг охири бизнинг эраимизнинг даври VI-X асрларга тўри келди. Шу даврада Қашон деңизининг сатҳи бутун тарихи даврида энг паст бўлган. Ҳазирда одам яшамайдиган Кавказ тег йиқаларида ва Амалда одамлар яшган. Исландияда энг аввал Гренландия ўрмонлир билан қонланган. Гренландия сернам ва ерли мўл ўтлоқлари бўлган. Исландия кўм-кўк мамлакатнинг ҳақида у эрга 895 йилда яшан учун келган викинглар гуноҳлик беради.

Аммо тахминан XIII асрдан бошлаб юз берган совиш ҳаловатли оқибатларга олиб келди. Гренландияни музликлар қоплади. Кўм-кўк мамлакат одамсиз қолди. Альп ва Кавказни ҳам музликлар қоплади. Бу кичик музлик даври эди. Худди шу даврада суя сатҳининг кўтарилиши туфайли Ўрта Осиёдаги Янгикиит шаҳарининг аҳолиси шаҳарни илон босганлиги учун уни ташлаб кетини мажбур бўлдилар. Тахминан XVII асрдан бошлаб сернам иқлим иссиқроқ, қуруқроқ иқлим билан алмашди. Саҳрои Кабир яна қуруқ бўлиб қолди. Навбатдаги ўсимлик ва ҳайвонлар мўл бўладиган «Олтин давр» Саҳрои Кабир учун бизнинг эраимизнинг XXXIII асрида келиши мумкин.

Қуёш системасининг келиб чиқиши

Қуёш системасини келиб чиқиш масаласининг қийинчилиги шундаки, бизнинг метагалактика доирасида, тўқимол, бизникига ўхшаш сайёра тизимлари мавжуд бўлса ҳам бит уни амалда кузата олмаймиз. Қисқаси, бизнинг Қуёш системасининг ҳозирча солиштириш имкони йўқ.

XVIII аср ўрталарида биринчи космологик гипотезалар немис файласуфи Э. Кант ва кейинчалик француз олими П. Лаплас асарларида пайдо бўла бошлади.

Уларнинг назариялари бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда яратилганига қарамай фанга Кант-Лаплас космогоник гипотезаси сифатида кирган.

И. Кантнинг гипотезасига кўра, қуёш системаси планеталари ҳосил бўлгунга қадар, система ҳозир эгаллаб турган фазо сочилган материя билан тўлган бўлиб, у марказий қуюқланиш тарзида намойён бўлган, қуёш атрофида айланма ҳаракатни содир этган. Вақт ўтиши билан сочилган материя (туманнинг) зарралари орасида юзага келган тортишиш ва итарилиш кучлари натижасида планеталар ҳосил бўлган. И. Кант биринчи бўлиб, қуёш тизими доимо мавжуд бўлмаганлиги ҳақидаги тахминни айтди. Унинг фикрича, системанинг юзага келишида туманликнинг зарралари орасидаги ўзаро таъсирлашув муҳим рол ўйнайди. Бунда, И. Кантнинг гипотезаси, амалда кузатилаётган қуёш системалари орбиталарининг тахминан бир текисликда жойлашишига ва улар йўлдошларининг мавжудлигига қарама-қарши эмасдир.

И. Кант гипотезасидан 50 йил ўтгандан кейин П. С. Лаплас гипотезасининг кўп жиҳатлари И. Кантнинг гипотезаларига мос келади. Унинг космогоник назарияси ҳам қуёш системаси айланма ҳаракат қилаётган газ туманлигидан вужудга келади, деган фикрига асослангандир. И. Кантнинг назариясида ҳам қуёш системаси газли туманликдан ҳосил бўлганлиги таъкидланган, аммо у аввалдан айланма ҳаракатни амалга оширмаганлиги билан фарқ қилади. Аммо бу ҳолда осмон жисмлари қандай қилиб айланма ҳаракатни амалга оширишлари тўғрисида, энгил бўлмас қийинчилик юзага келади. П. С. Лапласнинг назарияси XIX асрнинг биринчи ярмида жуда катта муваффақиятга эришди. Аммо кейинчалик бу асосда қатор фактларни тушунтириб бўлмаслик маълум бўлиб қолди. Масалан, нима учун қуёш ҳозирда ўз ўқи атрофида секин айланмоқда, гарчанд у сиқилиш туфайли ўз ўқи атрофида шундай тез айланиши керак эдики, марказдан қочма куч таъсирида ундан моддалар ажралиб чиқиши керак эди.

Қуёш системасининг ҳосил бўлиши ҳақидаги фикрлар ривожига инглиз астрофизиги Ж. Жинс ҳам ўз ҳиссасини қўшди. Унинг фикрига кўра қачонлардир қуёшнинг бошқа юлдуз билан тўқнашиши туфайли ундан газ шарраси отилиб чиққан. Мазкур газ шаррасининг зичлашиши (қуюқлашиши) натижа-

сида планеталар ҳосил бўлган. Аммо юлдузлар орасидаги масофа жуда катта эканлигини эътиборга оладиган бўлсак, бундай туқнашишларни амалга ошиши эҳтимолдан жуда узоқдир. Ж. Жинс назариясининг кейинги батафсил таҳлили, унда бошқа камчиликлар борлигини ҳам кўрсатди.

Қуёш системаси планеталарининг ҳосил бўлиши ҳақидаги ҳозирги замон концепцияси шунга асосланадикки, унда нафақат механик кучларни, балки бошқа кучларни ҳам хусусан, электромагнит кучларни ҳам эътиборга олиш керак экан. Мазкур ғоя швед астрофизиги Х. Альфвен ва инглиз астрофизиги Ф. Хойл томонидан илгари сурилди. Қуёш системасини вужудга келишида электромагнит кучларнинг худди ўзи муҳим рол ўйнаганлигининг эҳтимоли ғоятда каттадир. Ҳозирги замон тасаввурларига кўра, дастлаб вужудга келган газ булути ионлашган ҳолатда бўлганлиги туфайли, унда электромагнит кучлар таъсири сезилган. Газ булутини жуда катта зичлашиши натижасида қуёш ҳосил бўлганидан кейин, ундан жуда узоқ масофаларда мазкур булутларнинг кичик қисмлари қолди. Гравитацион кучлар қолган шу газ қисмларини ҳосил бўлган юлдуз – қуёшга торта бошлайди. Аммо қуёшнинг магнит майдони унга тушаётган газни турли масофаларда, яъни қисрда планеталар жойлашган бўлса, худди шу ерда тўхтатиб қолдирди. Шундай қилиб гравитацион ва магнит кучлар, тушаётган газ булутининг концентрациясига ва қуюқлашишига таъсир этди, бунинг натижасида планеталар ҳосил бўлди. Катта планеталар вужудга келгандан сўнгра, худди шу жараён кичик масштабларда содир бўлиши натижасида йўлдошлар тизими юзага келганлигини таъкидлаш жоиздир.

Қуёш системасини юзага келиши назарияси гипотетик тавсифга эга, чунки фан ривожланишининг ҳозирги замон босқичида улар ҳақида аниқ фикр билдириш қийин. Ҳозирда мавжуд назарияларнинг барчасида қарама-қаршиликлар ва ноаниқликлар мавжуд.

Юлдузларнинг асосий турлари

Катта ёруғликка эга бўлган юлдузлар «гигант ва ўта гигант» деб аталади. Уларни массалари Қуёш массасидан 2-3 ва ҳатто 30-40 марта катта бўлганлари ҳам бор. Аммо Қуёш массасидан 10 мартага кичик бўлган юлдузлар ҳам мавжуд. Бу юлдузлар қизил ва оқ карликлар кичкина ва жуда иссиқ юлдузлардир. Улар ёришганлиги бўйича гигант юлдузлардан қолишмайди. Уларнинг

энг тавсифли хусусияти жуда катта зичликка эгалигидир. Яқинда очилган нейтрон юлдузлар булардан ҳам катта зичликка эга экан. Уларнинг зичлиги шундайки, агар 1 см^3 моддани Ерга кўчириш имкони бўлса, унинг оғирлиги бир неча миллион тонна бўлар эди. Бундай юлдузларнинг мавжудлиги бизнинг асримизнинг 30-йилларида академик Л.Ландау томонидан башорат қилинган эди.

Назарий ҳисобларнинг кўрсатишича, бундан ҳам сиқилган юлдузлар бўлиши керак, яъни улар ақл бовар қилмайдиган зичликка эга бўладилар. Агар диаметри $1,4 \cdot 10^6 \text{ км}$ бўлган Куёш «сиқиш» натижасида диаметри 1 км бўлган шарга айланса, бундай юлдузларни ўзингиз тасаввур этишингиз мумкин бўлар эди. Бу ҳолда у «қора ўрага» айланиб қолади.

«Қора ўра» деганда гравитацион кучларни ҳосил қилувчи, ҳаттоки ёруғликни ҳам ташқарига чиқара олмайдиган юлдузлар тушунилади. Улар ўзларига исталган модда ва электромагнит нурланишларни фақат ютишлари мумкин, холос. Биз бундай объектларни кўра олмаймиз. Шунинг учун уларни сезиш, пайқаш ҳам ҳозирги пайтда қийин. Бундай қора ўранинг биттаси Оқ қуш буржида (юлдузлар туркуми) мавжудлигига олимларнинг имони комил.

Юлдузларнинг муҳим характеристикаси — улар ялтирашининг доимийлиги ёки ўзгарувчанлигидан иборатдир. Жуда тез, фақат бир неча кун ичида чарақлаб турувчи юлдузлар туркуми аниқланди. Чақнаш пайтида уларнинг ялтираши ўн минг марта ва ундан ортиқроқ кучаяди. Ялтираб кўринишининг максимуми пайтида улар -6 дан -9 гача юлдуз ўлчамига тенг бўлиши мумкин. Бундай юлдузлар «янги юлдузлар» деб аталади.

Агар юлдузларнинг ялтираб кўриниши -11 дан -18 гача юлдуз ўлчамига ортса, у ҳолда бундай юлдуз «ўта янги юлдуз» дейилади. Бу юлдузларнинг чақнаши пайтида нафақат уларнинг ёритилганлиги ўн минг мартача ортади, балки уларни қаъридан, Куёш массасидан бир неча марта катта газ массаси отилиб чиқади. Ўта янги юлдузларнинг чақнаши янгига қараганда камроқ, битта чақнашда чиқарган модда янги юлдузга қараганда кўпроқ бўлади. Ўта янги юлдузлар бизни ўраб турган юлдузлар орасида энг ёшидир, яъни бу чақалоқ юлдуздир.

Уларнинг ёши 10^6 - 10^7 йил билан ўлчанади. Иккинчи янги ва ўта янги юлдузларнинг ўзига хослиги шундан иборатки, улар ўзларидан отилиб чиққан кучли радио нурланишга эгалар.

Юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси

Юлдузларнинг туғилиши ва ўлиши узлуксиз давом этадиган ибидий жараёндир.

1940 йилларда академик В.Амбарцумян томонидан юлдузлар туғилами ихтиро қилинди ва «юлдузлар ассоциацияси» деб аталди. Улар 10-15 тадан ортиқ бўлмаган юлдузлардан таркиб топган. Худди шуларда юлдуз ҳосил бўлиш жарёни юз беради.

Биз кузатаётган юлдузларни систематикалаш асосида юлдузлар эволюциясини кузатиб туришимиз мумкин. Инсон ҳаёти, ҳаттоки бутун инсониятнинг Ерда мавжудлик вақти ҳам юлдузлар ҳаёти билан солиштирилганда жуда ҳам кичик муддидир. Шунинг учун биз қандайдир юлдузларни эволюциясини жараён сифатида кузатмай, балки кузатиладиган жуда кўп юлдузлар орасидан ривожланишлари турли босқич(стадия)да бўлган юлдузларни танлаб олишимиз мумкин.

Янги туғилган юлдуз дастлаб, ўзини худди ўта янги туғилган юлдуздек тутади. Кейин ўзининг заминидан жуда кўп миқдорда моддаларни чиқариши натижасида янги юлдузга айланиб қолади. Юлдузнинг чақнаши тўхтагандан кейин, у турғун тизимга айланиб қолади. Қолган массага қараб, юлдузнинг кейинги ривожланиши икки йўл бўйича бориши мумкин.

Юлдузнинг марказий қисмида водороднинг ёниб туггани сари гравитацион кучлар ядрони сиқиши натижасида юлдузнинг ёритилганлиги ва ўлчами ортади ва мазкур жараён қизил гигантларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Бизнинг Қуёшимиз тахминан $8 \cdot 10^9$ йилдан кейин қизил гигантга айланиши мумкин. Бундай юлдузлар қолган ядровий ёнилғи шқираси тугаб ва оқ карлик босқичини ўтиб, секин-аста сонийди ва ўзининг борлигини йўқотади (бунинг учун яна бир неча миллиард йил ўтади).

Агар юлдузнинг массаси Қуёш массасидан катта бўлса, у ҳолда нейтрон юлдуз босқичига ўтиб, у қора ўрага айланиб қолади.

Мазкур қора ўра, ўзига қандайдир модда массаси ва нурланишни сўриб олиб ўта янги юлдуз тарзда чақнаши ҳам мумкин. Бу ва шунга ўхшаш саволларга бир маъноли жавоб бериш қийин.

Табиатдаги жараёнлар ривожланишининг табиий-илмий концепцияси

Протон ва нейтронларнинг атом ядроси таркибига бирлашиши таъсир радиуси 10^{-15} м бўлган ядровий кучлар иштирокида бўлади. Нуклонларни бундай масофага яқинлаштириш учун камида иккита шарт бажарилиши керак: эркин нуклонлар шундай энергияга эга бўлиши керакки, уларни бир-бири билан юқорида кўрсатилган масофага яқинлашишига имконият бўлсин: бунда уларнинг энергияси нуклонларнинг боғланиш энергиясидан катта бўлмаслиги керак, акс ҳолда бирлашиш турғун бўла олмайди. Шунинг учун нуклонлар синтези вужудга келиши аниқ ҳарорати интервалининг юқори чегараси бир миллиард градус чамасида бўлиши керак.

Протонларнинг электр зарядлари уларни бевосита бирлашишига тўсқинлик қилади. Шунинг учун электростатик итаришни енгиш катта энергия талаб этади. Коинот шароитида эса нуклонлар синтездан иборат қўшма ядролар ҳосил қилиш фақат нейтрон билан протонларнинг қўшилиши асосида рўй беради. Протоннинг нейтрон билан қўшилиши туфайли дейтерий ядросини, протон ва иккита нейтроннинг бирлашиши эса тритий ядросини ҳосил қилади. Булар водороднинг маълум изотопларидир. Бошқа элементлар ядросини ҳосил қилиш учун эса икки ва ундан кўп протонларни бирлаштириш талаб этилади. Г. А. Гамов ва бошқа олимлар нуклонлар синтезининг бошқа йўлини кўрсатдилар, улар асосида протон томонидан нейтронни норезонанс ютиш жараёни ётади. Мазкур жараёнда (ютилган) тutilган нейтрон, протон, электрон антинейтронга парчаланаяди ва натижада икки протонли барқарор ядро ҳосил бўлади, агар уларга яна бир ёки иккита нейтрон қўшилса атом номери 3 ёки 4 га тенг бўлган ядро юзага келади, яъни гелийнинг икки изотопидан бири ҳосил бўлади.

Умуман олганда, бундай жараён гелий ядроси билан ҳам қайтарилиши мумкин. У ўзининг зарядини бирга орттиради ва литий ядроси бўлиб қолади, кейин эса бериллий ядроси ва кейинги элементларники қайтарилаверади. Гуё барча элементларнинг ядролари бирининг кетидан бошқасининг изчил ҳосил бўлишига бевосита йўл очилгандек эди. Аммо табиатда оддийдан мураккабга ўтишлар бизнинг тасаввуримиздаги, кўпинча мантиқий жиҳатидан тўғри бўлган йўллардан фарқ қилади. Оламни илк пайдо бўлишида нуклосинтез ҳолида ҳам шундан

булган эди. Унда туғридан-туғри ривожланиш йулида сеҳрли 5 ва 8 сонли элементлар тусиқ булиб чиқди. Гап шундаки, атом оғирлиги 5 ва 8 га тенг булган ядроларни ҳосил қилишидаги нейтрон ва протонларни исталган комбинацияси ҳаётий эмас, у ҳосил булишидан тезроқ парчаланadi. Шунинг натижасида ядрога нейтронни қушиб олиб кейинчалик протонга айланиши ва ядронинг зарядини изчил бирга ошириш бошидаёқ узилиб қолади, нуклонлари сони тўртдан ортиқ булган ядрони ҳосил қилиш умиди сўнади. Нуклосинтезнинг йулидаги мазкур тусиқни физиклар «масса тирқиши» деб атадилар.

Шундай қилиб, олам ривожланишининг бошланғич фаза-сидаги нуклосинтез коинотда ҳозирги вақтда кузатилаётган турли-туман кимёвий элементларни ҳосил қила олмас эди, шунинг учун уни «бирламчи нуклосинтез» деб атадилар. Охириги моделларнинг бирига мувофиқ коинотнинг барча моддалари эволюциянинг дастлабки босқичида кенгайишни тез бошлади. Шу кенгайиш бошлангандан кейин ярим соатлар чамаси вақт ўтгандан сўнг барча нейтронлар протонларнинг бир қисми билан боғланиб қоладилар, улар озгина дейтерий қушимчаси булган гелий ядросини ҳосил қиладилар. Чунки ҳарорат ҳали ҳам юқори (300000°C атрофида) булганлиги туфайли бундай электронларни ядро билан бирлаштириш (рекомбинация) асосини атомни ҳосил қилишидан иборат жараёнларни содир булиши инкор этилади.

Кейинги тахминан 5000 минг йил ичида ҳеч қандай диққатга сазовор ҳодисалар рўй бергани йўқ. Коинот кенгайгани сари унинг совиши давом этади. Бунда коинот бир жинслилигини умуман сақлаган ҳолда, янада сийраклашиб бораверилади. Шу онда радиуси тахминан 100 млн. парсекка тенг модданинг зичлиги эса 10^{-22} г/см³ га камайган, вақтдаги ҳарорат тахминан 3000 К ни ташкил этар экан. Бундай шароитларда электронлар ядролар билан мустаҳкам боғланиш имкониятига эга буладилар ва улар барқарор водород ва гелий атомларини ҳосил қиладилар. Эркин электронлар тез йўқолади, бунинг натижасида уларни фотонлар билан ўзаро таъсирлашуви ҳам тўхтайди ва коинотдаги барион моддаси эса тиниқлашиб қолади. Нурланиш атомар моддадан ажралади ва шундай кўринишини ҳосил қиладики, уни бизнинг давримизда релектив нурланиш деб атадилар. Релектив нурланиш ўз структурасида ажралиш натижасидаги барион моддаси структураси ҳақида «хотир» сақлаб қолади. Ҳозирги кунда релектив нурланишнинг

ҳарорати тахминан 3 К ни ташкил этади. Бу абсолют қора жисмнинг мувозанатли нурланишига мос келувчи 10 дан 0,05 см га қадар тўлқин узунликли соҳанинг максимуми 0,1 см ли тўлқин узунликка тўғри келади.

Релектив нурланиш тажрибада инглиз радиофизиклари А.Пензлос ва Р.Вильсонлар томонидан 1964 йилда ихтиро қилинди. Мазкур ихтиро асримизнинг энг буюк ихтироси деб тан олинди, у иссиқ коинот концепциясининг жиддий исботи ҳисобланади.

Релектив нурланишнинг фазовий тақсимланишини ўрганиш оламнинг ривожланиши бошланғич даврининг сўнгги фазаси тўғрисида муҳим ахборот беради. Хусусан, рекомбинациянинг ўтиши пайтида коинотдаги барион моддаси ниҳоят бир текис ва изотроп тақсимланганини тасдиқлайди.

Демак, бирламчи нуклеосинтез водород-гелийли коинотни шакллантирди. Коинотдаги гелий, водород ва улар изотопларининг нисбий таркиби, уларда нуклеосинтез ўтган шароитнинг қонуний натижасидан иборат. Агар нуклеосинтез охирида энгил элементлар концентрациясининг ўзаро нисбатини аниқлаш имкони бўлганда эди, унда коинотни ривожланишининг бошланғич босқичида юз берган шароитни тиклаш имкони бўлар эди. Аммо нуклеосинтез натижасини етарлича катта аниқлик билан аниқлаш ҳозирги замон фани учун ҳозирча кучи етмайдиган муаммолардир. Энг яхши ҳолда, у ҳозирги коинот элементлари таркибини тахминан аниқлашга қодир.

Ривожланишни табиий-илмий концепциясининг мазмуни

Коинот тўғрисида гапирганда, ҳар доим моддий коинотни назарда тутамиз. Унинг учун вакуум «ташқи муҳит» тарзида қаралиб коинот билан энергия, эҳтимол, нафақат энергия алмаштиришни амалга ошириши мумкин. Бу ҳолда моддий коинотни очиқ тизим тарзида қараш керак, биз ҳам шунга амал қиламиз. Очиқ номувозанатли системалар эса ўзи шаклланувчи тизимлар, диссипатив структуралардир. Исталган мураккаблик даражасидаги ўзи ташкилланувчи тизимнинг ривожланиши юқорида таъкидланганидек, икки босқичга ажратилади. Мураккаблик даражаси ихтиёрий бўлган ўз-ўзини ташкилланувчи тизим тараққиётида юқорида айтилгандек, икки босқични фарқлайдилар тизимни сифат жиҳатидан ўзгартирмайдиган эволюцион ва уни инқироз ҳолатидан

чиқариб олдингисига қараганда юқори даражада тартибланганлик янги турғун ҳолатга ўтказувчи сакраш босқичидир. Ривожланишнинг бу янги илмий концепцияси қисқача уч ҳадли формуладан: тизимлик, динамизм, ўзташқилланишдан иборат. Эволюцион, сифати ўзгармайдиган тизимни, сакраш билан, уни кризис ҳолидан сифат жиҳатидан янги ҳолатга аввалгисига қараганда юқорироқ бўлган тартибланганлик даражасига утказади.

Мазкур формулага кирувчи тушунчаларни ойдинлаштирайлик. **Тизимлилик** — бу умумий системавий ёндошиш шунга асосланганки, инсонга коинотни кузатиш учун қулай бўлган бу соҳаси, ҳосил бўлишидан бошлаб ҳозирги кунга қадар ўз тарихига эга бўлиб фанга маълум бўлган тизимларнинг энг йириги тарзида намоён бўлади. Ўзининг ривожланишининг маълум босқичида коинот очиқлиги ва номуस्ताқиллиги билан тавсифланувчи ҳар хил масштаби тизимларни ҳосил қилади. Берилган масштабдаги тизимнинг ташқи муҳити бўлиб, ундан ҳам каттароқ масштабдаги система хизмат қилади, тизимча эса у билан модда ва энергия алмашади. Моддий коинотнинг ташқи муҳити тарзида физик вакуум хизмат қилади. Коинотнинг ҳар қандай тизимчаси, масалан, галактика, Қуёш системаси, сайёра, биосфера, инсон ва ҳоказолар табиий барқарор жисм тарзида намоён бўлади. У маълум даражада автономияга, ўзининг хусусий ривожланиш йўлига эга бўлган. Аммо тизимнинг бир бугун ажралмас таркибий қисми бўлиб қолади. Динамизм — тизимнинг ривожланишсиз, ҳаракатсиз мавжуд бўлолмаслигидир. Динамизм — исталган масштабдаги тизимнинг хусусиятидир.

Ўзташқилланиш — кенг маънодаги мазмуни материяга хос хусусият бўлиб, ўзининг ривожланиш йўналишида кўпроқ тартибланган структураларни ҳосил қилиш ва элементларни мураккаблаштириш қобилиятидир. Мазкур қобилиятнинг конкрет намоён бўлиши тизимнинг мураккаблиги ва унинг ривожланиш шароитига боғлиқ. Ўзташқилликнинг тор доирадаги мазмуни бу тизимни камроқ тартибланган ҳолатдан кўпроқ тартибланган ҳолатга ўтишидир. Бу ҳодиса батафсилроқ қаралганда, турли табиатга эга бўлган тизимлар учун умумий булган хусусият — сакраш алгоритмидан иборатдир.

Тизимларни мураккаблаштириш жараёнида иккита бир-бирини тўлдирувчи жараёнларни фарқлайдилар: қисмларни қўшиш ва тизимларни ажратиш (фракциялаш). Бу икки прин-

ципга асосланган механизм микродунёдан бошлаб, коинотнинг катта масштабли структурасига қадар, мураккаблик ва тартибланганликка эга бўлган барча сатҳларда кузатилади.

Турли мураккабликдаги тизимнинг ривожланиши асосида гуё турли табиатга эга бўлган кучлар ётибди, аммо уларнинг ҳаммаси охир-оқибатда тўртта фундаментал таъсирлашувга келади. Демак, субядровий сатҳда бирлаштирувчи куч вазифасини кучли таъсирлашув бажарса, фракцияловчи эса вазифаси кучсиз-заиф ўзаро таъсирлашув бажаради. Ундан ҳам юқори ядровий, ташкилланиш даражасида эса кучли ўзаро таъсирлашув ядровий кучлар қиёфасида намоён бўлиб, энди у нуклонларни ядрога бирлаштирувчи куч вазифасида, заиф ўзаро таъсирлашув эса уларни радиоактив емирилиши қиёфасида намоён бўлади. Атом сатҳида эса бирлаштирувчи ва фракцияловчи куч вазифасини электромагнит ўзаро таъсирлашув турли ишорали зарядларнинг ўзаро тортишиши ва бир хил зарядларнинг бир-биридан итарилиши кўринишида намоён бўлади. Молекуляр сатҳда электромагнит ўзаро таъсирлашув ўзига мос функцияларни кимёвий ва Ван-дер-Ваальс кучлари қиёфасида бажаради. Коинотнинг макроструктурасини бирлаштириш ва фракциялаш асосида гравитацион ва электромагнит кучларга таянади.

Тизимнинг мураккаблик даражаси қанчалик юқори бўлса, бирлаштирувчи ва фракцияловчи кучларнинг намоён бўлиши шунчалик мураккаблашади. Аммо уларнинг асосида охир-оқибатда табиатнинг тўртта фундаментал кучларининг ҳаммаси намоён бўлади. **Ўзташкилланишнинг** бошланишини ахтарадиган бўлсак, у модда тузилишининг ичкарасига кириб боради ва қаерда ҳозирги замон фанида «заряд» тушунчаси модданинг хусусияти тарзида иш кўрса, унинг зарраларининг бир-бири билан ўзаро таъсирлашуви қобилятини белгилайди. «Заряд» тушунчасининг нималигини англаб етиш учун бугунги кундагига нисбатан, модда ва вакуум табиатига чуқурроқ кириб бориш талаб этилади.

Коинотнинг тузилиши ва эволюциясини космология ўрганadi. Космология табиатшуносликнинг бўлимларидан бири бўлиб у мазмуни жиҳатидан ҳар доим фанлар чегарасидан жой олади. Космология физика, математика, философиянинг усул ва муваффақиятларидан фойдаланади. Космология фани бизни ўраб турган барча мегадунё, катта коинот ва уларнинг энг умумий хусусиятлари ва коинотнинг гўзаллашиши ва эво-

люциясини тавсиф этиш масаласидан таркиб топган. Космологиянинг хулосалари дунёқарашни шакллантиришда жуда катта аҳамиятга эга эканлиги равшан.

Ҳозирги замон астрономияси нафақат жуда катта галактикалар оламини очди, балки уникал ҳодисалар: метagalактиканинги кенгайишини, кимёвий элементларнинг космик тарқалганлигини, коинотнинг доимий ривожланишидан гушоҳиш берувчи релектив нурланишнинг мавжудлигини ҳам кўрсатиб берди. Галактикаларнинг тупланишининг юзага келиши, юлдуз ва галактикаларнинг шаклланиши ва ёнигилиши, сайёралар ва улар йўлдошларининг ҳосил бўлишининг ҳаммаси коинот структурасининг эволюцияси билан боғлиқ.

Миллион йиллар давомида совиши ва ўзаро таъсирлашуви натижасида фазода сочилган моддаларнинг ҳаммаси катта ва кичик ҳосилаларга бирлашадилар. Улар эса юз миллион йиллар давомида яқинлашиб қўшилиши туфайли ғоятда катта комплексларга айланади. Уларда эса ўз навбатида бундан зичроқ булақлар, у ерда эса кейинчалик юлдузлар, ҳаттоки бутун галактикалар ҳам ҳосил бўлади.

«Коинот эволюцияси» ғоясининг худди ҳозирги кунда ифодла ёғиш тамомила табиий. Афсуски, ҳар доим ҳам шундай эмас эди.

Ҳар қандай улуг илмий ғоя каби, у ҳам узоқ ривожланиш кураш ва тикланиш йўлини босиб ўтди.

Энди коинот тўғрисидаги фаннинг ривожланиш босқичларини қараб ўтайлик.

Ҳозирги замон космологияси XX аср бошларида тортишишнинг релятивистик назарияси яратилгандан сўнг юзага келди. Янги тортишиш назариясига асосланган биринчи релятивистик модел бутун коинот тавсиф этишга даъвогар назария 1917 йилда А.Эйнштейн томонидан яратилди. Аммо у статик коинотни тавсиф этди, кейин астрофизик кузатишлар мазкур назария потўғри эканлигини эътироф этди.

1922-1924 йилларда совет математики — А. А. Фридман томонидан вақт ўтиши билан ўзгариб турадиган бутун коинотнинг тавсифи учун умумий тенгламалар таклиф этилди. Юлдуз нимчалари бир-биридан ўртача ўзгармас масофада туриши мумкин эмас. Улар ё яқинлашиши ва ё узоқлашиши керак. Бундай натижа тортишиш кучининг мавжудлиги бўлиб, улар космик масшабларда бош ролни ўйнайди. Фридманнинг хуло-

сасига кўра, коинот кенгайиши ёки сиқилиши керак. Бундан коинот тўғрисидаги умумий тасаввурларни қайта кўриб чиқиш керак бўлади. 1929 йилда америка астрофизиги Э.Хаббл астрофизик кузатишлар ёрдамида коинотнинг кенгайишини ихтиро қилди, бу А.А.Фридманнинг хулосасининг тўғрилигини тасдиқ этди.

Оламнинг ҳозирги замон физик манзараси Коинотнинг фундаментал хоссаларини тушунишда барион материя асосий ролни ўйнайди.

Барион материянинг ўзи нима? Физикада у турли номлар остида учрайди. Ядровий модда, адрон материя, гиперон модда, нейтрон модда ва ниҳоят **кварк-глюоннавий** плазма. Бу номларнинг барчаси микроскопик кичик тизимлардаги ва макроскопик жисмлардаги барион моддаларнинг турли ҳолатларини акс эттиради. Исталган моддий объектни барион сони (ёки барион заряди) билан тавсифлаш мумкин. Табиатда мавжуд бўлган атом ядролари учун у 1 дан 238 гача ўзгаради. Нейтрон юлдузи барион сонининг катталиги 10^{57} тартибда баҳоланади. Коинотнинг барчаси учун барион сонининг миқдори 10^{78} ни ташкил этади.

Ҳозирги маълумотларга кўра, барион моддани ёши амалда коинотнинг ёшига мос тушади, аммо у табиатда турли-туман кўринишда намоён бўлиши билан фарқланади: микродунёнинг фундаментал объектлари — атом ядроси кўринишида, қора ўранинг қаъридаги нейтрон ва кварк юлдузлари шаклида. Аммо бу — эволюциянинг ҳозирги замон босқичидир. Катта портлашлардан кейин эса барион материя бевосита кваркдан иборат бир жинсли иссиқ плазма шаклида мавжуд бўлган.

Ҳозирги даврда Коинотдаги барион модда асосан микродунё объектлари кўринишида микроскопик моддаларнинг структуравий блокдан иборат атом ядроси кўринишида намоён бўлади. Коинотдаги атом ядросининг асосий қисми водород (70% ортиқроқ) ва гелий ядроси (25% атрофида) қолган кимёвий элементларнинг атомлар улушига 1% тўғри келади.

Барион модданинг озгина қисми бизга маълум бўлмаган фазовий ҳолатда нейтрон юлдуз ва қора ўралар типидagi макроскопик жисмлар таркибида мавжуддир.

Макроскопик дунё Коинотнинг гравитацион майдонини ва фазо-вақт эгрилигини ҳосил қилишда барион модда роли жуда муҳимдир. Коинотдаги тортишиш майдонини галактикаларнинг тўплангандаги ҳаракатини кузатиб ўлчаш мумкин.

Бу тортишишни ҳосил қилувчи галактика тўпламининг умумий массасига ҳар қандай кўринишдаги модда ва майдонлар қушилганда ўлчаш имконини беради. Турли компонентларини умумий массага қўшган улушини ҳисоблаганда, массасининг асосий улуши (99,9%) барионларга қарашли экан. Гарчи фотонларнинг сони барионлар сонига қараганда 10^9 марта кўп бўлса ҳам, уларнинг коинотдаги массаси умумий барионлар массасининг тахминан 1% ини ташкил этади. (Чунки, ядро протон ва нейтронлардан таркиб топган. Улар эса барионлардан иборат). Электронлар массасининг улуши бундан ҳам кам, у барион массасининг $5 \cdot 10^{-4}$ улушини ташкил этади. Шундай қилиб юлдузлар ҳолати ва эволюциясини, галактикалар структурасини белгиловчи тортишиш кучи бутунлай барион моддага боғлиқдир.

Барион модданинг ҳозирги фанга маълум хусусиятлари ва ирровий жараёнларни бошқариш қонунлари, коинотнинг дастлабки кенгайиши энг илк босқичдан бошлаб унинг эволюциясидаги кўп назарияни тушуниш имконини беради.

Барион модданинг ўзига хос хусусиятларини билиш Г.А.Гамовга иссиқ Коинот моделини яратиш имкониятини берди. У 20-йилларда белгиялик олим Ж.Ламетр томонидан тиклиф этилган Катта портлаш назариясини физик мазмун билан бойитди.

Барионлар ва барион тизимларнинг ўзаро таъсирлашуви қонуниятлари энергетик жараёнлар ва юлдузларнинг нур сочиб туриши ва уларнинг портлашлари механизмини ойдинлаштириш имконини беради. Мазкур қонуниятлар табиатда кимёвий элементларнинг ҳосил бўлиши ва тарқалганлигини ва барион модданининг ҳосил бўлиш пайтидан бошлаб унинг эволюциясини кузатиш мумкин.

Барион моддани олимлар олдида намоён бўлган биринчи табиий ҳодиса 1896 йилда ихтиро қилинган кимёвий элементларнинг емирилишидан иборатдир.

Аммо радиоактивлик ҳодисасини тушунтириш кейинроқ — атомлар структураси очилгандан кейин рўй берди. Чунки радиоактив жараёнлар ҳозир маълум бўлишича атомда эмас, балки ядрога рўй берар экан. Бу барион модданинг маълум шароитларда ностабиллиги ҳақида гувоҳлик беради. Юлдузларни алоҳида нуклеосинтез жараёнларида ҳосил бўладиган радиоактив емирилиш жараёнларида жуда катта энергия ажралиши рўй беради. Хусусан ўта янги юлдузларнинг чақнашларида ва сайё-

ралардан иссиқлик ажралганда кузатиш мумкин. Ер узоқ вақт давомидаги эволюция натижасида дастлабки совуқ ҳолатидан ўзини иситиши натижасида қисман эриш ва модданинг кимёвий деференцияси рўй бериши туфайли Ернинг ҳозирги замон геосфераси (сиртий қобиқ, мантиқ пластик ядро, марказий ядро) белгиланди. Ҳозирда аниқланган ҳисобларга кўра Ерни иссиқлик режимида (тарғибот) икки элемент оилалари — уран, торий ва калийнинг радиоактив изотоплари улар авваллари 10^{21} (бир йилда) калориягача радиоактив нурланиш иссиқлик бериши маълум. Бу эса сайёра моддаларини қисман эритиш учун етарли эди. Коинотнинг эволюциясида нуклеосинтезнинг роли бундан ҳам гоётада катта эканлигини таъкидлаш зарур. Катта портлашдан кейин барион моддани секин-аста мураккаблашишисиз водород ва гелий кимёвий элементларидан оғирроқ ядроларнинг синтезисиз ерда ҳаёт вужудга келмас эди. Оғир кимёвий элементларнинг ядроларида йигилган энергиялардан фойдаланмай туриб, шунингдек, ядровий реакция синтези амалга ошиши натижасида юлдузларда ажраладиган энергиясиз бамаъни ҳаёт эволюциясини тасаввур этиб бўлмайди.

Ҳозир биз яшаётган коинот космологик сингуляр ҳолатдан бошланган энг илк босқичларда нима бўлган, катта портлашнинг сабаби нимада?

Уларни биз билмаймиз. Ҳозирча Космик сингулярлик Планк характеристикасига эга бўлган квантли объектдан иборатдир; ўлчами 10^{-33} см атрофида, зичлиги 10^{94} г/см³ (массаси 10^{-5} г); жараёнлар ўтишининг тавсифли вақти — 10^{-44} с. Коинот тўғрисида бирор нарсани фақатгина биз 10^{-43} с дан бошлаб катта портлашдан кейинги жараёнлар тўғрисида гапира оламиз. Худди шу вақтдан бошлаб ердаги физика ишлай бошлади. Илк Коинот гигант элементар заррани эслатади. Шунинг учун «илк коинот нима эди?» деган саволга жавобни элементар зарралар физикасидан қидирмоқлик керак. Академик Я.Зельдовичнинг ёзиши бўйича, элементар зарралар физикаси билан қизиқувчи физиклар учун илк коинот — жаннат, унда тезлатгичлар эриша олмайдиган жараёнлар бориши мумкин.

Илк Коинотни зарра ва нурланиш билан тўлган олов шарга қийслаш мумкин. Ҳозирги замон космологик тасаввурларига кўра, коинот уз эволюциясининг бошида қисқа инфляцион даврда шиддат билан шишиб кетади, кейин Коинотнинг узлуксиз кенгайиши давом этаверади (ҳозирги вақтга қадар). Уни

барион материянинг тортишиш кучлари секинлатиб тўхтатиб боради.

Катта портлаш рўй бергандан кейин қандай ҳодисалар содир бўлганлигини қараб қўрайлик. Тахминан 10^{-35} с давом этадиган инфляцияни шишишдан кейин «бирламчи» материянинг вакуумсимон ҳолати йўқолиб барча фундаментал зарра ва антизарралардан ташкил топган иссиқ плазмага ўрнини бўшатади. Улар орасида барион зарядига эга бўлган кварк ва антикварклар ҳам қатнашади.

Коинотнинг кейинги кенгайиши ва совишида кварк плазма кварк тизимдан таркиб топган адрон фазага фазовий ўтишни содир этиши керак. Уларнинг энг оддийси учта кваркдан иборат барионлар, кварк ва антикваркдан таркиб топган мезонлардир.

Моддаларнинг кейинги совугани сари зарра ва антизаррани аннигиляцияси содир бўлади ва ностабил зарралар емирилади, бунинг натижасида барча адронлардан фақатгина нисбатан керагидан ортиқча бўлган нейтрон ва протонларгина омон қолади, улар эса кваркларнинг антикварклардан дастлабки куплигига масъулдирлар.

Кейинги кенгайиш ва модданинг совиши бирламчи термоядровий синтезнинг бошланиши учун қулай шароит юзага келади. Кейинги 100 с вақт давомида протон-нейтрон плазмада водород, гелий, литийларнинг биринчи ядроларини ҳосил бўлишига имкон туғилади. Америкалик физик Д.Силканинг ганига қараганда илк Коинот худди водород бомбага ўхшар эди. Ҳарорат ва зичликни кейинги камайиши билан оғир кимёвий элементлар синтезининг имкони бўлмай қолди. Маълумки, термоядровий синтез рўй бериши учун ҳарорат юз миллион градусдан кам бўлмаслиги керак. Илк Коинотнинг кенгаётган моддаси асосан водород (75%) ва гелий (25%) дан ташкил топган. Термоядровий синтезнинг қисқа вақт чақнашидан кейин Коинот эволюцияси нисбатан осойишта фазага кирди.

Кенгайиш бошлангандан миллион йил кейин биринчи нейтрал атомлар ҳосил бўла бошлади. Бунинг маъноси шуки, Коинот шунчалик совидики, ундаги электронларнинг ядрога қўшилишига имконият туғилди.

Илк Коинот, «ҳозирги» Коинотга асло ўхшамайди. Ҳеч қандай кимёвий элементларнинг ранг-баранглиги кузатилмайди, фақат гелий ва водородгина мавжуд. Юлдузлараро муҳитда

ҳеч қандай молекулалар, ҳеч қандай юлдузлар ва галактикалар йўқ. Ушбу муҳит бўш ва жонсиз олам ҳисобланади.

Бу зерикарли давр миллиард йил давом этди. Кейин эса Коинот уйқудан уйғониб, водород-гелий саҳросида бўлгуси фазовий структураларнинг куртаклари пайдо бўла бошлади.

Биринчи юлдузларнинг қурилиш материаллари бўлиб эса водород ва гелий хизмат қилди. Гравитацион сиқилиш ва юлдузларда моддаларни қизиши термоядровий реакциялар мураккаб занжирини юзага келишига олиб келди. Оғир юлдузлар эволюциясининг тугаши барион модданинг янги фазовий ҳолатидан – кварк ва нейтрон юлдузлар далолат беради. Катта портлаш содир бўлгандан бир неча миллиард йил ўтгандан сўнг, эволюцион спирал бошланғич коинот учун тавсифли бўлган бир жинсли кварк плазмаларнинг яшаши учун шароит вужудга келди.

Шуни таъкидлаш керакки, кенгайган коинотнинг барион моддаси мураккаб эволюцияни бошидан кечирса ҳам, аммо у ёки бу даврда физик жараёнларнинг ўзига хослиги билан ва термодинамик параметрлари (ҳарорат, зичлик, энтропия) билан белгиланади. Космологик кенгайишнинг ўзи эса барион модданинг ҳолатига асло таъсир қилмайди. Чунки чексиз бир жинсли модда шарсимон бўшлиқ ичида тортишишни ҳосил қилмайди.

Ҳозирги пайтга келиб Коинот 12-20 миллиард ёруғлик йилига кенгайишга улгурди. Коинотни радиуси шундай масофа билан аниқланадики, коинот пайдо бўлгандан бошлаб ҳозирги вақтга қадар ёруғлик тарқалаётган масофадан иборатдир.

Коинотнинг кенгайиши билан кўриш горизонти ҳам кенгайиб, доимо биздан узоқлашиб боради.

Фундаментал ўзаро таъсирлашувлар

Элементар зарралар тавсифида яна бир тасаввур – ўзаро таъсирлашув мавжуд. Табиатда тўрт хил кўринишдаги фундаментал ўзаро таъсирлашувни фарқлайдилар: кучли, электромагнит, кучсиз ва гравитацион. Элементар зарралар хоссаларини олдинги уч хил кўринишдаги ўзаро таъсирлашув билан аниқлаш мумкин.

Кучли ўзаро таъсирлашув атом ядроси чегарасида содир бўлиб, унинг таркибий қисмлари шу таъсирлашув туфайли бир-бирига яқинлашади ва узоқлашади. У 10^{-15} м тартибдаги

масофагача таъсир кўрсатади. Муайян шароитларда кучли узаро таъсирлашув зарраларни жуда мустақкам боғлаши натижасида боғланиш энергияси жуда катта бўлган моддий тизим — атом ядросини ҳосил қилади. Худди шунинг учун ҳам атом ядроси тургун бўлиб, уни парчалаш ғоятда қийин энергетик мумаммодир. Электромагнит узаро таъсирлашув кучли таъсирлашувга нисбатан минг марталарга заиф бўлишига қарамай, у жуда узоқ масофага таъсир кўрсатади. Бундай кўринишдаги узаро таъсирлашув фақат электр зарядига эга зарраларгагина хосдир. Электромагнит узаро таъсирлашувда электр зарядига эга бўлмаган фотон электромагнит майдон квантидан иборатдир. Электромагнит узаро таъсирлашув жараёнида электронлар ва атом ядролари атомларга, атомлар эса бирлашиб молекулаларни ҳосил қилади. Маълум маънода мазкур узаро таъсирлашув кимё ва биологияда асосий рол ўйнайди. Кучсиз узаро таъсирлашув турли хил зарралар орасида содир бўлиши мумкин. Унинг таъсири тахминан 10^{-15} - 10^{-22} см масофагача сезилади. Кучсиз узаро таъсирлашув асосан зарраларни емирилиши билан боғлиқдир. Масалан, атом ядросида нейтронни емирилиши натижасида протон, электрон ва антинейтрон ҳосил булади. Ҳозирги билимлар даражасида кўпгина зарраларни постабиллиги худди шу кучсиз узаро таъсирлашувни таъсири туфайли вужудга келади. Гравитацион узаро таъсирлашув энг заиф булганлиги учун у элементар зарралар назариясида эътиборга олинмайди. Аммо ўта кичик масофалар (чамаси 10^{-33} см) да ва ўта катта энергияларда гравитация янгидан муҳим аҳамият касб этади, чунки гравитацион узаро таъсир даражаси жиҳатидан бошқа узаро таъсирлашувлар билан солиштирилса буладиган қийматга эга. Космик масштабларда (тортишиш) гравитацион узаро таъсирлашув ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Чунки унинг таъсир радиуси чекланмаган. Элементар зарралар воситасида юз берадиган ядровий жараёнлар содир бўлиш вақти, узаро таъсирлашиш кучига боғлиқ. Кучли узаро таъсирлашув билан боғлиқ ядровий реакциялар 10^{-24} - 10^{-23} с вақт давомида содир булади. Бу шундай энг кичик вақт интервалики, шу вақт ичида ёруғлик тезлигига қадар тезлатилган зарра, ўнчами тахминан 10^{-13} см га тенг булган масофани ўтишга улгурди. Электромагнит узаро таъсирлашув туфайли содир булган узгаришлар 10^{-19} - 10^{-21} с вақт ичида, кучсиз узаро таъсирлашувларда эса асосан масалан, элементар зарраларни емирилиши 10^{10} секунддан бир неча минутгача амалга ошади.

Юқорида зикр этилган ўзаро таъсирлашувларни миқдорий таҳлили учун иккита тавсифдан фойдаланилади: ўзаро таъсирлашувнинг ўлчамсиз доимийси ва таъсир радиуси (1-жадвал).

Биринчи жадвалдаги маълумотдан кўринадики, гравитацион ўзаро таъсирлашув доимийси энг кичик қийматга эга экан. Шунинг учун унинг таъсир радиуси худди электромагнит ўзаро таъсирлашув каби чексиздир. Гравитацион ўзаро таъсирлашув классик тасаввурларга кўра микродунё жараёнида сезиларли рол ўйнамайди. Аммо микро жараёнда у муҳим рол ўйнайди. Масалан, қуёш системаси планеталари ҳаракатлари гравитацион ўзаро таъсирлашув қоидаларига қатъий риоя қилинади.

1-жадвал

Ўзаро таъсирлашув турлари	Ўзаро таъсирлашув доимийси	Таъсир радиуси
Гравитацион	$6 \cdot 10^{-39}$	∞
Электромагнит	1/137	∞
Кучли	1	$[0,1-1] \cdot 10^{-13}$ см
Кучсиз	10^{-14}	$<< 0,1 \cdot 10^{-13}$ см

Материя, ҳаракат, фазо ва вақт концепцияси ҳақидаги тасаввурлар

Табиатшуносликнинг энг асосий вазифаси — дунёнинг табиий-илмий манзарасини яратишдир. Табиатнинг табиий-илмий манзараси асосан шаклланган тизимни ҳосил қилади. Унга фан ривожлангани сари аниқлик киритилади ва тўлдирилади. Илмий тил кўп жиҳатдан одамлар орасида бўладиган кундалик муомила тилига жуда ҳам ўхшайди, аммо ундан шу билан фарқланадики, илмий атамалар биринчидан, ҳам умумий, ҳам абстракт, иккинчидан улар қисқа ва аниқ ифодаланади. Фан ўзи ўрганаётган мавзу (предмет) ва ҳодисаларда умумийликни аниқлашга интилади.

Умумийликни ажратиб олиш абстракцияга, яъни бирламчиликдан, конкретликдан, тасодифийликдан узоқлашишга олиб келади. Табиатшуносликнинг энг умумий ва абстракт тушунчалари, ғоялари ва концепциялари бир томондан чуқур, бошқа томондан умумий табиатнинг хоссаларини ифодалайдилар. Шундай тушунча ва концепциялар билан биринчи навбатда табиатшуносликнинг фундаментал асоси сифатида физика

иш кўради. Табиатни физик тавсиф этишнинг энг умумий муҳим фундаментал концепциясига материя, ҳаракат, фазо ва вақт тааллуқлидир.

Мазкур тушунчалар фақатгина табиатшуносликда қўлланилмай, балки жуда кўп гуманитар соҳаларда масалан, санъатда, иқтисодда ҳам ишлатилади. Уларнинг фалсафада қўлланилиши ҳақида гапирмаса ҳам бўлади.

Бизни ўраб турган борлиқ, бизнинг атрофимиздаги мавжуд ва сезгиларимиз орқали узатиладиган тасаввур материядан иборатдир. Материя объектив реалликни ифодалайдиган фалсафий категория бўлиб, объектив реалликни инсон ўз сезгилари билан идрок қилади ва бу объектив реаллик бизнинг сезгиларимизга боғлиқ бўлмаган ҳолда мавжуддир. Бизнинг сезгиларимиз ундан нусха олади, сурат олади, уни инъикос эттиради.

Материяга берилган бу таърифнинг қанчалик тугаллигини келажак кўрсатади. Классик тасаввурларга кўра табиатшуносликда материя икки хил кўринишда ўзини намоён этади: модда ва майдон. Ҳозирги тасаввурларда бу иккитага яна учинчи хил материя — физик вакуум қўшилди. Баъзи бир олимлар корпускуляр-тўлқин дуализм ғоясига кўра модда ва майдонни бир хил тип реалликка киритадилар, улар ўз-ўзидан таъсирланиб бизни сезги аъзоларимизга таъсир кўрсатиб, баъзи ҳолларда модда тарзида (физик жисмлар, молекулалар, атомлар, заррачалар) намоён бўлса, бошқаларида эса — майдон тарзида (ёруғлик, радиация, гравитация, радиотўлқинлар) намоён бўлади. Аммо бундай бирлашиш кўпроқ даражада макродунёга алоқаси бўлмай, балки кўп хусусиятлари квант механик тавсифга эга бўлган микродунёга алоқадордир.

Ньютоннинг классик механикасида моддий тузилма тарзида кичик ўлчамлардаги моддий зарралар — корпускулалар қатнашадилар. Улар кўпинча «моддий нуқта ва физик жисм ёки қандайдир йўл билан ўзаро боғланган корпускулаларнинг бир бутун тизими тарзидаги жисм» — деб қаралади. Турли конкрет кўринишларда бундай моддий тузилмаларнинг конкрет кўринишларда мавжудлигига шубҳа туғилиши эҳтимолдан узоқ; қум, тош, сул томчиси ва ҳ.к.

Моддаларнинг бўлиниш муаммоси, физиклар ва кимёгарлар томонидан фақат XX асрнинг бошида экспериментал йўл билан атом ва молекулалар — кимёвий элемент ва кимёвий бирикмаларнинг жуда кичик зарралари тарзида мавжудлиги таслиқлангандан кейин ҳал бўлди.

Реал мавжуд зарра ва жисмларнинг идеал ва ниҳоят абстракт физик қиёфаси классик механикада модданинг нуқталар тизими кўринишида, моддий нуқта ва абсолют қаттиқ жисм моддий нуқталар тизими тарзида хизмат қилади.

«Моддий нуқта» деганда шакли, ўлчамлари ва тузилиши ҳал қилинаётган масала учун аҳамиятга эга бўлмаган, ўзида бирор модда миқдорини мужассамлаштирган жисм тушунилади. «Мазкур жисмнинг барча массаси бир геометрик нуқтада мужассамлашган» деб фараз қилинади. ҳар қандай шароитда деформацияланмайдиган икки нуқта орасидаги масофа ёки аниқроғи бу жисмнинг икки зарраси орасидаги масофа ўзгармай қолса, бундай жисмлар «абсолют қаттиқ жисмлар» дейилади.

Материя узлуксиз ҳаракат қилади, диалектик материализмда эса «ҳаракат» деганда умуман ҳар қандай ўзгариш тушунилади. Ҳаракат материянинг ажралмас хусусиятидан иборат бўлиб, уни худди материя каби яратиб ҳам бўлмайди, йўқотиб ҳам бўлмайди. Материя доимо фазода мавжуд бўлиб ва вақт бўйича доимо ҳаракатланади.

Жисмларнинг бир-бирига таъсири туфайли рўй берадиган ҳаракат ва ҳар қандай ўзгаришларни ҳар куни тажрибаларда кузатиш мумкин. Микродунёда содир бўладиган жисмлар орасидаги ўзаро таъсирлашув бутун олам тортишиш кучи таъсирида ёки электромагнит майдон кучлари таъсирида юзага келади.

Классик механикада куч фундаментал тушунча ҳисобланади. Куч – жисмларнинг ўзаро таъсирлашуви ва уларнинг механик ўзгаришининг сабабчиси, яъни уларни бир-бирига нисбатан кўчишининг физик мезони ҳисобланади.

Бутун олам тортишиш қонунига кўра кучнинг манбаи масса ҳисобланади. Шундай қилиб, Ньютон томонидан биринчи мартаба киритилган «масса» тушунчаси кучга қараганда ҳам фундаменталроқ ҳисобланади.

Квант майдон назариясига кўра зарралар ва унга мос антизарралар тўплами юзага келганда, уларда етарлича катта энергия концентрацияси ҳосил бўлганда физик вакуумдан массага эга бўлган зарра туғилиши мумкин. Шу туфайли энергия массага қараганда ҳам янада фундаменталроқ ва умумий концепция тарзида намоён бўлади, чунки энергия нафақат моддага хос, балки у массасиз майдонга ҳам тааллуқлидир.

XIX асрда физиканинг ривожланиши шуни курсатдики, макродунёда таъсир кўрсатадиган бошқа кўринишдаги кучлар

Электр ва магнит майдон кучларининг манбаи электр заряддан ш ҳаракатидан иборат экан. Мазкур кучларнинг мавжудлигини Кулон қонуни, куч учун Лоренц формуласи ва Максвелл электромагнит майдон назарияси тенгламалари яхши тасдиқлаб турибди. Электр заряднинг мавжудлиги ҳам назарий, ҳам тажрибдан кузатилди, аммо унинг ишораси, квантланганлигининг келиб чиқиши тўғрисидаги саволга ҳамон жавоб йўқ. Буни келиajak ҳал қилади, албатта. Масса ғоясига яна қайтсак, у заряд каби ҳозирги вақтда унинг квантланганлиги кузатилган эмас, масса шу хусусияти билан заряддан фарқланади. Эҳтимол бу далил ҳозирги замоннинг микродунё тўғрисидаги тасаввурига мос келаётгандир, балки келгусида бошқача бўлар. Шу билан бирга масса фиқатгина гравитацион ўзаро таъсирнинг ўлчовигина бўлмай, балки жисмларнинг қайсарлик мезони ҳамдир. Бинобарин, инертлик — жисмнинг қайсарлик қилиб ўз тезлигини ўзгартиришини хоҳламаслигидир. Шунга кўра, кўпинча, гравитацион ўзаро таъсирлашувнинг ўлчови сифатида m_p ва инертлик ўлчови сифатида инерт масса m_i тушунчаси киритилади. Бирчи жисмлар Ерга тортишади. Умуман, табиатда бирчи жисмлар орасида ўзаро тортишиш кучлари мавжудки, бу кучларни Ньютон "Бутун олам тортишиш кучлари" деб атади. Бу куч "Гравитацион куч" деб ҳам аталади. Массалари m_1 ва m_2 ҳусусий ўлчамлари улар орасидаги r масофадан анча кичик бўлган икки жисм орасидаги бутун олам тортишиш кучининг қиймати

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

муносабат билан аниқланади. Бу формула Ньютон кашф қилган бутун олам тортишиш қонунининг ифодасидир. Бу қонун кўпиндагича таърифланади: Барча жисмлар бир-бирига массалари кўнрайтмасига тўғри пропорционал ва улар орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционал бўлган куч билан тортишади. Тажрибалар асосида $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$ эканлиги маълум бўлди. Нисбатан аниқ ўлчашлар натижасида гравитацион ва инерцион массалар тенг. Мазкур далилни классик механика нуқтаи назаридан ҳеч тушунтириб бўлмайди. Умумий нисбийлик назариясида куч тушунчаси ортиқча — тортишиш майдонида жисмлар гўё энг қисқа йўл бўйича "ўз-ўзича" геофизик чизиқлар бўйича эгриланган фазо ва вақт бўйича

ҳаракатланади. Шу билан бирга тортишиш майдони модда массаси томонидан яратилган эгриланган физик фазонинг худди ўзидир. Эгриланганликнинг математик маъноси шуки, берилган фазо биз яхши тасаввур этадиган Евклид фазосидан нимаси биландир фарқланишидан иборат.

Табиатшуносликнинг узоқ вақт орасидаги ривожланиш даврида ҳаракатнинг миқдорий жиҳатидан тавсиф этишдаги вақт ва фазо тўғрисидаги шаклланган тасаввурлар туб маъноси билан ўзгарди.

Физикада ҳаракат энг умумий кўринишда, физик тизимнинг ўзгариши деб қаралади ва уни тавсиф этиш учун Декарт пайтидан бошлаб, фазо-вақтий координаталар ва фазо-вақт континуум нуқталаридан иборат ўлчанадиган параметрлар тўплами киритилди. Физикада тизим ҳолатининг бошқа параметрлари — импульс, энергия, ҳарорат, спин ва ҳоказолардан фойдаланилади.

“Вақт” деганда нима тушунилади? Вақт қисқаси, соат нима кўрсатса ўша. Соатнинг ишлаш принципи турли физик ҳодиса ва жараёнларга асосланган бўлиши мумкин. Энг қулай узоқ вақт катта аниқлик билан такрорланадиган даврий жараёнлар, хусусан, Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши, уйғотилган атомларнинг электромагнит нурланиши ва ҳоказолар. Вақтни ўлчашда нодаврий жараёнлардан ҳам фойдаланиш мумкин (масалан, атом ядросининг емирилиши ёки тортишиш майдонида жисмларнинг эркин тушиши). Табиатшуносликнинг жуда кўп муваффақиятлари аниқроқ юрадиган соатларни ясаш ва тасаввур этиш билан боғлиқдир.

Вақтни янада аниқроқ таърифласак, вақт физик ҳолатнинг ўзгариш тартибини белгилайди ва исталган физик жараён ва ҳодисанинг объектив тавсифидан иборатдир; у универсал катталик. Қандайдир реал жисм ёки тизимларда рўй бераётган ўзгаришларни боғламасдан туриб вақт ҳақида гапириш физика нуқтаи назаридан мазмунга эга эмас.

Ньютон вақтни абсолют ва нисбий турларга бўлади. Ньютон ўзининг “Натурал философиянинг математик асослари” деб номланган китобида шундай ёзади: “Абсолют, ҳақиқий ёки математик вақт ўз-ўзича, ички табиати билан бирор ташқи нарсага боғлиқ бўлмай, текис ўтади ва у бошқачасига “давомийлик” дейилади”.

Нисбий туюладиган ёки одатий вақт аниқ ёки ташқи сезгиларимиз ёрдамида аниқланадиган қандайдир ҳаракат орқали

амалга ошириладиган, кундалик турмушда ҳақиқий математик вақт ўрнида қўлланиладиган соат, кун, ой, йил каби давом этиш ўлчовидир.

Абсолют вақтнинг ўзгариши мумкин эмас. Вақт ва фазо ўзи ўзини ва бутун мавжудотни сингдирувчидир. Шунга ўхшаш фикрни Ньютон фазо учун ҳам билдирган. Физиканинг ривожланиши жараёнида махсус Нисбийлик назарияси юзага келиши билан “абсолют вақт физик маънога эга эмас” деган фикр туғилди. У фақат идеал математик тасаввурдан иборат. Чунки табиатда ҳеч қандай реал жараён йўқки, у абсолют вақтни ўлчашга яроқли бўлсин.

Биринчидан, вақт ўтиши санок системаси тезлигига боғлиқ. Етарлича катта тезлик — ёруғлик тезлигига яқин тезликда вақт секинлашади, яъни релятивистик секинлашиш юзага келади. Иккинчидан, тортишиш майдони вақтни гравитацион секинлашишига олиб келади. Баъзи бир санок системаларидаги локал вақт тўғрисида гапириш мумкин. Вақт турли физик шароитда турлича ўтади. Вақт доимо нисбийдир. Вақтнинг муҳим хусусияти вақт ҳақидаги постулатда ифодаланган. Ҳар томонлама бир хил ҳодисалар бир хил вақтда ўтадилар. Хусусан, яқин соатларнинг такрорланиши даври оралиғи бир хил шароитда тамомила бир хил. Мазкур постулат шак-шубҳасиз табиий кўринсада, унинг ҳақиқийлиги нисбийдир. Чунки уни тажрибада энг мукаммал, аммо реал соат ёрдамида ҳам текшириб бўлмайди: улар албатта идеал эмас, уларнинг ўзини аниқланиш чегараси мавжуд. Турли вақтларда табиатда томомила бир хил шароит яратиш имкониятига абсолют ишонч йўқ. Шу билан бир қаторда узоқ вақтлар давомида ўтказилган табиий-илмий тадқиқотлар тажрибаси постулатнинг муайян аниқлик чегарасидадир. Унинг аниқлиги эса исталганча юқори бўлиши ҳам мумкин.

Фазо концепцияси ҳам худди вақт концепцияси каби узоқ ривожланиш ва тикланиш йўлини босиб ўтди. Фазо тўғрисидаги биринчи тасаввур табиатда ва биринчи навбатда микродунёда муайян ҳажмни эгалловчи қаттиқ физик жисмлар мавжудлигининг шак-шубҳасизлигидан келиб чиқди.

Шундай тасаввурдан қуйидаги таъриф келиб чиқди: Фазо физик жисмларнинг бир вақтнинг ўзида биргаликда мавжуд бўлиш тартибини ифодалайди. Фазонинг биринчи тугалланган назарияси — Евклид геометриясидир. У 2000 йил илгари яратилган бўлишига қарамай ҳозиргача илмий назария намунаси

ҳисобланади. Евклид назарияси гуё вақтдан ташқари мавжуд бўлган идеал математик объектлар билан иш кўради. Шу маънода фазо мазкур геометрияда — идеал математик фазодир. XIX асрнинг ярмигача, яъни Евклид геометрияси яратилгунга қадар табиатшуносларнинг ҳеч бири реал физик фазо билан Евклид фазосининг ўзаро ўхшашлигига шубҳа қилмас эдилар.

Ньютон абстракт вақтга ўхшатиб, «абсолют фазо» тушунчасини ҳам киритди. Абсолют фазо мутлақо бўш бўлиши, шу билан бирга унда физик жисмлар мавжуд бўлиши ҳам мумкин, бу ҳолда ушбу фазода физик жараёнлар содир бўладиган олам сферасидан иборатдир. Бундай фазонинг хусусияти Евклид геометрияси билан белгиланади. Фазо тўғрисидаги бу тасаввур ҳозир ҳам жуда кўп тажрибалар асосида етилганлиги туфайли катта ихтиролар очиш имкониятини берди.

Бўш фазо, албатта идеал фазодир. Бизни ўраб турган реал олам моддий жисмларга тўладир. Ҳаттоки ҳавосиз космик фазо ҳам юлдузлар, метеоритлар, элементар зарралар, астрономларнинг тахминича кўзга кўринмас беркинган материя ҳам бўлиши мумкин экан.

Бўш фазонинг идеаллиги механик ҳаракатнинг нисбийлигини ҳам тасдиқлайди. Жисмнинг ҳаракатини тавсифлаш учун бошқа жисм саноқ боши тарзида кўрсатилиши керак, чунки фақат бир жисмни ўзининг ҳаракатини бўш фазода кузатиш мазмунга эга эмас. Махсус нисбийлик назарияси фазо ва вақтни бир континуум фазо-вақтга бирлаштиради. Бундай бирлашишга ёругликнинг вакуумдаги тезлиги $c=300000$ км/с ҳамда нисбийлик принципи асос бўлиб хизмат қилади. Берилган назариядан фазонинг турли нуқталарида содир бўлган икки ҳодисанинг бир вақтда ўтишининг нисбийлиги ҳамда бири-бирига нисбатан ҳаракатланаётган турли саноқ системаларида ўлчанган узунлик ва вақт оралиғининг нисбийлиги келиб чиқади. Бунинг маъноси шуки, реал олам учун фазо ва вақт абсолют эмас, балки нисбий тавсифга эга экан.

Ньютоннинг классик концепцияси

Ньютоннинг классик механикаси табиатшуносликнинг ривожланишида муҳим рол ўйнади ва ҳозирда ҳам ўйнаб келмоқда. У Ерда ва Ердан ташқари шароитларда жуда кўп жараёнларни тушунтириб берди ва жуда узоқ вақт давомида техник муваффақиятларнинг асоси бўлиб келди. Унинг асосида ихти-

сосликнинг турли соҳаларида илмий текширишларнинг жуда кўп усуллари шаклланди. Кўп ҳолларда у фикрлаш ва дунёқарашни белгилаб берди. XX асрнинг бошига қадар барча ҳодисаларни “жисм ва зарраларнинг ҳаракати билан тушунтириш мумкин” деган механистик дунёқараш ҳукмрон эди. Физик жараёнларни механик тасаввур этишнинг энг катта муваффақиятининг мисоли тарзида моддаларнинг молекуляр-кинетик назариясини келтириш мумкин. Мазкур назария иссиқлик жараёнларини тушуниш имконини берди.

XX асрга қадар табиатшуносликнинг қиёфасини белгилаган Ньютон концепцияси классик механиканинг асосида ётади.

Ньютон тизимига кўра, физик реаллик моддий нуқта, вақт, фазо ва куч тушунчалари билан тавсифланади. Ньютон концепциясида «физик ҳодисалар» деганда, ўзгармас қонунлар билан бошқариладиган моддий нуқтанинг фазодаги ҳаракатини тушуниш керак. Моддий нуқта реаллик ҳақидаги бизнинг тасаввуримизнинг ягона услубидир. Бунда ушбу реаллик ўзгаришга қодирдир.

Ньютон 1667 йили динамиканинг учта қонунини таклиф этди. Улар классик механиканинг асосини ташкил этади. Ньютон қонунлари инсоният катта тажрибаларининг умумлашгани бўлиб, улар механикада жуда муҳим рол ўйнайди. Ньютоннинг биринчи қонуни қуйидагича таърифланади: ҳар қандай жисм тинч ҳолатини ёки тўғри чизиқли ҳаракатини бу жисмга бошқа жисмлар таъсир қилмагунча сақлайди. Жисмнинг тинч ҳолати ёки тўғри чизиқли текис ҳаракати нисбий бўлиб, у санок системасига боғлиқ. Масалан, тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаётган вагоннинг ичидаги стол устида бирор шар тинч турган бўлсин. Поезднинг ҳаракати кескин тезлашганда шар ҳаракатга тескари томонга силжийди, секинлашганда эса олдинга, яъни ҳаракатланаётган томонга силжийди. Бунинг сабаби шундай, шарча вагон билан боғлиқ санок системасида тинч ҳолатда бўлган, вагон эса Ер сирти билан боғлиқ санок системасида тўғри чизиқли текис ҳаракатланаётган эди. Шунинг учун шарча ҳам ер сирти билан боғланган санок системасида тўғри чизиқли текис ҳаракатда қатнашади. Тормозланиш ёки тезланиш туфайли поезд тўғри чизиқли ҳаракатдан четга чиқади. Лекин вагон ичидаги шар ерга нисбатан тўғри чизиқли ҳаракатини сақлашга интилади. Бунинг натижасида шарнинг вагон деворига нисбатан силжиши кузатилади. Мазкур мисолдан қуйидаги хулоса келиб чиқади: агар Ньютоннинг биринчи

қонуни бирор саноқ системасига нисбатан ўринли бўлса, бу системага нисбатан тўғри чизиқли текис ҳаракат қиладиган бошқа системаларда ҳам ўринли бўлади. Бундай саноқ система «инерциал саноқ системалари» деб аталади. У ҳолда Ньютоннинг биринчи қонуни қуйидагича таърифланса ҳам бўлади: Инерциал саноқ системаларида жисм ўз тезлигини ўзгартирмайди. Мазкур таъриф тинч ҳолатдаги жисм учун ҳам тааллуқли, албатта. Чунки жисмнинг тинч ҳолати унинг тезлиги нолга тенг бўлган хусусий ҳолдир.

Юқоридаги мисолда поезд тўғри чизиқли текис ҳаракатдан четга чиқиш натижасида вагон деворлари билан боғлиқ саноқ системаси Ер билан боғлиқ саноқ системасига нисбатан тезланиш билан ҳаракат қилади. Шунинг учун ҳаракатланаётган система инерциал бўлмайди ва унда инерция қонуни бажарилмайди.

Инерциал саноқ системаларида жисмга бошқа жисмлар таъсир этмагунча кузатилаётган жисмнинг ўз ҳаракат тезлигини сақлаш хусусияти «инерция» деб аталади, Шунинг учун Ньютоннинг биринчи қонунини баъзан «инерция қонуни» деб ҳам аталади.

Одатда жисмларнинг механик ҳаракатини кузатишда Ер билан боғлиқ саноқ системадан фойдаланамиз. Лекин бунда Ернинг Қуёш атрофида ва ўз ўқи атрофида қиладиган айланма ҳаракатлари эътиборга олинмаганлиги учун бундай саноқ системалар қатъий инерциал саноқ системалар бўла олмайди. Координаталарни боши учун Қуёш маркази олинган ва координата ўқлари қўзғалмас деб қабул қилинган юлдузлар томон йўналган саноқ системаларида Ньютоннинг биринчи қонуни аниқ бажарилади.

Ньютоннинг иккинчи қонуни

Жисмнинг массаси m — материянинг асосий характеристикасидан иборат бўлган физик катталиқдир. У материянинг инерциал ва гравитацион хусусиятларини белгилайди. Аниқ экспериментлар ёрдамида гравитацион ва инерцион массалар бир-бирига пропорционаллиги маълум бўлди. Шунинг натижасида кейинчалик биз фақат жисмнинг массаси тўғрисида гаплашамиз.

Ньютоннинг биринчи қонунида эсланган таъсирни тавсиф этиш учун янги тушунча — куч киритилди. Кучлар таъсирида

жисмлар v тезлигини ўзгартиради, яъни тезланиш олади ёки деформацияланади. Тажрибаларда қуйидагилар аниқланган:

1. Бирор ихтиёрий жисмга F_1, F_2, F_3 кучлар навбатма-навбат таъсир этганда жисм эришган тезланишнинг қийматлари ҳам турлича (a_1, a_2, a_3) бўлади. Лекин таъсир этувчи кучнинг жисм эришган тезланишига нисбати барча ҳолларда ўзгармас катталиқ бўлади, яъни

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \text{const}$$

2. Катталиги бир хил бўлган кучлар таъсирида турли масса-ли жисмлар эришган тезланишларининг қийматлари жисмларнинг массаларига тескари пропорционал бўлади. Массаси каттароқ жисмнинг ўз тезлигини сақлаш хусусияти яққолроқ намоён бўлади. Мазкур хусусият, юқорида қайд қилганимиздек, жисмнинг инертлигидир. Демак, массаси каттароқ жисмнинг инертлиги ҳам каттароқ бўлади. Шунинг учун «жисмнинг массаси — унинг инертлик ўлчови» дея оламиз. Юқорида баён қилинган тажрибаларни умумлаштириб қуйидаги хулосага келиш мумкин: ҳар қандай жисмнинг инерциал саноқ системаларида эришган тезланиши таъсир этувчи кучга тўғри пропорционал бўлиб, жисмнинг массасига тескари пропорционал бўлади, яъни

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Мазкур формула динамиканинг асосий қонуни — Ньютоннинг иккинчи қонунининг математик ифодасини акс эттиради.

Ньютоннинг учинчи қонуни

Икки жисм ўзаро таъсирлашишининг моҳияти шундаки, агар биринчи жисмга иккинчи жисм бирор куч билан таъсир этса, ўз навбатида иккинчи жисм ҳам, албатта қандайдир куч билан таъсир этади.

1. Икки жисм таъсирлашганда доим икки куч вужудга келалики, бу кучлар шу жисмларнинг ҳар бирига қўйилган бўлади.

2. Мазкур кучлар бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши юмонга йўналган.

3. Бу кучларнинг абсолют қийматлари тенг.

Ньютон кучлардан бирини «таъсир» деб, иккинчисини «акс таъсир» деб атади. Бу ажратиш шартлидир, чунки иккала кучларнинг ҳам таъсири бир хил. Лекин улар икки алоҳида жисмга қўйилганлиги учун бир-бирини мувозанатламайди. Масалан, мих қоқиш жараёнида болғанинг михга таъсир кучи мих қалпоғига, михнинг акс таъсир кучи болғага қўйилган таъсир кучи таъсирланиш жараёнида бир-бирига тегадиган жисмлардан бирининг деформацияланиши ёки тезланиши сифатида амалга ошади. Хусусан, ўқ деворга урилиб унда чуқурча ҳосил қилса деворнинг акс таъсири туфайли ўқнинг ҳаракати секинлашади, у эзилиб пачоқланади. Тажрибанинг натижалари умумлаштирилган ҳолда Ньютоннинг учинчи қонунини акс этирилган жисмлар айнан бир тўғри чизиқ бўйлаб йўналган абсолют қиймати жиҳатидан тенг ва йўналиши жиҳатидан қарама-қарши кучлар билан таъсир қилади, яъни

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Бунда: F_{12} — биринчи жисмга иккинчи жисм томонидан таъсир этувчи куч, F_{21} — иккинчи жисмга биринчи жисм томонидан таъсир этувчи куч. Ньютон қонунларини механиканинг оддийдан мураккабгача бўлган кўп масалаларни ечиш имкониятини беради. Бундай масалалар Ньютон ва унинг издошлари ўша вақт учун мутлақо янги бўлган математик аппарат — дифференциал ва интеграл ҳисобни киритганларидан сўнг ечиш мумкин бўлган. Бундай масалалар спектри ғоят кенгайди, айниқса динамиканинг жуда кўп масалаларини, жумладан осмон механикаси масалаларини ечиш ниҳоятда унумли бўлди.

Кўп физик ҳодисаларни сабабий тушунтириш, яъни табиатшуносликдаги қадимда туғилган сабабият принципининг реал тимсоли амалга оша бошлаши XVIII аср охири — XIX аср бошларида классик механикани абсолютлашга олиб келди. Фалсафий таълимот — механистик детерменизм вужудга келди. Унинг ёрқин вакили — математик, физик, философ Пьер Сион Лапласдир (1749-1827).

Ҳозирги тасаввурларга кўра классик механика ўзининг қўлланиш соҳасига эга: унинг қонунлари ёруғлик тезлигидан ғоят кичик, нисбатан секин ҳаракатланувчи жисмлар учун ба-жарилади.

Шу билан бирга амалиёт кўрсатадики, классик механика сўзсиз ҳақиқий назария бўлиб, у фан мавжуд экан шундайлигича қолади. У билан биргаликда, албатта табиатнинг классик абстракт образлари унинг асосида ётган фазо, вақт, масса, куч ва ҳоказолар ҳам қолади.

Ҳеч бўлмаганда мазкур образлар ҳозирги замон физикасида ва бутун табиатшуносликда сақланади, аммо улар янада аниқ ва янада яққол бўлиб қолади.

Нисбийлик принципи ва инвариантлик

Агар саноқ системалари бир-бирига нисбатан текис ва тўғри чизиқли ҳаракатланаётган бўлса ва уларнинг бирида Ньютоннинг динамика қонунлари ўринли бўлса, у ҳолда мазкур системалар инерциал системалардан иборат бўлади. Галилейнинг фикрича барча инерциал саноқ системаларида классик динамика қонунлари бир хил кўринишга эга бўлади: механик нисбийлик принципи мазмуни шундан иборат. Демак, бир инерциал системадан иккинчисига ўтганда динамика қонунлари ўзгармас бўлар экан, яъни одатда айтилишича координаталарнинг бир инерциал системадан иккинчисига ўтиши физик катталикларга нисбатан инвариант ўтиш бўлар экан. Демак, «инвариантлик» деганда, бир инерциал саноқ системасидан бошқасига ўтилганда физик катталиклар ёки табиий объектларнинг ўзгармаслиги тушунилади. Механика нуқтаи назаридан қараганда ҳамма инерциал саноқ системалари ўзаро эквивалентдир: уларнинг бирортасини бошқасидан юқори қўйиб бўлмайди. Амалда бу ҳол берилган саноқ системасида ўтказилган механик тажрибаларнинг ҳеч қайсисидан система тинч турибдими ёки тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаётган — буни билиб бўлмаслигида намоён бўлади. Масалан, турткисиз тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаётган поезд вағони ичида туриб, агар вагон ойнасидан қарамасак, вагон тинч турибдими ёки ҳаракатланаяптими, буни била олмаймиз. Бундай шароитда жисмларнинг эркин тушиши биз танлаган жисмнинг ҳаракати ва барча бошқа механик жараёнлар гўё вагон тинч турганигадек содир бўлади.

Юқорида баён қилинган ҳодисаларни Галилей аниқлаган эди. Барча механик ҳодисалар турли инерциал саноқ системаларида содир бўлганлиги сабабли ҳеч қандай механик тажрибалар ёрдамида берилган саноқ система тинч турганлиги ёки

тўғри чизиқли ва текис ҳаракат қилаётганлигини билиб бўлмаслиги ҳақидаги бу қонун *нисбийлик қонуни* дейилади.

Нисбийлик қонуни XIX асргача «физика асосан моддалар физикаси эди, яъни у моддий объектлар хатти-ҳаракатининг чекли эркиндик даражаси ва чекли тинчликдаги массага эга» деб қарар эди. XIX асрда электромагнит ҳодисалар ўрганилганда, уларнинг хусусиятлари жисмларнинг механик хусусиятларидан жиддий фарқ қилиши маълум бўлди.

Агар Ньютон механикасида кучлар жисмлар орасидаги масофага боғлиқ ва тўғри чизиқ бўйича йўналган бўлса, М.Фарадей ва Д.Максвелл томонидан яратилган электродинамикада кучлар масофага ва тезликка боғлиқ. Аммо улар жисмларни бирлаштирувчи тўғри чизиқлар бўйича йўналмаган. Кучлар дарҳол эмас, балки чекли тезлик билан тарқалади. Эйнштейн фикрига кўра, электродинамика ва оптиканинг ривожланишида табиат ҳодисаларини тавсиф этиш учун фақатгина битта классик механиканинг ўзи камлик қилаётгани яққол кўриниб қолди. Максвелл назариясидан электромагнит таъсирлашувлар чекли тезлик билан тарқалиши ва электромагнит тўлқинларнинг мавжудлиги келиб чиқади. Ёруғлик, магнетизм, электр, «бир бутун электромагнит майдоннинг намоён бўлиши» деб қарай бошланди. Максвелл «электромагнит майдон» тушунчасини киритиши билан сақланиш қонуни ва яқиндан таъсирланиш принципини сақлаб қолди.

Шундай қилиб, XIX асрда физикада янги тушунча — «майдон» тушунчаси вужудга келди. Бу Эйнштейннинг фикрига кўра Ньютон давридан бошлаб энг юқори муваффақият эди.

Заряд ва зарра орасида майдоннинг мавжудлигининг ихтиро қилиниши фазо ва вақтнинг физик хоссаларини тавсиф этишда муҳим рол ўйнайди. Электромагнит майдон структураси Максвеллнинг тўртта тенгламаси томонидан тавсиф этилади. Мазкур тенгламалар электр ва магнит майдонларни тавсифловчи катталиклар орасидаги боғлиқликни ҳамда заряд ва токнинг фазода тақсимлашини белгилайди. Эйнштейннинг фикрича, нисбийлик назарияси майдон муаммосидан келиб чиқади.

Америкалик физик А.Майкельсон томонидан олинган дунё эфирини аниқлашдаги мантиқий натижа ҳам XIX аср охирида мавжуд бўлган физик манзара доирасида махсус тушунтиришни талаб этади. Унинг тажрибаси ёруғликнинг тезлиги Ернинг ҳаракатига боғлиқ эмаслигини исботлайди. Майкельсон тажри-

балари натижасини классик механика нуқтаи назаридан тунтириб бўлмайди.

Материяни электрон назариясини яратган Лоренц унинг ўзида рўй бераётган ҳодисалар орасидаги вақт оралиғи ва тезликка боғлиқлигини ҳисоблаш учун математик (Лоренц қисқаришиши) тенгламаларини келтириб чиқарди.

Кейинчалик А.Эйнштейннинг кўрсатишича, Лоренц алмаштиришларида жисмларнинг ҳаракатланиши туфайли уларнинг реал ўлчамликларини қисқартириши эмас, балки саноқ системасининг ҳаракатига қараб ўлчаш натижаларининг узғариши акс этган.

Шундай қилиб, узунлик вақт ҳодисалар орасидаги вақт оралиғи, ҳаттоки ҳодисаларнинг бир вақтлиги нисбий бўлиб чиқди. Бошқа сўз билан айтганда, нафақат ҳар қандай ҳаракат, балки фазо ва вақт ҳам нисбий экан.

Эйнштейн 1905 йил Галилей-Ньютон классик механикаси ва Максвелл-Лоренц электродинамикаси натижаларини умумлаштирди ва махсус нисбийлик назариясини яратди. Мазкур назария фазо ва вақтнинг ҳозирги замон назариясидан иборат бўлиб, унда ҳам худди «Ньютон механикасидагидек, фазо ва вақт бир жинсли ва изотроп» деб тасаввур этилади.

Махсус нисбийлик назарияси кўпинча релятивистик назария деб аталади. Мазкур назария томонидан тавсиф этилаётган ўзига хос ҳодисалар эса релятивистик эффект дейилади.

Махсус нисбийлик назарияси иккита постулатга асосланган:

1. Нисбийлик принципи. Физик қонунлар (фақат механик қонунлар эмас, балки магнетизм, оптика қонунлари ҳам назарда тутиляпти) барча инерциал саноқ системаларида ўринлидир. Бошқача айтганда, айти бир физик ҳодисани инерциал саноқ системаларининг бирида кузатиш туфайли олинган натижалар бошқа инерциал саноқ системаларда олинган натижалардан фарқланмайди. Галилейнинг нисбийлик принципи худди шуни таъкидлар эди, лекин унда фақат механик ҳодисалар ҳақида мулоҳаза юритилган эди.

2. Ёруғлик тезлигининг доимийлик принципи. Ёруғликнинг вакуумдаги тезлигининг қиймати барча инерциал саноқ системаларида бир хил бўлади. У ёруғликнинг тарқалиши ҳамда ёруғлик чиқарувчи жисм ва кузатувчининг ҳаракатига боғлиқ эмас.

А.Эйнштейннинг иккинчи постулатига кўра, ёруғликнинг вакуумдаги тезлигининг доимийлиги табиатнинг фундаментал ҳодисасидир. Агар ёруғликнинг тезлиги тенг ҳуқуқли инерциал системаларда доимий бўлса, у ҳолда жисмнинг узунлиги, вақт оралиғи, масса каби физик катталиклар турли саноқ системаларида турлича бўлади. Махсус нисбийлик назарияси одатий бўлиб қолган фазо ва вақт ҳақидаги классик тасаввурлардан воз кечишни талаб этди. Чунки бу тасаввурлар ёруғлик тезлигини доимийлигига зид эди. Шу билан бир қаторда, бу назарияга кўра фақатгина «абсолют фазо» тушунчасигина эмас, балки «абсолют вақт» тушунчаси ҳам ўз мазмунини йўқотади.

Махсус «нисбийлик назарияси»дан янги фазо-вақт тасаввурлари (масалан, булар узунликни нисбийлиги ҳамда вақт оралигини нисбийлиги, ҳодисалар бир вақтлилигининг нисбийлиги) келиб чиқади.

Масалан, жисм қайси системада тинч турган бўлса, у шу системада энг катта узунликка эга бўлади. Унинг математик ифодаси куйидагича:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

l – қўзғалмас системага нисбатан v тезлик билан ҳаракатланаётган жисмнинг узунлиги.

l_0 – қўзғалмас системада тинч ҳолатдаги жисмнинг узунлиги.

c – ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги.

Вақт оралиғи учун эса қандайдир жараён давом этиши нисбийлик назариясида айнан бир воқеа турли инерциал саноқ системаларида турлича вақт давом этади. Улар ўзаро солиштирилганда ҳаракатланувчи саноқ системасида тинч турганга нисбатан вақт секинроқ ўтганлиги аниқланган.

Ҳаракатланувчи саноқ системаларида вақт ўтишининг секинлашиши μ -мезонлар билан ўтказилган тажрибада уларнинг ўз-ўзидан емирилиши (ностабиллиги) ўрганилаётганда кузатилади. Вақт ўтишининг секинлашиши реал ва у экспериментал тасдиғини топди. Тинч ҳолатдаги π -мезоннинг ўртача яшаш вақти $\tau = 2,2 \cdot 10^{-8}$ с. Демак, атмосферанинг юқориги қатламида ҳосил бўлиб, ёруғлик тезлигига яқин тезлик билан ҳаракатланади ($ct = 6,6$ м), яъни улар Ер сатҳига етиб келмаган бўлади.

Умумий нисбийлик назарияси

Эйнштейн кейинчалик нисбийлик назариясини ривожлантириб, уни бир-бирига нисбатан тезланувчан ҳаракат қиладиган системаларга қўллашни ахтарди ва «тортишиш назарияси» деб айтилган умумий назарияни яратади. Бу назария «нисбийлик назариясининг умумий ҳоли» деб, фақат инерциал системаларга тааллуқли бўлган назарияни эса «нисбийлик назариясининг хусусий ҳоли» деб ҳисоблади.

Фазо ва вақт хоссалари

Табиат ҳодисаларини тушуниш учун фазо ва вақт бўйича силжишга нисбатан инвариантлик принципи бажарилиши, яъни координата боши ва вақтни ҳисоблаш бошланишининг параллел кўчишини амалга ошириш гоята зарур. У қуйидагича таърифланади: Фазо ва вақт бўйича силжиш физик жараёнларнинг ўтишига таъсир кўрсатмайди.

Инвариантлик бевосита симметрия билан боғлиқ бўлиб моддий объектларнинг, яъни қатор физик шарт-шароитларнинг ўзгаришига нисбатан унинг структурасининг доимийлигидан иборат.

Системани баъзи бир параметрлари ўзгарганда (алмашганда) унинг хоссалари ўзгармай қолишидек инвариантликни кенг маънодаги симметрия тарзида тушуниш мумкин. Физик системаларнинг фазовий симметриясига яққол мисол бўлиб қаттиқ жисмларнинг кристалл структураси хизмат қилади. Кристаллар симметрияси атом тузилишининг ташқи шакли, шунингдек кристаллар физик хусусиятининг қонуниятига асосланган бўлиб, бу хусусият кристаллни айланишида, бир текисликка нисбатан акс этишида бир ўққа нисбатан параллел силжишида ва бошқа ўзгаришларда намоён бўлади.

Орнамент — шубҳасиз жуда кўп фундаментал қонунлар асосида ётган симметрия ғоясининг энг қадимги акси бўлса ажаб эмас.

Юқорида таърифлаган фазо ва вақтга нисбатан силжишнинг инвариантлик принциpidан фазо ва вақтнинг симметрияси келиб чиқди, у фазо ва вақтнинг бир жинслилиги деб аталади. Демак, фазо бир жинслилик ва изотроплик хоссасига, вақт эса бир жинслилик хоссасига эга экан. «Фазонинг бир

жинслилиги» деганда, унинг барча нуқталарининг тенг ҳуқуқлиги, изотроплик эса барча йўналишларнинг тенг ҳуқуқлилигидан иборатдир.

Жисмлар берк системаси бутунлигича фазода параллел кўчирилганда, унинг физик хоссалари ва ҳаракат қонунлари ўзгармайди, бошқача қилиб айтганда, инерциал саноқ система-сининг координата бошини қаерда олишига боғлиқ эмас. Фазонинг симметрияси хоссасидан — унинг бир жинслилигидан импульснинг сақланиш қонуни келиб чиқади: берк системани импульси ўзгармайди, яъни вақт ўтиши билан сақланади. Импульснинг сақланиш қонуни нафақат классик физика учун ўринли, у гарчанд Ньютон қонунларининг натижаси тарзида келиб чиқишига қарамай, тажрибаларнинг кўрсатишича у квант механика қонунларига бўйсунувчи микрозаррачаларнинг берк занжири учун ҳам бажарилади. Импульс, агар ташқи кучларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг бўлса, очиқ системалар учун ҳам сақланади. Импульснинг сақланиш қонуни универсал тавсифга эга бўлиб у табиатнинг фундаментал қонунларидан биридир.

Физик қонунларни вақтни ҳисоблаш бошини танлашга нисбатан инвариантлилиги вақтнинг бир жинслилигидан келиб чиқади. Масалан, оғирлик кучи майдонида жисмнинг эркин тушишида унинг тезлиги ва босиб ўтган йўли фақат бошланғич тезликка ва жисмнинг эркин тушиш вақтига боғлиқ бўлиб, улар асло жисм қачон тушишининг бошланишига боғлиқ эмас.

Вақтнинг бир жинслилигидан механик энергиянинг сақланиш қонуни келиб чиқади. Фақат ораларида консерватив кучлар таъсир этаётган жисмлар системасида тўлиқ, механик энергия сақланади, яъни вақт ўтиши билан ўзгармайди. Консерватив кучлар фақат потенциал майдонлардагина таъсир кўрсата олади. Мазкур майдонда кучлар жисмларга таъсир кўрсатиб уларни бир ҳолатдан бошқа ҳолатга кўчиради. Бунда бажарилган иш йўлнинг шаклига боғлиқ бўлмасдан, балки бошланғич ва сўнги ҳолатигагина боғлиқ бўлади. Агар куч томонидан бажарилган иш жисмнинг бир нуқтадан бошқасига кўчиш йўлига боғлиқ бўлса, бундай куч «диссипатив кучлар» дейилади. Хусусан ишқаланиш кучи бунга мисол бўлади. Механик системани жисмларига фақат консерватив кучлар таъсир кўрсатса, улар «консерватив системалар» дейилади. Механик энергиянинг сақланиш қонунини яна қуйидагича таърифлаш

мумкин: «консерватив системаларда тўлиқ механик энергия сақланади».

Диссипатив системаларда механик энергия аста-секин бошқа номеханик энергияларга айланиши туфайли камайиб боради. Мазкур жараён «энергиянинг диссипацияси ёки сочилиши» дейилади. Қатъий қилиб айтганда, табиатда барча системалар диссипативдир. Консерватив системаларда тўлиқ механик энергия ўзгармай қолади, фақатгина кинетик энергия потенциал энергияга, потенциал энергия кинетик энергияга айланиб туради, холос.

Энергиянинг айланиши ва сақланиши табиатнинг фундаментал қонуни ҳисобланади. У макроскопик жисмлар системаси учун ҳам, микроскопик жисмлар системаси учун ҳам бажарилади.

Агар системада консерватив ва диссипатив кучлар масалан, ишқаланиш кучи мавжуд бўлса, у ҳолда тўлиқ механик энергия сақланмайди. Лекин механик энергия камаяётганида эквивалент турдаги бошқа энергия вужудга келади. Шундай қилиб, энергия йўқолмайди ҳам янгидан пайдо бўлмайди ҳам; фақатгина у бир турдан иккинчи турга айланади холос. Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунининг физик мазмуни шундан иборат: унинг — материянинг йўқ бўлмаслиги ва унинг ҳаракатининг мазмуни — энергия унинг таърифига кўра — энергия ҳар хил ҳаракат ва ўзаро таъсирлашувларининг улчовидир.

Энергиянинг сақланиш қонуни экспериментал маълумотларни умумлаштириш натижасидир. Мазкур қонуннинг гоёсини М. Ломоносов берган, аммо унинг миқдорий ифодасини Ю. Майер ва Г. Гельмголтцлар яратганлар.

Фазо симметриясининг яна бир хоссаси бўлган изотропликка мурожаат этайлик. «Фазонинг изотроплиги» деганда, саноқ системаси координата ўқларининг йўналишини танлашга нисбатан физик қонунларнинг инвариантлиги тушунилади (берк системанинг фазода исталган бурчакка бурилишига нисбатан). Фазонинг изотроплигидан табиатнинг фундаментал қонуни — импульс моментининг сақланиш қонуни келиб чиқади. Берк системанинг импульс моменти сақланади, яъни ўзгармай қолади.

Сақланиш қонуни билан фазонинг симметрияси орасида боғланиш борлиги немис математиги Эмми Нётер томонидан аниқланди. У математик физиканинг фундаментал теоремаси-

ни исботлади ва таърифлади. Мазкур теорема унинг номи билан аталиб қуйидагича таърифланади: фазо ва вақтнинг бир жинслилигидан импульс ва энергиянинг сақланиш қонуни мос равишда келиб чиқса, фазонинг изотроплигидан импульс моментининг сақланиш қонуни келиб чиқади. Табиатдаги ҳар хил симметрияларни ажратиб олиш, баъзан эса қоидасини бериш микро ва мегадунёларнинг хусусиятларини назарий тадқиқ қилиш усулларидан бири бўлиб қолди. Шунинг натижасида ўта мураккаб абстракт математик аппаратнинг, яъни гуруҳ назариясининг роли ортди. Чунки у симметрияни тавсифлашнинг энг адекват ва аниқ тилидан иборатдир. Гуруҳлар назарияси ҳозирги замон математикасининг энг асосий йўналишларидан бири бўлиб, унинг ривожига француз математиги Эварист Галуа ўзининг баракали ҳиссасини қўшган.

Рус минералоги ва кристаллографи Е.Фёдоров кристаллографиянинг энг асосий масалаларидан бири — тўғри фазовий нуқталар системасини классификациялаш масаласини гуруҳлар назарияси ёрдамида ечди. Бу тарихда биринчи марта гуруҳлар назариясини табиатшуносликка бевосита қўллаш эди.

Коинотда материянинг бир жинсли ва изотроплигини фазовий тақсимоти тўғрисидаги космологик принципнинг асосини ташкил этувчи материя умумий назариясининг тенгламаларига қўйиладиган муҳим чекланишлар А.Фридманга коинотнинг кенгайишини олдиндан айтиб бериш имкониятини берди.

Макротизимларнинг статистик ва термодинамик хоссалари.

Иссиқлик ҳодисаларининг ва макротизимлар тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланиши

Бизнинг атрофимизда ташқаридан қараганда механик ҳаракатга жуда кам ўхшайдиган ҳодисалар рўй беради. Макротизимларни ташкил этувчи жисмлардаги ҳарорат ўзгариб, улар бир ҳолатдан (масалан, суюқ), бошқа (қаттиқ ёки газсимон) ҳолатга ўтганда мазкур ҳодисалар кузатилади. Бундай ҳодисалар «иссиқлик ҳодисалари» дейилади. Иссиқлик ҳодисалари инсонлар, ҳайвонлар, ўсимликлар ҳаётида ўта муҳим рол ўйнайди. Фасллар алмашиши туфайли ҳарорат 20⁰-30⁰С га фарқланади. Бу бизни ўраб турган муҳитни жуда ўзгартиради. Баҳорнинг келиши бутун борлиқни ўзгартиради, ундаги барча далалар, қирлар, ўрмонлар кўм-кўк тус олади.

Демак, Ерда яшаш имконияти атроф-муҳит ҳароратига боғлиқ экан. Одамлар оловни олиш ва уни сақлашни урганганларидан кейингина атроф-муҳитга унчалик боғлиқ бўлмай қолдилар. Бу эса ривожланишнинг илк даврида одамзотнинг қилган энг йирик ихтироларидан бири эди.

Иссиқлик ҳодисаларининг табиати тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланиши тарихий-илмий ҳақиқат қандай мураккаб эканлигининг ва бири бошқасини инкор этадиган йўللарни босиб ўтишининг мисолидир.

Қадимги философлар олов ва у билан боғлиқ иссиқликни стихияларнинг бири тарзида қарадилар. У эса ер, сув, ҳаво билан биргаликда барча жисмларни ҳосил қилади. Шу билан бир вақтда иссиқликни ҳаракат билан боғлашга уринганлар ҳам бўлиб турди. Чунки жисмлар бир-бирларига урилганда ёки улар бир бирига ишқаланганда қизишига эътибор берилди.

XVII асрнинг бошларида термометр ихтиро этилгандан сўнг иссиқлик жараёнлари ва микротизимлар хоссаларини миқдорий тадқиқ этиш имконияти туғилгандан кейин иссиқликнинг илмий назариясини яратиш йўлидаги биринчи муваффақиятлар вужудга келди. «Иссиқликнинг ўзи нима?» деган савол янгидан қўйилди. Иккита бир-бирини инкор этувчи назария юзага келди. Уларнинг бирида иссиқликни моддий назариясида — иссиқлик бир жисмдан бошқасига оқиб ўтиш қобилиятига эга бўлган алоҳида вазнсиз «суюқлик» тарзида қаралди. Мазкур суюқлик теплород деб аталди. Жисмларда қанчалик теплород кўп бўлса, жисмларда шунчалик ҳарорат юқори бўлади.

Бошқа нуқтаи назарга кўра эса иссиқлик жисмлардаги зарралар ички ҳароратининг натижаси сифатида қаралади. Жисмнинг зарралари қанчалик тез ҳаракатланса, унинг ҳарорати шунчалик юқори бўлади.

Шундай қилиб, иссиқлик ҳодисалари ва хоссалари тўғрисидаги тасаввурни қадимги философлар моддаларнинг тузилиши ҳақидаги атомистик таълимотга боғлайдилар. Бундай тасаввур доирасида иссиқлик назарияси дастлаб «корпускуляр» деб аталди. Корпускуляр «зарра» сузидан олинган бўлиб, мазкур гоёнинг Бернулли, Ньютон, Гук, Бойль тарафдори эдилар.

Корпускуляр назарияни жуда кўп афзалликларига қарамасдан, XVIII аср ўртасига келиб, теплород назарияси тарафдорлари вақтинчалик ғалабага эришдилар. Иссиқлик алмашилишида иссиқлик сақланиши экспериментал исботлангандан кейингина бу

руй берди. Бундан иссиқлик суюқлиги — теплород сақланиши келиб чиқди. Моддавий назарияда «жисмларнинг иссиқлик сигими» тушунчаси киритилди ва иссиқлик ўтказувчанликнинг миқдорий назарияси ишлаб чиқилди. Уша вақтда киритилган атамаларнинг қўллари ҳозир ҳам сақланиб қолинган.

XX аср ўрталарида механик иш билан иссиқлик миқдори орасида боғлиқлик борлиги исботланган. Худди ишга ўхшаб иссиқлик ҳам энергиянинг ўзгариш мезони экан. Жисмнинг қиздирилиши унда вазнсиз суюқликнинг миқдорини орттириш бўлиб қолмай, балки энергиясини орттириш билан боғлиқдир. Теплород принципи унда анча чуқур бўлган энергиянинг сақланиш қонуни билан алмаштирилди. Теплород энергияни бошқача шаклдан иборат эканлиги аниқланди.

Иссиқлик ҳодисалари ва макротизимлар хоссалари назариялари ривожига немис физиги Р.Клаузиус, инглиз физик — назарийчиси Дж.Максвелл ва австриялик физик А.Больцман ва бошқалар баракали ҳисса қўшдилар.

Макротизимлар хоссаларининг термодинамик ва статистик тавсифи

Энергия сақланиш қонунининг кашф қилиниши туфайли, сифат жиҳатидан икки хил — термодинамик ва статистик бир-бирини тўлдирадиган тадқиқот усуллари ёрдамида иссиқлик ҳодисалари ва макротизим хоссалари текширилди. Термодинамика — физиканинг бир бўлими бўлиб, у термодинамик мувозанат ҳолатида турган ва бу ҳолатлар орасидаги термодинамик ўтиш жараёнларини, макротизимларнинг умумий хоссаларини ўрганadi. Бу ўзгаришлар асосида ётган микрожараёнларни термодинамика ўрганмайди. Термодинамик усул, статистик усулдан шу билан фарқ қилади. Термодинамика ҳодисаларни тажрибаларда топилган маълумотларини умумлаштириш натижасида олинган иккита фундаментал бош қонунга таяниб текширади. Термодинамиканинг қўлланиш соҳаси молекуляр-кинетик назарияга қараганда анча кенгроқ. Чунки физика ва кимёнинг ҳеч қандай соҳаси йўқки, унда термодинамик усул қўлланилмаган бўлсин.

Термодинамика термодинамик тизим билан иш кўради. Бир-бири билан, шунингдек бошқа жисмлар энергия алмашинишади ва ўзаро таъсирлашувчи макроскопик жисмлар тўпламини ҳосил қилади.

Термодинамик усулнинг асоси – термодинамик тизимнинг ҳолатини аниқлашдир. Тизимнинг ҳолати термодинамик параметрлар (ҳолат параметрлари) орқали ифодаланади. Термодинамик тизим хоссаларини тавсифловчи физик катталиклар тўплами қуйидагилардан иборат: ҳарорат, босим ва ҳажм. Шу параметрлар ва уларнинг ўлчов бирликлари билан танишайлик.

Ҳарорат. «Ҳарорат» тушунчаси фанда, техникада ва кундалик турмушда кенг тарқалган. Масалан, кундалик турмушда ҳарорат «иссиқлик»ни «совуқ»дан фарқ қилувчи катталикдир. У берилган ҳолатнинг иссиқлик мувозанатини тавсифлайди. Иссиқлик мувозанатдаги жисмлар ҳарорати ҳам бир хил бўлади. Икки жисм учинчи жисм билан иссиқлик мувозанатда бўлса, демак, улар ўзаро ҳам мувозанатда бўлади.

Жисмнинг хоссаси ўзгарса, уни тавсифловчи катталиклари ҳам ўзгаради. Моддаларнинг шу хусусиятидан ҳароратни ўлчашда фойдаланилади. Демак, жисмларнинг ҳолатлари орасидаги фарқни учинчи жисм ёрдамида ўлчаш мумкин экан. Ҳарорат учун мўлжалланган асбоб – термометрни ясашда термометрик модда ва шу моддани тавсифловчи катталик танланади. Одатдаги термометрларда, термометрик модда сифатида симоб, термометрик шкала тарзида эса симоб устунининг узунлиги хизмат қилади. Ҳарорат бирлиги – даража. Уни белгилаш учун қуйидаги усулдан фойдаланилади: нормал атмосфера босимида музнинг эриш ҳарорати билан сувнинг қайнаш ҳарорати олинади. Бу икки ҳарорат қийматлари оралиғи тенг бўлакларга – даражаларга бўлинади. Ҳарорат шкаласининг энг кенг тарқалгани – Цельсий шкаласидир. Бу шкала жисмларнинг иссиқликдан кенгайишига асосланган. Цельсий ҳам ўз шкаласида атмосфера босимида эриган муз ва қайнатилган сув ҳароратларини олади ва икки ҳарорат оралиғини юзта тенг бўлаққа ажратади. Ундаги ҳар бир интервал Цельсий даражага тенг бўлади.

Қатъий айтганда, жисмларнинг ҳажми ҳарорат шкаласидан фарқли, ҳароратга қараб тизимли ўзгармайди. Шу камчиликдан ҳоли бўлиш учун Кельвин термодинамик шкалани таклиф этди. Бу шкала Кельвиннинг абсолют шкаласи деб аталди. Кельвин шкаласининг Цельсий шкаласидан фарқи шундаки, бу шкала модданинг термометрик хусусиятига боғлиқ эмас. Бу шкала термодинамиканинг иккинчи қонунига асосланган. Мазкур қонунга кўра, жисмнинг иситкичдан олган Q_1 иссиқлик миқдорининг совуткичга узатилган Q_2 иссиқлик

миқдорига нисбати иситкич ҳарорати T_1 нинг совитиш ҳарорати T_2 нинг нисбатига тенг

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1)$$

(1) муносабатдаги ҳароратларнинг бири ва $\frac{Q_1}{Q_2}$ нисбат

маълум бўлса, у ҳолда иккинчи ҳароратни топиш мумкин.

Мазкур шкала бўйича нол Кельвин -273°C га тенг (аниқроғи $273,16^\circ\text{C}$). Кельвин шкаласида ҳарорат T орқали белгиланади. Цельсий шкаласидаги t Кельвин шкаласидаги ҳарорат билан қуйидагича боғланган: $T=t+273$. Фараз қилайлик, ҳароратнинг қандайдир қийматида босим P_t нолга тенг бўлсин. У ҳолда Шарль қонунига кўра $P_t=P_0(1+\alpha t)$ тенглама $P_t=0$ бўлгани учун $P_0(1+\alpha t)=0$ ифодага келтирилди. Аммо $P_0=0$ бўлиши мумкин эмас. Шунинг учун $1+\alpha t=0$ бўлиши керак. Бундан

$$t = -\frac{1}{\alpha} = -273^\circ\text{C}$$

натижа чиқади. Бу “ҳароратнинг абсолют ноли” деб қабул қилинган. Абсолют нол шундай ҳароратки, бунда молекулаларнинг илгариланма ҳаракати тамомила тўхтайтиди. Аммо молекулалар ҳаракатининг бошқа турлари (айланма ва тебранма ҳаракатлар) $T=0^\circ\text{K}$ да ҳам содир бўлаверади.

Шуни айтиш керакки, амалда абсолют нолга эришиб бўлмайди, аммо унга яқинлашиш мумкин. Ҳозирги вақтда $T=0,0001\text{ K}$ га тенг ҳароратга эришилган.

Босим — сатҳ биригига нормал равишда таъсир этувчи куч билан тавсифланувчи катталиқдир. Босимнинг СИ даги бирлиги Паскал (Па). Қаттиқ ва суюқ ҳолатларда моддани ташкил этган молекулаларнинг тортишиши анчагина кучли бўлганлиги сабабли жисмлар ўз ҳажмини, қаттиқ жисмлар эса ўз шаклини сақлайди. Газсимон ҳолатдаги молекулалар орасида ўзаро тортишиш кучлари анча заиф. Шунинг учун газсимон ҳолатдаги жисм ўзи солинган идишни бутунлай эгаллайди. Бинобарин, “тизим ҳажми” деганда идишнинг ҳажмини тушунишимиз керак. СИ да ҳажм метр куб (м^3) да ўлчанади.

Статистик физика молекуляр физиканинг бир бўлими бўлиб модданинг тузилиши ва хоссаларини молекуляр-кинетик тасаввурларга асосланиб ўрганади. Бу тасаввурларга биноан, қаттиқ, суюқ ёки газсимон ҳолатидаги ҳар қандай жисм жуда майда зарра — молекулалардан иборат. Ҳар қандай модданинг молекулалари тартибсиз ёки тартибли ҳаракат ҳолатида бўлади. Бу ҳаракатнинг интенсивлиги модданинг ҳароратига боғлиқ.

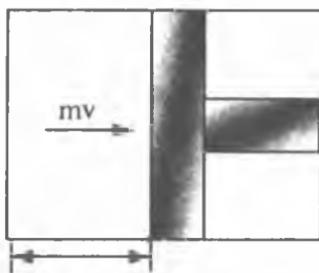
Молекуляр-кинетик назариянинг мақсади жисмларнинг бевосита тажрибада кузатиладиган ҳодисаларни (босим, ҳарорат ва ҳоказоларни) молекулалар таъсирининг умумий натижаси сифатида талқин қилишдан иборат. Бунда бу назария айрим молекулаларнинг ҳаракати билан эмас, балки зарранинг жуда катта тўплами билан ҳаракатини тавсифлайдиган фақат ўртача миқдорлар билангина иш қўриб, статистик усулдан фойдаланилади. Шунинг учун молекуляр-кинетик назария “статистик физика” деб ҳам юритилади. Масалан, жисмнинг ҳарорати уни ташкил қилувчи молекулаларни ҳаракати билан белгиланади. Аммо вақтнинг ҳар бир momentiда турли хил молекулалар турли хил тезликка эга бўладилар. Шунинг учун у фақат тезликнинг ўртача қиймати орқали ифодаланиши мумкин. Алоҳида битта молекуланинг ҳарорати ҳақида гапириш мумкин эмас. Жисмларнинг макроскопик тавсифи фақат жуда кўп сонли молекулалар учун физик маънога эга.

Жисмларнинг ҳар хил хоссалари ва модда ҳолатининг узгаришини термодинамика ҳам ўрганади. Лекин термодинамика молекуляр-кинетик назариядан фарқли жисмларнинг ва табиат ҳодисаларининг макроскопик хоссаларини, уларнинг микроскопик манзарасига эътибор қилмай ўрганади. Термодинамика молекула нуқтаи назаридан текширилмай туриб ҳам бу жараёнларни бориши тўғрисида хулосалар чиқаришга имкон беради.

Термодинамикага жуда кўп тажрибалардан олинган далилларни умумлаштириш орқали топилган бир неча асосий қонунлар асос қилиб олинган. Шунинг учун термодинамика қонунлари жуда умумий тавсифга эга.

Молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламасини аниқлаш учун қуйидаги тажрибага мурожаат этайлик (4-чизма). Бунда поршен кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган цилиндрда ҳаракат қилинаётган бўлган. Цилиндр ичида v тезлик билан ҳаракат қилаётган m массали битта молекула ҳаракатини

кузатайлик. Агар молекула поршен томонга ҳаракатланаётган бўлса, у маълум вақт ўтгач поршенга келиб урилиши табиий.



4-чизма

Тўқнашиш эластик бўлганлиги сабабли молекула олдинги тезлигини ўзгартирмаган ҳолда орқага қайтади. M массали поршен молекуланинг тўқнашиши натижасида v_1 тезлик олади. Импульснинг сақланиш қонунига биноан молекула ва поршенлардан иборат тизимнинг тўла импульси ўзгармаслиги лозим. Тўқнашиш жараёнида v_1 молекула тезлигининг ишораси ўзгарганлиги сабабли (молекула дастлабки йўналишга нисбатан тескари йўналишда ҳаракат қилади) молекуланинг импульси $mv - (-mv) = 2mv$ га ўзгаради.

Импульснинг сақланиш қонунига кўра поршеннинг импульси ҳам худди шу миқдорга ўзгариши лозим, яъни $mv_1 = 2mv$, бундан поршен олган тезлик $v_1 = 2mv/m$ га тенг бўлади.

Молекуланинг массаси поршеннинг массасидан жуда кичик бўлганлиги сабабли урилиш жараёнида поршеннинг тезлиги жуда кичик бўлиши табиий. Молекула ҳаракати узлуксиз бўлганлиги сабабли у яна қайтадан поршенга урилади.

Бунинг натижасида поршен яна $v_1 = 2mv/m$ га тенг тезлик олади. Цилиндрнинг чап томонидаги девори билан поршен орасидаги масофа l га тенг бўлса, молекуланинг икки марта кетма-кет поршен билан тўқнашуви натижасида босиб ўтган масофаси $2l$ га тенг эканлигини пайқаш қийин эмас. Бунда “молекула цилиндр ичида фақат горизонтал ўқ бўйича ҳаракат қилади деб тахмин қилинади.

Молекула тезлиги анча катта бўлганлиги сабабли $2l$ масофани бир хил вақт ичида босиб ўтади деб, қуйидаги ифодани ёзиш мумкин:

$$t=2l/v \quad (2)$$

Молекуланинг ҳар бир урилганидан сўнг поршеннинг тезлиги сакраб ўзгаради деб ҳисоблаш табиий. Аммо икки урилишлар оралиғидаги вақтнинг жуда кичик эканлигига асосланиб, поршен тезлиги бир хил меъёردа ортади деб ҳисобласа ҳаго бўлмайди. Демак, поршен текис тезланувчан ҳаракатга келади ва бундаги тезланиш

$$a=v/t=2mv/mt \quad (3)$$

ифодадан топилади деб тахмин қилиш мумкин. (3) га (2) ни қўйиб, қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз

$$a=2mv/M(2l/v)=mv^2/Ml \quad (4)$$

Молекуланинг урилиши натижасида поршен унга ташқаридан F куч билан таъсир қилиш керак. Мувозанат вужудга келиши учун бу куч таъсирида поршеннинг олган тезланишининг қиймати a га тенг бўлиб, унга нисбатан тесқари йўналган ҳолатни олиш керак, яъни

$$F = Ma = \frac{mv^2}{l} \quad (5)$$

Энди ҳақиқий манзара устида фикр юритайлик. Яъни цилиндр ичида битта молекула эмас, балки n та молекула ҳаракат қилаётган бўлсин. Бундан ташқари молекулаларнинг тезликлари ҳам турлича бўлсин.

Одатда, ҳаракат йўналишларини аниқлаш учун координата ўқларидан фойдаланилади.

Жумладан, молекула ихтиёрий йўналишда ҳаракатланса ҳам X, Y, Z ўқларга нисбатан соддароқ кўринишга келтириш мумкин. Масалан, барча молекулаларнинг $1/3$ қисми фақат X ўқи бўйлаб, $1/3$ қисми фақат Y ўқи бўйлаб, $1/3$ қисми Z ўқи бўйлаб ҳаракат қилади, деб тахмин қилинса, хатога йўл қўйилмаган бўлади. Шунинг учун цилиндрнинг горизонтал ўқи бўйлаб поршенга урилиб орқага қайтувчи молекулалар сони барча молекулаларнинг $1/3$ қисмини ташкил қилади ва поршенга келиб урилаётган молекулалар сони эса $1/3 n$ га тенг бўлишини назарда тутиш керак.

Энди «молекулаларнинг тезликлари турли қийматларга эга бўлганлиги сабабли, қандай тезликни танлаш керак?» деган саволнинг тугилиши табиий. Ҳисоблашлар ўртача квадратик тез-

лик қўйиладиган саволни яхшироқ қондириши исботланганлигини кўрсатади. Битта молекуланинг поршенга таъсир кучи F_1 та тенг бўлса, $1/3 n$ молекуланинг таъсир этувчи умумий куч

$$F = \frac{1}{3} n F_1 = \frac{1}{3} n \frac{m \bar{v}^2}{l} \quad (6)$$

кўринишда бўлиши ўз-ўзидек равшан. Энди таъсир кучи поршенга кўрсатилган босим ҳамда поршеннинг юзи S ларнинг ўзаро боғлиқлиги асосида қуйидаги тенглик орқали поршенга кўрсатилаётган босим ифодасини ёзиш мумкин:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{1}{3} n \frac{m \bar{v}^2}{lS} \quad (7)$$

(7) даги lS қўпайтма цилиндрнинг ҳажми эканлигини назарда тутиб, босим учун қуйидаги тенгликни ёзамиз:

$$p = \frac{1}{3} n \frac{m \bar{v}^2}{lS} \quad \text{ёки} \quad p = \frac{1}{3} m n_0 \bar{v}^2 \quad (8)$$

Бу ифодадаги $n/v = n_0$ нисбат ҳажм бирлигида молекулалар сони ёки молекулалар концентрацияси дейилади.

(8) идеал газ босим учун молекуляр-кинетик назариянинг тенгламаси дейилади.

(8) тенглама ўнг қисмининг суръат ва маҳражини иккига қўпайтирсак

$$p = \frac{2}{3} m n_0 \frac{\bar{v}^2}{2} = \frac{2}{3} n_0 \frac{m \bar{v}^2}{2} \quad (9)$$

бу муносабатдаги $\epsilon_k = \frac{m \bar{v}^2}{2}$ катталиқ газ молекуласи илгариланма ҳаракатининг кинетик энергияси деб аталади. Бу белгилаш ёрдамида молекуляр-кинетик назария тенгламасини

$$p = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}_k \quad (10)$$

кўринишида ёзиш мумкин.

Демак, идеал газнинг босими ҳажм бирлигидаги молекулалар сони билан илгариланма ҳаракатнинг ўртача кинетик энергияси қўпайтмасига пропорционал экан.

(10) ни икки томонини V_m га қўпайтириб бир моль учун ҳолат тенгламаси билан солиштирамиз.

$$pV_m = 2/3(n_0 V_m) \epsilon_k$$

$$pV_m = 2/3 N_a \epsilon_k \quad (11)$$

Больцман доимийси деб аталган $R/N_a = k$ га тенг экан.

Бу белгилашлар ёрдамида кинетик энергия учун $\epsilon = 3/2 kT$ ифодани ҳосил қилиш мумкин.

Демак, молекулалар илгариланма ҳаракати ўртача кинетик энергияси газни абсолют ҳароратига боғлиқ булар экан, холос.

Берилган тенгламадан қўринадик, $T=0$ да кинетик энергия 0 га тенг, яъни абсолют нолда газ молекулаларининг илгариланма ҳаракати тўхтайди, демак босим ҳам 0 га тенг. Термодинамик ҳарорат идеал газ молекулалари илгариланма ҳаракати ўлчови бўлса келтирилган формула эса ҳароратнинг молекуляр-кинетик мазмунини очиқ беради. Молекуляр-кинетик назариянинг бир ҳолати — исталган жисм жуда кўп сондаги майда зарралар — молекулалардан ташкил топганлиги жуда кўп тажрибаларда исботланган. Шу билан бир вақтда молекула ва атомларнинг реал мавжудлиги ҳам тасдиқланган. Атом ва молекулаларнинг ўлчами қанчалик кичиклиги ва макроскопик жисмларда уларнинг қанчалик кўплигини кўрсатувчи баъзи бир рақамларни келтирамиз. Вольфрам атомининг диаметри 2 Ангстрем атрофини ташкил этади (1 Ангстрем — 10^{-8} см) Ион микроскоп ёрдамида уни кўриш мумкин. Водород молекуласининг ўлчами тахминан шу тартибда — 2,3 Ангстрем. Исталган макроскопик жисмда молекулаларнинг ниҳоятда кичик бўлганлиги туфайли улар сонининг гоятда кўп бўлганлиги энди тушунарли. Бир сув томчисида молекулалар сони $3 \cdot 10^{22}$ та эканлигини оддий ҳисоблашлар кўрсатиб турибди. Шундай кичик объект ва шундай катта молекулалар сони мавжудлигини тасаввур қилишимиз?

Термодинамика қонунлари

Даставвал у иссиқликнинг ишга айланиши ҳақидаги фан сифатида юзага келди. Термодинамик тизимнинг энг муҳим таъсифи унинг ички энергиясидир. U — хаотик ҳаракат ва ўзаро таъсирлашув энергияси. Ички энергия — тизим термодинамик ҳолатининг бир қийматли функциясидир, яъни ҳар бир

ҳолатда тизим ички энергиясининг муайян аниқ битта қийматиға эга бўлади. $U=0$ бўлган ҳолат тизимнинг ихтиёрий танланган ҳолатидан иборат, чунки термодинамикани ички энергияси U қийматининг ўзгармас тизими эмас, балки тизимнинг ҳолати ўзгарганда ички энергия ΔU нинг ўзгариши қизиқтиради.

Термодинамиканинг биринчи қонуни қуйидагича таърифланади: тизим атрофидаги жисмлар ташқаридан берган иссиқлик миқдори ички энергияни ўзгартиришга ва тизимнинг ташқи жисмлар устида иш бажаришга сарфланади. У математик тарзда қуйидагича ёзилади:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A \quad (1)$$

формула энергиянинг ўзгариши ва сақланиши қонунининг иссиқлик жараёнларига қўлланилишининг математик ифодаси бўлиб, у фундаментал табиат қонунидир.

Агар бу қонунни барча табиат ҳодисалари учун умумлаштирсак, у қуйидагича таърифланади: табиатда юз бераётган ҳамма жараёнларда энергия ҳосил бўлмайди ҳам, йўқ бўлмайди ҳам; у фақат бир турдан бошқа турга ўзгариб туради, холос.

Даврий ишлаётган машина ташқаридан иссиқлик олмаётган бўлсин, яъни $Q=0$. У ҳолда (1) ифода $A=(U_1+U_2)$ кўринишига келади. Демак, бундай ҳолда иш ички энергия ҳисобига бажарилар экан. Аммо бу ҳол чексиз давом этмайди ва маълум вақтгача машинанинг ишлаши тўхтади. Шунга қарамай яқин-яқингача кўпгина олимлар ташқаридан иссиқлик олмай ишлайдиган машиналарни, яъни абадий двигателни яратишга уриниб кўрганлар. Аммо бу уринишларнинг ҳаммаси зое кетди. Шу асосида термодинамиканинг биринчи (бош қонунни яна бошқача таърифлаш мумкин: биринчи тур абадий двигателни қуриш мумкин эмас) қонуни юзага келди.

Термодинамика қонунлари табиатнинг буюк қонунлари қаторига киради. Бундай қонунлар кўп эмас. Уларни битта қўлнинг бармоқлари билан ҳисоблаш мумкин.

Термодинамика қонунларининг ўзи нима?

Агар «термодинамика жисмларнинг энергия алмашишини белгиловчи қадамлар тўғрисидаги таълимотдан иборат» десак, биз эҳтимол, масала мазмунига жуда яқин келган бўлармиз. Лекин бизни қизиқтираётган мавзунинг мазмуни жуда оддий гапдан иборат бўлади: термодинамика фани – термодинамика-

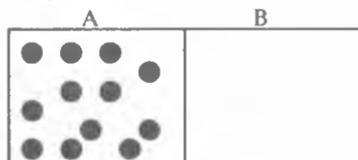
нинг биринчи ва иккинчи асосларидан келиб чиқадиган билимларнинг йиғиндисидир.

Иссиқлик жараёнлари механик ҳаракатлардан фарқли қайтмас жараён эканлигини қўплаб тажрибалар натижаси кўрсатиб турибди.

Қайтмас жараёнлар шундай жараёнлардирки, унга акс бўлган жараён фақат мураккаброқ жараённинг бир звеноси сифатидагина юз бера олади. Демак, қайтмас жараёнлар учун уларнинг ўтиш йўналиши муҳимдир. Чунончи иш ҳамма жойда ва ҳамма вақт ўз-ўзича иссиқликка айланади.

Иссиқликнинг иссиқ жисмдан совуқ жисмга узатилиши ҳам қайтмас жараёндир. Жисмларнинг ҳароратини тенглаштиришга олиб борадиган бу жараён ўз-ўзича ўтади, яъни тизимда юз бераётган бирдан-бир жараён бўла олади. Бунга акс бўлган жараён ўз-ўзича ўтмайди.

Қайтмас жараённинг бир мисол сифатида газнинг бушлиққа чиқиб кенгайишини келтириш мумкин. С тўсиқ ёрдамида бир-бирига тенг А ва В қисмларга ажратилган идишни кўз олдимизга келтирайлик (5-чизма.)



5-чизма

Идишнинг А қисмида газ бор. В қисми бўш. Агар тўсиқ олиб ташланса, газ дарров ўз-ўзича кенгайиб, В қисмига гулдирди ва бутун идишга тенг тарқалади. Ташқи кучлар ёрдами билан бирор иш бажарибгина газни яна қайтадан А қисмга йиғиш мумкин бўлади. Демак ўз-ўзича қўйилган тизим термодинамик мувозанат ҳолатга ўтишга интилади. Бундай тизимда бир хил ҳарорат ва бир хил босим мавжуд бўлганлиги гуфайли жисмлар бир-бирига нисбатан тинч турадилар. Мазкур ҳолатга эришган тизим ўз ҳолига чиқиб кетмайди. Демак, иссиқлик мувозанатига яқинлашаётган барча термодинамик жараёнлар қайтмас жараёнлар экан.

Ишқаланиш билан бирга бўладиган барча механик жараёнлар ҳам қайтмасдир. Ишқаланиш туфайли жараёнлар секинланади ва кинетик энергия иссиқликка айланади. Секинлашиш

мувозанат ҳолатга эквивалент бўлиб, унда жисмлар ҳаракати тўхтайдди.

Термодинамик мувозанатда турган жисмларнинг энергияси ҳисобига иш бажариб бўлмаслигидан иборат тасдиқ термодинамиканинг мазмунини ташкил этади. Бизни ўраб турган атроф-муҳит жуда катта энергия заҳирасига эга. Иссиқлик мувозанатида турган жисмлар ҳисобига иш бажариш имконияти бўлган двигател яратилса, у ҳолда амалда иккинчи тур абдий двигател яратилган бўлар эди.

Термодинамиканинг иккинчи бош қонунини Клаузиус куйидагича таърифлади: иссиқлик миқдори ўз-ўзича камроқ исиган жисмдан кўпроқ исиган жисмга ўта олмайди. Хулоса қилиб айтганда, термодинамиканинг иккинчи бош қонунининг таърифлари ифодалаш шакллари билан фарқланади, лекин барчасининг ҳам мазмуни табиатдаги жараёнларнинг содир бўлиш йўналишини кўрсатишдан иборатдир.

Иссиқлик жараёнларининг қайтмаслиги эҳтимолий тавсифга эга. Жисмларнинг мувозанатли ҳолатдан мувозанатсиз ҳолатга ўз-ўзича ўтиши жуда ҳам йўқ эмас, фақат унинг жуда эҳтимоли кичик. Иссиқлик жараёнларининг қайтмаслиги, жисм гоятда кўп сондаги молекулалардан ташкил топганлиги билан белгиланади.

Газ молекулалари энг эҳтимолли ҳолатга, яъни молекулаларнинг тартибсиз тақсимланган ҳолатига интилади. Бунда бир хил сондаги молекулалар юқорига, пастга, ўнгга ва чапга ҳаракатланади ва ҳар бир ҳажмда бир хил сондаги молекулалар бўлиб, уларнинг бирор идишнинг юқори ва пастки қисмларидаги тез ва секин ҳаракатланувчи молекулаларининг улушлари ҳам бир хил бўлади. Бундай тартибсизлик, хаосдан оғиш, яъни молекулалари бундай ўрни ва тезлиги бўйича текис, тартибсиз аралashiши эҳтимолликнинг камайиши билан боғлиқ ёки кам эҳтимолли ҳодисадан иборат бўлади. Аксинча, аралashiш ва тартибдан хаос ҳосил қилиш билан боғлиқ ҳодисалар ҳолатининг эҳтимолини орттиради. Фақат ташқи таъсир туфайли хаосдан (тартибсизликдан) тартиблилик ҳосил бўлиши мумкин, бунда тартиблилик хаосни сиқиб чиқаради. Тартиблиликнинг намоиши тарзида табиат томонидан ҳосил қилинган минералларни келтириш мумкин ёки инсон қўли билан яратилган катта ва кичик иншоотларни ёки инсон кўзини қувонтирадиган ҳайкалларни мисол тариқасида келтириш мумкин.

Жисмнинг иссиқлик ҳолатини миқдорий характеристикаси тарзида, берилган ҳолатни амалга ошириш учун зарур бўлган микроскопик усуллар сони тушунилади. Мазкур сон “ҳолатнинг статистик вазни” дейилади. Уни Γ ҳарф билан белгилайлик. Ўз-ўзига қуйиб берилган жисм статистик вазни катта бўлган ҳолатга ўтишга интилади. Γ соннинг ўзидан эмас, балки Ыольцман доимийсига кўпайтирилган, логарифм қийматидан фойдаланишга одатланилган. Шундай йўл билан аниқланган ифода

$$S = k \ln \Gamma \quad (2)$$

«жисмнинг энтропияси» дейилади. (2) ифодада S – жисмнинг энтропияси. Равшанки, мураккаб тизимнинг энтропияси унинг қисмлари энтропиялар йиғиндисига тенг. Иссиқлик жараёнларининг йўналишини белгиловчи қонунни, энтропиянинг ортинчи қонун тарзида таърифлаш мумкин: берк тизимда содир бўладиган барча иссиқлик жараёнлари учун тизимнинг энтропияси ортади; берк тизимнинг энтропияси мумкин бўлган қийматининг максимуми иссиқлик мувозанатида эришади.

$$\Delta S \geq 0$$

Демак, барча табиий жараёнлар учун ортиб борувчи хаосни тавсифловчи мезони – энтропия экан. Шу билан боғлиқ иккинчи тур абадий двигателни яратиш бўлмаслиги қонуни, жисмлар мувозанат ҳолатига интилиши сабаби аён бўлди.

Мазкур таъриф Р.Клаузиус томонидан берилган бўлиб, у термодинамиканинг иккинчи бош қонунининг миқдорий ифодаланишидан иборатдир. Қайтувчи жараёнлар содир бўлаётган идеал ҳол учун ўзгармайдиган энтропия мис келади.

Шундай қилиб, берк тизимда қайтувчан жараён амалга ошганда энтропия ўзгармайди, қайтмас жараён содир бўлганда эса энтропия ортади. Амалда табиий жараёнлар қайтмас бўлади. Бунинг маъноси шуки, тартиблиликдан тартибсизликка ўтиш жараёни содир бўлади. Демак, барча табиий жараёнларда энтропия ортиб боради, энтропия эса хаосни тавсифлайди. Жисмларнинг мувозанат ҳолатига интилиш қонуни иккинчи тур абадий двигателни яратиш бўлмаслиги ҳақидаги қонуннинг мазмунидан иборат. Нима учун механик ҳаракат иссиқликка айланади? Шунинг учунки, механик ҳаракат тартибланган, иссиқлик эса бетартиб, хаотик ҳаракатдан иборатдир. Ўтган аср-

нинг иккинчи ярмида баъзи физиклар ва философлар «коинотнинг иссиқликлиги» деган гипотезани илгари сурганликлари муносабати билан шу масала устида тўхтаб ўтиш зарур. «Коинотнинг ёпиқ тизими» деб қараб ва унга термодинамиканинг иккинчи^о бош қонунини татбиқ қилиб, «уларда маълум вақтдан кейин осмон жисмлари орасидаги ҳарорат фарқлари йўқолади ва коинотнинг ҳамма жойда ҳарорат бирдай бўлган ҳолатга келиб қолиши керак», деган хулосага келдилар.

Бунинг маъноси шуки, коинотнинг энтропияси максимум қийматиغا эришади. Демак, вақт ўтиши билан ҳамма турдаги ҳаракатлар иссиқлик ҳаракатига айланади. Тизимдаги жисмларнинг ҳароратлари тенглашганликлари туфайли, коинотдаги барча ҳаракатлар тўхтайтиди. Коинотнинг «иссиқлик ўлими» вужудга келади.

«Иссиқлик ўлими» ҳақидаги хулосанинг асоссизлигига сабаб, иккинчи бош қонуннинг бутун дунёдан иборат бўлган тизимга ҳақсиз равишда татбиқ қилинишидир. Иккинчи бош қонун вақт ва фазо масштаблари бутун коинот эволюциясининг масштабларидангина эмас, ҳатто юлдузларнинг каттагина тўплами эволюциясидан ҳам анча кичик бўлган вақт ва фазо масштабларида кузатиладиган қайтмас жараёнлар тушунчаси билан боғлиқ. Демак, иккинчи бош қонунни очиқ тизим чегарасиз ва чексиз ривожланган коинотга нисбатан қўллаш хатодир.

Стационар коинот модели унинг ривожланувчи моделига алмаштирилгандан кейин, уларда моддий объектларни тартиб-лаштиришда (ташқиллаштиришда) тезлашиб боровчи мураккаблик аниқ кузатилади. Катта портлашлардан кейинги элементар ва субэлементар зарралардан тортиб самовий ва галактик тизимларга қадар қонунларнинг мос келмаслиги янада равшанлашиб қолди.

Агар энтропиянинг ортиш қонуни шунчалик универсал бўлса, мураккаб структуралар қаердан келиб чиқади? Буни мувозанатли коинотнинг тасодифий уйғониши билан тушунтириб бўлмайди.

Оламнинг умумий манзарасидаги зиддиятни йўқотиш учун материяда на фақат ҳалокатли тенденциялар, балки яратувчанлик тенденцияси ҳам мавжудлиги тўғрисидаги фараз қилиш зарурати тугилди. Ўзтартибланиш ва ўзмураккабланиш туфайли материя термодинамик мувозанатга қарши ишни амалга ошириш қобилиятига эга. Материянинг ўзривожланиши тўғрисидаги постулат фалсафага анча олдин киритилган. Уни фундаментал та-

бий фанлар (физика, кимё)га киритиш заруратини эса энди сеза бошладилар. Шу тўлқинда эса синергетика – ўзташқилланиш назарияси юзага келди. Унинг устида ишлаш бир неча ўн йиллар аввал бошланган. Ҳозирда у бир неча йўналишлар бўйича ривожлантирилмоқда: синергетика (Г. Хакен), номувозанатли термодинамика (И.Пригожин) ва бошқалар. Синергетика гоёларининг умумий мазмуни қуйида келтирилади:

А) емирилиш ва яратиш, деградация ва эволюция жараёнлари коинотда тенг ҳуқуқлидир.

Б) яратиш жараёни (мураккабланиш ва тартибланиш) амалга ошаётган тизимнинг табиатидан қатъий назар, у битта алгоритмга эга.

Шундай қилиб, синергетика қандайдир универсал механизмнинг очилишига (ихтиросига) даъвогар бўлиб қоладики, унинг ёрдамида тирик ва нотирик табиатнинг ўзгартибланиши амалга ошади. Бунда ўзгартибланиш деганида очиқ номувозанатли системани соддароқ ва тартибланган ташқилланиш кўринишидан мураккаброқ ва тартибланганликка ўз-ўзича ўтиши тушунилади. Бундан кўринадики, исталган тизим синергетиканинг объекти бўла олмайди. Ҳеч бўлмаганда қуйидаги камида иккита шартни қаноатлантирувчи тизимлар синергетика объекти бўла олади. Биринчи навбатда улар:

а) очиқ яъни, ташқи муҳит билан модда ёки энергия алмашилиши керак;

б) жиддий номувозанатли ёки термодинамик мувозанатдан анча узоқ ҳолатда бўлиши керак;

Аммо бизга маълум кўп тизимлар худди шундай хусусиятга эгалар. Классик термодинамиканинг изоляцияланган тизимлари маълум идеаллаштиришдан иборат бўлиб, реалликда улар истисно қоида эмас.

Аммо яхлит коинотда бу ҳол бироз мураккаброқ. Агар коинотни очиқ тизим деб қарасак, у ҳолда унга нима ташқи муҳит бўлиб хизмат қилади? Ҳозирги замон физикаси моддий Коинот учун ташқи муҳит вакуум бўлиши мумкинлигини эътироф этади. Демак, синергетиканинг таъкидлашича очиқ ва кучли номувозанатли тизимларнинг ривожланиши мураккабланиш ва тартибланишнинг кучайиши йўли билан ўтади. Бундай тизимнинг ривожланиш циклида икки фаза кузатилади:

1. Силлиқ эволюцион ривожланиш даври олдиндан яхши айтиш мумкин бўлган чизиқли ўзгаришлари билан жамулжам бўлиб, тизимни қандайдир нотурғун критик ҳолатга олиб келади.

2. Критик ҳолатдан чиқиш бир дақиқали, кескин ўзгарган ҳолда сақраб янада мураккаб ва тартибланган турғун ҳолатга ўтади.

Иккинчи фазанинг муҳим томони шундаки, тизимнинг янги турғун ҳолатга ўтиши бир маъноли эмас. Критик ҳаракатларга эришгандан сўнг тизим нотурғун ҳолатга айланади. Айтиш мумкинки, бу нуқтада тизимнинг эволюцион йўли тармоқланади ва ривожланишининг айнан қайси шаҳобчасини танлаб олди, буни тасодиф ҳал қилади. Танлаб олингандан кейин тизим сифат жиҳатидан тамомила бошқа турғун ҳолатга ўтгандан сўнг қайтиш йўқ. Мазкур жараён қайтмас жараён ҳисобланади.

Юқорида айтганимиздек, бундай тизимларнинг ривожланишини олдиндан айтиб бўлмайдиган характерга эга экан деган хулоса келиши мумкин. Тизим эволюциясининг мумкин бўлган вариант (йўл)ларини ҳисоблаб чиқиш мумкин. Аммо айнан қайси бири танлаб олинади, айнан қайси бирини узил-кесил танланишини олдиндан айтиб бўлмайди.

Кучайиб борувчи мураккабликдаги структураларнинг ҳосил бўлишининг энг содда ва яққол мисоли тарикасида гидродинамикада яхши ўрганилган ҳодиса «Бенар ячейкаси» номли ҳодисани келтириш мумкин.

Думалоқ ёки тўғри бурчак шаклидаги идишдаги суюқлик қиздирилганида, унинг қўйи ва юқори қатламларининг ҳароратлари орасида қандайдир фарқ (градиент) юзага келади. Агар градиент кичик бўлса, унда иссиқликнинг узатилиши айнан микроскопик сатҳда содир бўлиб, макроскопик сатҳда эса ҳеч қандай ҳаракат рўй бермайди. Аммо градиент қандайдир критик қийматга эришганда суюқликда тўсатдан сақраб, цилиндрсимон уя кўринишидаги аниқ ифодаланган структуралар ҳосил бўлиб, макроскопик ҳаракат юзага келади. Юқоридан қараганда бундай макротартибланганлик қандайдир турғун уяли структура, худди асалари уясига ўхшайди.

Ҳаммага яхши маълум бўлган мазкур ҳодиса статистик механика нуқтаи назаридан эҳтимолдан узоқ. Бенар уясининг ҳосил бўлиши пайтида суюқликнинг миллиардлаб молекулалари улар хаотик ҳаракат қилаётган бўлсалар ҳам худди команда бўйича ўзларини координациялашган, уйғун равишда тута бошлаганларидан гувоҳлик беради. Шундай тасаввур ҳосил бўладики, гуё ҳар бир молекула қолганлари нима қилаётганини билади ва шунинг учун улар умумий қаторда ҳаракатланишга интилади («Синергетик» сўзининг маъноси ҳам «биргаликда ҳаракат» демак-

дир). Бу ерда классик статистика қонунларининг ишламаслиги аниқ, бу эса бошқа тартибдаги ҳодиса.

Агар ҳаттоки, тасодифан барқарор ва кооператив структура ҳосил бўлганда ҳам, унинг ҳосил бўлиши, албатта эҳтимолдан жуда узоқ шу заҳотиёқ емирилган бўлар эди. Аммо у маълум мос шароитларда ташқаридан олган энергия ҳисобига емирилмайди, балки аксинча барқарор сақланади. Демак, кучайиб борувчи мураккабликдаги структуранинг юзага келиши тасодиф эмас, балки қонуний экан.

Шунга ўхшаш ўзгартибланиш жараёнларини бошқа очиқ номувозанатли тизимларда қидириш муваффақиятли чиқадиганга ўхшайди: лазернинг ишлаш механизми, тирик организмнинг шаклланиши, кристалларининг ўсиши, популяция динамикаси, бозор иқтисодиёти, ниҳоят ундаги миллионлаб эркин индивидларнинг ҳаракати турғун ва мураккаб макроструктуранинг юзага келишига олиб келади.

Шулар каби ҳодисаларни синергетик талқин қилиш уларни урганишда янги йўналиш ва имкониятлар очиб беради. Синергетик ёндошишдаги янгиликни умумлашган кўринишда куйидаги позицияларда ифодалаш мумкин.

1) Хаос нафақат бузувчи, балки конструктив ва яратувчи ҳамдир; ривожланиш беқарорлик орқали амалга ошади.

2) Мураккаб тизимларнинг эволюциясини чизиқли характери қоида эмас, балки истиснодир. Жуда кўп бундай тизимларнинг ривожланиши ночизиқли характерига эга. Бунинг маъноси шуки, мураккаб тизимлар учун ҳар доим эволюция имкониятининг бир неча йўли мавжуд экан.

3) Имкониятларининг бирини тасодифий танлаш орқали бифуркация, яъни иккиланма нуқтасида эволюциянинг кейинги ривожланиши амалга оширилади. Демак, тасодифлик, таассуф англашилмовчилик эмас, мазкур усул эволюция механизмининг ичига киритилган экан. Эволюциянинг ҳозирги йўли эса, тизим тасодифий танлашда муносиб бўлмаганларга қараганда, энг яхиниси бўлмаслиги ҳам мумкин.

Синергетика — асли физика фанининг термодинамика қисмига тааллуқлидир. Аммо унинг ғоялари фанлараро тавсифга эга. Улар табиатшуносликда юз берган глобал эволюцион синтезни асослайдилар. Шунинг учун синергетикада дунёнинг ҳозирги замон илмий манзарасини энг асосий таркибини кўрадилар.

Электромагнит концепцияси. Материянинг хусусиятини тавсифлашда майдон концепциясининг ривожланиши

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек материя икки хил кўринишда майдон ва модда кўринишида намоён бўлиши мумкин.

Майдон — материянинг алоҳида кўринишидир, баъзан уни физик майдон деб ҳам атайдилар. Ҳозирги пайтда майдоннинг бир неча хил кўринишлари мавжуд: гравитацион майдон электромагнит майдон, ядровий кучлар майдони ва шунингдек турли элементар заррачаларга хос бўлган тўлқиний (квант) майдон. Модда — атом ва молекула ҳамда улардан ташкил топган барча жисملардир; уларнинг шакли ва структураси жуда ҳам хилма-хил.

XIX асрнинг 30-йилларида инглиз физиги Майкл Фарадей электромагнит ҳодисаларни тавсиф этиши учун майдон тушунчасини киритди.

Алоҳида кўринишдаги материя — электромагнит майдоннинг хоссаси ва хатти-ҳаракати, шунингдек зарядланган жисملар орасидаги ўзаро таъсирлашувини ўрганувчи фан — электродинамикадир.

Фанда тўртта фундаментал ўзаро таъсирлашув бўлиб улар гравитацион электромагнит кучли ва кучсизлардир. Булар орасида, энг кенг тарқалгани электромагнит ўзаро таъсирлашувидир.

Электромагнит ўзаро таъсирлашув

Бу таъсирлашув кучли таъсирлашувга қараганда тахминан минг марта заиф, аммо унга нисбатан анча узоққа таъсир кўрсатади. Бундай ўзаро таъсирлашув турли электр зарядланган зарраларга хосдир. Электромагнит майдон кванти-зарядга эга бўлган фотон электромагнит ўзаро таъсирлашув тарқатувчисидан иборат.

Кундалик турмуш ва техникада биз ҳаммадан кўпроқ электромагнит ўзаро таъсирлашув билан тўқнашамиз: эластик кучи, ишқаланиш кучи, бизнинг мушакларимиз кучи ва бошқалар.

Ёруғлик электромагнит ўзаро таъсирлашувдан иборат бўлганлиги туфайли бизга турли-туман предмет ва жисملарнинг сезиларли кўриш имконияти туғилади. Ернинг тортиш кучи сезиларли бўлмаганда фазогирлар узоқ вақт учишларининг кўрсатишича тирик жон, ҳаттоки одамлар ҳам вазнсизлик ҳолатида бўлишлари мумкин экан. Аммо бир дақиқага электромагнит кучлари таъсири тўхтаса, дарҳол ердаги ҳаёт ҳам тўхтар эди. Электромагнит ўзаро таъсирлашув жараёнида электр

тронлар ва атом ядролари бирлашиб молекулаларни ҳосил қилади. Маълум маънода мазкур ўзаро таъсирлашув кимёда, биологияда ҳам асосий ҳисобланади.

Электромагнит майдон назарияси очилиши тасодифий ихтиролар ҳамда мунтазам ва кунт билан қилинган тадқиқотларнинг натижасидир. Мазкур назария шойи ишқаланган қаҳрабо ўзига майда нарсаларни тортишдан бошлаб, токи Максвелл ғоясига кўра ўзгарувчан электр майдонининг магнит майдонини ҳосил қилишигача бўлган узун тажриба ва ғоялар занжири туфайли вужудга келди.

Силжиш токининг кашф қилиниши Максвеллнинг электр ва магнит ҳодисаларининг ягона назариясини яратиш имконини берди. Бу назария ўша вақтда маълум бўлган барча экспериментал далилларни тушунтириб берди ва мавжуд эканлиги кейинроқ тасдиқланган бир қатор янги ҳодисаларни олдиндан айтиб берди. Максвелл назариясининг асосий натижаси ёруғлик тезлигида тарқалувчи электромагнит тўлқинлар мавжудлигининг исбот қилиниши эди. Мазкур тўлқинлар хоссаларини назарий текшириш Максвеллнинг ёруғликнинг электромагнит назариясини яратишга олиб келди.

Электромагнит тўлқинларнинг мавжудлиги тажрибада Герц томонидан исботланди. Мазкур тўлқинларни уйғониш ва тарқалиш қонунлари тўла-тўқис Максвелл тенгламалари билан тавсиф этилади. Шундай қилиб, Максвелл тенгламалари ўзининг экспериментал исботини топди.

Яқиндан ва олисдан таъсирлашув

Электр кучлари ва тортишиш кучларининг олисдан таъсирлашув тавсифига эгаллигини англашга интилиш кўп жиҳатда майдон тушунчасининг эътироф этилишига олиб келди. И.Ньютон томонидан бутун олам тортишиш кучини ва кейинчалик Кулон томонидан зарядланган жисмларнинг ўзаро таъсирлашув қонунини очилгандан кейин нима учун массага эга бўлган физик жисмлар масофадан бир-бири билан таъсирланади ва ҳатто жуда катта бўш фазо орқали ҳам таъсирлаша олади? Майдон тушунчаси киритилгунга қадар бу саволларга жавоб йўқ эди.

Олисдан таъсирлашув ғоясининг асосчиси француз математиги, физиги ва философи Р.Декартдир. XIX асрга қадар кўп олимлар шу нуқтаи назарга таянар эдилар.

Фаннинг ривожланиши олисдан таъсир тўғрисида фикр асосини экинчилигини кўрсатади. Майдон тўғрисидаги тасаввурларнинг фанга киритилиши яқиндан таъсир қилиш назарияси томон кескин бурилиш ясади. Бу тасаввурга кўра, бутун олам тортишиш қонунида акс этган, икки жисм орасидаги таъсирлашувни узатувчи майдон “тортишиш майдони” дейилади. Кулон қонунида ўз аксини топган, бир қўзғалмас нуқтавий заряднинг иккинчи қўзғалмас нуқтавий зарядга таъсирини узатувчи майдон “электростатик майдон” баъзан оддийгина қилиб “электр майдон” дейилади. Электромагнит майдоннинг бўшлиқда тарқалиш тезлиги тахминан 300000 км/с га тенг. Бу эса яқиндан таъсирлашув гоёсининг асосини ташкил қилади. Яқиндан таъсирлашув гоёсига кўра, жисмлар орасидаги ўзаро таъсирлашув фазода узлуксиз тақсимланган у ёки бу майдон (масалан тортишиш-гравитацион майдон) ёрдамида амалга оширилади.

Материянинг дискретлиги ва узлуксизлигининг физик майдони нима? Уни оддий, бизнинг онгимизга сиғадиган образлар ёрдамида қандай тасаввур этиш мумкин? Майдонни қандай қилиб моддаларнинг зарралари тўғрисидаги тасаввурларни ўзаро боғлаш мумкин?

Майдон тўғрисидаги энг оддий тасаввурни яхлит муҳит беради, масалан қандайдир фазо соҳаси сув билан тўлдирилган бўлсин (ёки фазонинг ҳаммаси). Бу муҳитнинг турли нуқталарида мисол учун турлича зичлик ёки турлича ҳароратга эга бўлиши мумкин. Муҳитнинг конкрет физик хоссасининг худди ўзи турли нуқталарда турлича, аммо ўлчаш мумкин бўлган нуқтани майдон белгилайди. Шунга кўра ҳароратлар майдони, тезликлар майдони, кучлар майдони ва бошқаларни фарқлайдилар.

Фалсафий нуқтаи назардан оламни жисм ва заррага бир томондан бўлиниши, бошқа томондан эса дунёни яхлит муҳит, майдон ва бўш фазога ажратилиши, дунёнинг икки чегаравий хоссасини аниқлашга унинг дискретлик ва узлуксизликка ажратиб кўрсатишга мос келади.

Дискретлик (ёки узлуклилик) нинг маъноси — донаторлик, предмет ёки объектнинг фазовий-вақтий, тузилишни ва унинг хоссалари ва ҳаракат шакли(сакраш)ни, охир-оқибатда икки бўлиниши деган маънони билдиради. Унда узлуксизлик эса объектнинг ягоналиги, бутунлиги бўлинмаслигини ва унинг

Уинни барқарор мавжудлиги далилини ифодалайди. Узлуксизлик учун булиниш чегараси йўқ.

Классик физика доирасида оламнинг дискретлик ва узлуксизлик хоссаси даставвал худди бир-бирига қарама-қаршидек алоҳида ва бир-биридан мустақил бўлиб, умуман улар олам тўғрисидаги умумий тасаввурни тўлдирадилар. Фақатгина майдон тўғрисидаги тасаввурнинг ривожланиши асосан электромагнит ҳодисаларни тавсифлаш, уларни диалектик бирлигини тушунишга имкон берди. Ҳозирги замон квант назариясида дискретлик ва узлуксизлик каби бу қарама-қаршилиқлар биринчи корпускуляр-тўлқин дуализми концепциясида анча чуқур физик-мантиқий асослашга эришилди.

Майдоннинг квант назарияси юзага келгандан кейин ўзаро таъсир тўғрисидаги тасаввур жиддий равишда ўзгарди. Бу назарияга мувофиқ исталган майдон узлуксиз эмас, балки дискрет структурага эгадир. Масалан, майдоннинг квант назариясига асосан зарядли зарралар орасидаги электромагнит ўзаро таъсир майдон кванти ҳисобланган фотонлар воситасида амалга оширилади. Бу ҳолда зарядлар виртуал фотонлар билан узлуксиз алмашиб турадилар, яъни зарядларнинг бири чиқарган виртуал фотонни иккинчиси ютади, иккинчиси чиқарган виртуал фотонни биринчиси ютади ва ҳоказо. Натижада иккала заряд ҳам маълум таъсирлашув импульсини оладилар. Худди шунга ўхшаш ўзаро таъсирлашувнинг бошқа турлари ҳам ўзгармас майдон квант зарралари билан алмашилиши натижасида юзага келади. Масалан, гравитацион ўзаро таъсирлашувда, тахмин қилишларича гравитационлар иштирок этадилар (уларнинг мавжудлиги экспериментал тасдиқланмаган).

Майдон концепциясига кўра ўзаро таъсирлашувда иштирок этаётган зарралар ўзларини ўраб турган фазонинг ҳар бир нуқтасида алоҳида кучлар майдонини ҳосил қиладилар. У эса фазонинг муайян нуқтасига жойлаштирилган заррага куч билан таъсир этишида намоён бўлади. Дастлаб, майдоннинг эластик кучланиши — “Эфир” илгари сурилди. Нисбийлик назарияси “Эфир”ни алоҳида эластик муҳит сифатида инкор этади. Шу билан бир қаторда бирламчи физик реаллик тарзида майдон тушунчасига фундаментал мазмун берадилар.

Ҳозирги замон физикасида “Эфир” ролига материянинг янги турига даъвогар — вакуумдир. Майдоннинг квант назариясининг яратувчиларидан бири П. Дирак вакуум тўғрисидаги биринчи тасаввурни беради — у “Дирак денгизи” деб аталади,

тарқинд шакуумни (Электромагнит нурланиш учун шаффоф ва у моддий зарра ҳамда жисмларнинг ҳаракатига ҳеч қандай қиршиллик кўрсатмайди) бевосита кўрмасак ҳам, аммо у етарлича катта энергияга эгадир. Фотонлар ёки электромагнит гулқинлар атом ядроси билан ўзаро таъсирлашиши туфайли шакуум иштироки номоён бўлади. Агар мазкур энергия электроннинг тинч ҳолатидаги энергиясидан икки марта катта бўлса, у ҳолда гамма квант яна бир зарра (атом ядроси) мавжудлиги туфайли ўзининг йўқолиши ҳисобига гуё вакуумдан электрон-позитрон жуфтни ажратиб олиши мумкин. Физик вакуумнинг мавжудлиги фойдасига яна бошқа далиллар ҳам бор.

Физика тарихида кейинги 300 йил ичида “Эфир”нинг ҳеч бўлмаганда тўртта турли хил концепцияси таклиф этилди. Абсолют фазо, Ньютон фазоси, ёруғлик элтувчи Гюйгенс эфири, Эйнштейннинг гравитацион эфири ва ниҳоят Диракнинг физик вакууми шулар жумласига киради. Табиатда махсус муҳит – физик вакуумнинг мавжудлиги ҳақида физикларнинг интуицияси қанчалик ўринлик эканлигини келгуси кўрсатади.

Максвеллнинг электромагнит назариясининг мазмуни

Фарадей 1831 йилда ҳар қандай берк ўтказувчан контурда у ўраб турган сирт орқали ўтаётган магнит индукцияси оқими ўзгарганда электр токи пайдо бўлишини кашф этади. Бу ҳодиса, яъни электромагнит индукцияси ҳосил бўладиган ток «индукцион ток» дейилади. XIX асрнинг 60-йилигача инглиз физиги Максвелл Фарадей электромагнит майдон тўғрисидаги назариясини ривожлантиради ва электромагнит майдон назариясини яратади. Бу биринчи майдон назариясидан иборат эди. Мазкур назария нафақат электр ва магнит майдонларни, у кўпгина электромагнит ҳодисаларни жуда ҳам муваффақиятли тушунтириб беради. Берилган назариянинг асосида ётувчи асосий ғояларни таништириб ўтайлик.

Электромагнит индукция ҳодисасининг ток индукцияланаётган контури кўзғалмас бўлсин. Шу сирт орқали магнит индукция оқимининг ўзгариши эса магнит майдони ўзгариши натижасида юзага келади. Индукцион токнинг ҳосил бўлиши шундан далолат берадики, бунда магнит майдоннинг ўзгариши контурда ток ташувчиларга таъсир этувчи ташқи кучларни юзага келтиради. Бу ташқи кучлар контурда рўй берадиган кимё-

ний жараёнларга ҳам, иссиқлик жараёнларига ҳам боғлиқ эмас. Шунингдек, улар Лоренц кучлари ҳам бўлиши мумкин эмас, чунки Лоренц кучлари зарядлар устида иш бажармайди. Шунинг учун «индукцион контурда ҳосил бўлувчи ташқи куч вужудга келган электр майдонга боғлиқ» деган хулоса чиқариш мумкин. Максвелл вақт ўтиши билан ўзгарувчи магнит майдони фазода ўтказгич борми ёки йўқми, бундан қатъи назар, шу фазода уюрмавий электр майдонни юзага келтиради деб фараз қилган эди. Контурнинг бўлиши унда индукцион токнинг юзага келишига қараб, фазонинг шу нуқталарида электр майдонни борлигини билишга имкон беради.

Шундай қилиб, магнит майдонининг ўзгариши туфайли ҳосил бўлган майдон ҳам худди магнит майдони каби уюрмавий бўлар экан.

Максвелл фикрига кўра, ҳар қандай ўзгарувчан магнит майдон уюрмавий электр майдонни вужудга келтиради. У ҳолда унинг тескариси ҳам мавжуд бўлиши керак, яъни ҳар қандай ўзгарувчан электр майдон ўз атрофидаги фазода уюрмавий магнит майдонни вужудга келтириши керак. Ўзгарувчан электр майдони билан юзага келувчи майдон орасидаги миқдорий муносабатни аниқлаш учун «силжиш токи» деб аталувчи катталик киритилди. Максвелл силжиш токига фақат битта хусусият — атроф-муҳитда магнит майдонини ҳосил қилиш хоссасини берди. Вакуумдаги силжиш токи зарядларнинг ҳаракати билан боғлиқ эмас, у фақат электр майдоннинг вақт бўйича ўзгаришларига боғлиқ бўлиб, шу билан бирга магнит майдонни уйғотади. Бу фикр Максвеллнинг янги ғояси эди.

Максвелл тенгламаларидан кўринадики, электр майдоннинг манбаи электр зарядлар бўлиши мумкин ёки бўлмаса вақт бўйича ўзгарувчан магнит майдон ҳам бўлиши мумкин. Магнит майдонни эса ҳаракатланаётган ток (электр токи) ёки ўзгарувчан электр майдон уйғотиши мумкин.

Максвелл тенгламалари электр ва магнит майдонларга нисбатан симметрик эмас. Бунинг сабаби шундаки, табиатда электр зарядлари мавжуд, ammo магнит зарядлари топилган эмас.

Стационар ҳолатда, яъни магнит ва электр майдонлар вақт бўйича ўзгармаганда электр майдон манбаи кўзгалмас заряд, магнит манбаи бўлиб ўтказувчанлик токи хизмат қилади. Бундай шароитда электр ва магнит майдонлар бир-бирига боғлиқ

эмас, шунинг учун узгармас электр майдонни ва узгармас магнит майдонни алоҳида ўрганиш имконини беради.

Шуни таъкидлаш керакки, Ньютон қонунлари механикада қандай аҳамият касб этган бўлса, термодинамика бош қонунлари қандай рол ўйнаса, электродинамикада ҳам Максвелл тенгламалари шундай аҳамиятга эга. Максвелл ғояларига кўра ўзгарувчан магнит майдони ҳар доим ўзи ҳосил қилган электр майдони билан боғлиқдир. Шундай қилиб электр ва магнит майдон ўзаро узвий боғланган – улар биргаликда электромагнит майдон ҳосил қилади. Электромагнит майдонга фақат Эйнштейннинг нисбийлик назариясини қўллаш мумкин, чунки вакуумдаги электромагнит тўлқинлар барча саноқ системаларида бир хил тезлик билан тарқалади; шунинг учун у Галилей нисбийлик назариясига мос келади.

Ёруғлик ҳақидаги тасаввурларнинг ривожланиши

Ёруғликнинг табиати ҳақида ва унинг тарқалиш қонунияти тўғрисидаги савол юнон файласуфлари томонидан қўйилган. Оптик ҳодисаларнинг тўртта асосий қонуни қадим замонлардан маълум бўлган:

1. Ёруғликнинг тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиш қонуни.
2. Ёруғлик нурларининг мустақиллик қонуни.
3. Ёруғликнинг қайтиш қонуни.
4. Ёруғликнинг синиш қонуни.

Ёруғликнинг синишига оид таърифни юнон файласуфлари тўғри талқин қила олмадилар. XVII асрнинг бошларида микроскоп ва кўз трубаси ихтиро қилинди. Оптик асбоблар астрономия ва навигацияда кенг қўлланила бошланди. Мазкур асбобларни мукаммаллаштириш учун нафақат ёруғликнинг қайтиш тўғрисидаги, балки синиш ҳақидаги таълимотни ривожлантириш талаб этилди. 1621 йилда голланд физиги Снеллиус икки ясси муҳитни бўлиниш чегарасига тушаётган ёруғликни синишининг миқдорий қонунини аниқлади. Кейинчалик мазкур қонунни математик тарзда Декарт ёзди.

XVII аср охирида қарийб бир вақтда ёруғликнинг иккита гўё бир-бирини инкор этувчи назариялари майдонга келди.

Ньютон оқиш назариясини тақлиф этди. Бу назарияга кўра ёруғлик нурланувчи жисмдан тўғри чизиқли траекториялар бўйича учиб чиқувчи зарралар (корпускулялар) оқимидан иборатдир. Гюйгенс тўлқин назариясини илгари сурди. Бу наза-

рияда ёруғлик дунё эфирида тарқалувчи эластик тўлқинлар деб қаралади. Юз йилдан ортиқроқ вақт давомида тўлқин назариясига қараганда корпускуляр назариянинг тарафдорлари кўп бўлган. Аммо XIX асрнинг бошида Френель ўша вақтда маълум бўлган ҳамма оптик ҳодисаларни тўлқин тасаввурлар асосида тушунтиришга муваффақ бўлди. Натижада ёруғликнинг тўлқин назариясини ҳамма эътироф этди, корпускуляр назария эса қарийб юз йилга унутилди. 1851 йил Фуко ёруғликнинг сувдаги тезлигини ўлчади ва тўлқин назариясининг тўғрилигини исботловчи яна бир экспериментал далил олинди. Даставвал ёруғликни бутун олам фазосини тўлдирувчи ва дунё эфири деб аталувчи гепотетик эластик муҳитда тарқалувчи кўндаланг тўлқинлардан иборат деб ҳисоблар эдилар. 1864 йилда Максвелл ёруғликнинг электромагнит назариясини яратди. Бу назарияга кўра, ёруғликнинг тўлқин узунлиги 0,40-0,75 мкм гача бўлган электромагнит тўлқинлардан иборат. Шундай қилиб, эластик ёруғлик тўлқинларининг ўрнини электромагнит тўлқинлар эгаллади.

XIX аср охири ва XX аср бошида бир қатор экспериментал далиллар яна махсус ёруғлик зарралари — фотонлар тушунчасига қайтиш заруриятини туғдирди. Ёруғликнинг табиати икки ёқлама экани, унда ҳам тўлқин хоссалари, ҳам зарраларга хос хусусиятлар мужассамлашганлиги аниқланди. Баъзи ҳодисаларда, масалан интерференция, дифракция ва қутбланиш каби ҳодисаларда ёруғлик тўлқин кўринишда намоён бўлади.

Кейинчалик маълум бўлдики, икки ёқлама корпускуляр-тўлқиний табиат фақат ёруғликкагина эмас, балки модданинг энг кичик зарралари — электрон, протон, нейтрон ва бошқаларга ҳам хосдир.

Ёруғликнинг электромагнит назарияси оптик ҳодисалар табиатини тушунишда муҳим қадам бўлди. Физикада фақат биргина электромагнит эфир қолди. Ёруғлик электромагнит назариясининг ривожланиши қатор оптик ҳодисаларни тушуниш ва уларнинг миқдорий қонуниятларини чиқариш имконини берди. Демак, электромагнит тўлқин кўндаланг тўлқин эканлиги туфайли ёруғликнинг қутбланиши вужудга келади.

Ташқи майдонда жисмларнинг электр қутбланиши ва магнитланиши жисмларда ёруғликнинг тарқалиш қонуниятини тушунишга имкон берди. Электромагнит назарияга кўра, ди-

электрик сингдирувчанлиги ϵ ва магнит сингдирувчанлиги μ бўлган муҳитдан электромагнит тўлқиннинг тарқалиш тезлиги

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \text{ га тенг бўлади.}$$

Демак, муҳитнинг синдириш кўрсаткичи $n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon\mu}$ га

тенг.

Бу ерда c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги; v — ёруғликнинг муҳитдаги тезлиги; n — муҳитнинг синдириш кўрсаткичи.

Мазкур ифода модданинг оптик электр ва магнит хусусиятларини боғлайди. Максвеллнинг фикрига кўра, ϵ ва μ лар ёруғликнинг тўлқин узунлигига боғлиқ эмас. Мазкур параметрларни моддаларнинг тузилиши билан боғлаш керак. XIX асрнинг охирида юзага келган моддалар тузилишининг электрон назарияси Максвелл назариясининг қатор қийинчиликларини енгишга имкон берди. Лоренц таклиф қилган бу назарияга мувофиқ, муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги ёруғликнинг тўлқин узунлигига боғлиқ экан. Мазкур назария, «атомлар ичидаги электронлар тебранади» деган тахминга асосланган бўлиб, унинг ёрдамида нурланиш ва ютилишни тушунтириб бериш имконияти туғилди.

Ёруғлик тўлқинлари унчалик катта бўлмаган интервални эгаллайди.

10^4	10^{-3}	$8 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	10^{-8}	10^{-11}	10^{-13} м
Р.Т	И.Қ	Қ	У.Ф	Р.Н	γ	
Радио тўлқинлар	Оптик диапазон			Рентген нурлари	γ нурлар	

Электромагнит тўлқинлар шкаласи

Бизни ўраб турган фазо электромагнит тўлқинлар билан тўлган. Қуёш, бизни ўраб турган жисмлар, радиостанциялар ва узатувчи антенналари электромагнит нурланиш тарқатадилар ва улар тўлқин узунлигига қараб хилма-хил ном билан аталади: радиотўлқинлар (Р.Т) инфрақизил нурланиш (И.Н)

кўринадиган ёруғлик (К), рентген нури (Р.Н) ва гамма нурланиши (γ).

Модда газ, суюқлик ёки қаттиқ жисмларда тарқаладиган механик тўлқинлардан фарқли элетромагнит тўлқин вакуумда ҳам тарқала олади.

Ёруғликнинг корпускуляр-тўлқин хоссалари

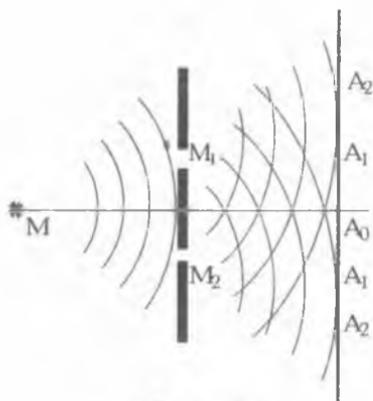
Х.Гюйгенс «Ёруғлик-тўлқин табиатига эга» деганда корпускулаларнинг мавжудлигини инкор этмади. Унинг фикрига кўра, улар нур чиқаётган жисмлар томонидан нурланмайдилар, балки бутун фазони тўлдириб турадилар. Ёруғликнинг тарқалиш жараёни илгариланма ҳаракатдан иборат бўлмай, балки корпускулалар зарбасини бир-бирига кетма-кет узатиш жараёни деб қаради.

Ёруғликнинг тўлқин табиати тўғрисидаги биринчи тасаввурлар шундай юзага келди. Тўлқин назарияси энг муҳими Гюйгенс томонидан таърифланган, кейинчалик Френель томонидан тўлдирилган Гюйгенс-Френель принцидир, у қуйидагича таърифланади: Тўлқин фронтининг ҳар бир нуқтасини иккиламчи тўлқинларнинг манбалари деб ҳисоблаш мумкин. Френель эса Гюйгенс принципини такомиллаштириб бу иккаласига тўлқинларнинг манбаларини когерент манбалар деб ва фазонинг ихтиёрий нуқтасидаги тебранишни бу нуқтага етиб келган иккиламчи когерент тўлқинлар интерференциялашининг натижаси деб қараш лозим деган фикрни илгари суради.

Ёруғликнинг тўлқин хоссалари интерференция ва дифракция ҳодисаларида яққол намоён бўлади.

«Интерференция» деганда икки когерент ёруғлик тўлқин узро устма-уст тушганда уларни бир-бирларини кучайтириши ёки сусайтириши тушунилади. Интерференция ҳодисаси биринчи марта Юнг томонидан очилган. Юнг амалга оширган тажриба ҳамманинг диққатини ўзига жалб қилди.

Бу оддий, лекин қизиқарли тажрибанинг схемаси 6-чизмада тасвирланган. Бунда М — ёруғлик манбаи; M_1 ва M_2 тўсиқдаги жуда тор тирқишлар. Улар бир-биридан 1-2 мм узокликда жойлашган. Ньютоннинг корпускуляр гипотезасига асосан M_1 ва M_2 тўлқинлардан корпускулалар туфайли Э экранда тирқишларнинг шаклига монанд равишда икки ёруғ соҳа вужудга келиши лозим эди.



6-чизма

шарти тўлқинларнинг когерентлигидир. Частоталари бир хил фазалари айирмаси ўзгармас бўлган тўлқинлар когерент тўлқинлар дейилади.

Интерференция ҳодисаси ёруғликнинг тўлқин табиатига эга бўлганлиги туфайли юзага келади: унинг миқдорий қонуниятлари тўлқин узунлик λ га боғлиқ. Шунинг учун мазкур ҳодиса ёруғликнинг тўлқин табиатини исботлаш учун ҳамда тўлқин узунликларини ўлчашда қўлланилади.

Интерференция ҳодисасидан оптик асбобларнинг сифатини яхшилашда фойдаланилади. Шунингдек, интерференция ҳодисаси гоёта аниқ ўлчов асбоблари, интерферометрларда қўлланилади. Хусусан, Майкльсон интерферометри физиканинг ривожига муҳим ҳисса қўшган — абсолют эфирни йўқлигини исботлаган. Бундан ташқари, Линник микроинтерферометрдан сиртларнинг тозалигини назорат қилишда фойдаланган. Интерферометрларнинг қўлланиши турли-туман. Юқорида қайд қилинганлардан ташқари оптик деталларнинг сифатини назорат қилишда, тез ўтадиган жараёнларни тадқиқ қилишда қўлланилади.

1818 йилда Париж академиясининг корпускуляр назария тарафдорлари конкурсга мавзу тарзида ёруғлик дифракцияси ҳақидаги саволни қўядилар. Аммо мукофотни дифракцияни тўлқин нуқтаи назаридан тушунтириб берган О.Френель олади. Гюгенс принципи ва Юнгнинг интерференция принциpidан фойдаланиб, Френель ёруғликнинг тўғри чизиқли тарқалиши ва тўғри чизиқли тарқалишидан озгина оғиши — дифракцияни тушунтириб берди. Хусусан, кичик думалоқ экраннинг геомет-

Ваҳоланки, экранда биринчи ёруғ ва қоронғи соҳалар кузатилади. Қизиғи шундаки, M_1 ва M_2 тирқишлар ўрта нуқтасининг қаршисида ёруғ соҳа вужудга келади.

Корпускулаларнинг мавжудлигини инкор этмаган ҳолда қизиган жисмлардан нурланмайди, балки улар бутун фазони тўлдирди деб Гюйгенс фараз қилди.

Интерференцион манзарани кузатишнинг энг муҳим

рик соясининг марказида ёруғлик бўлиши кераклигини Френель кўрсатиб берди ва ҳақиқатда шундай эканлигини тажрибада тасдиқлади.

Демак, ёруғликнинг тўғри чизиқли тарқалиши йўналишидан оғишига дифракция ҳодисаси дейилади.

Жуда кўп оптик асбоблар дифракция ҳодисасига асосланган. Масалан, кристаллографик асбобда рентген нурлари дифракциясидан фойдаланилади.

Френель ва Араго қутбланган нурларнинг интерференциясини тадқиқ қила туриб, ўзаро перпендикуляр қутбланган нурларда интерференциянинг йўқлигини пайқашди. Мазкур далилни Юнг ёруғлик тўлқинларининг қўндаланглиги билан тушунтирди.

Қутбланиш ҳодисасининг моҳиятини қуйидаги оддий тажриба яққол намоиш қилади: ёруғлик шаффоф кристаллар орқали ўтказилганда унинг интенсивлиги кристалларнинг ўзаро ориентациясига (жойлашишига) боғлиқ.

Бир хил ориентацияланганда ёруғлик сусайишсиз ўтади. Кристаллардан бирини 90° бурганда ёруғлик умуман ўтмайди.

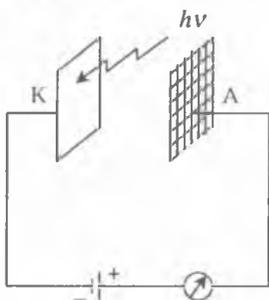
Ёруғликнинг дисперсия ҳодисаси ҳам ёруғликнинг тўлқин табиатига эга эканлигини тасдиқлайди. Оқ нурнинг ингичка дастаси шиша призма орқали ўтганда турли хил дастага ажралади. Бу нурлар призмадан чиққандан кейин экранга туширилса, камалакдагидек 7 хил рангдан: қизил, тўқ сариқ, сариқ, яшил, ҳаворанг, кўк ва бинафша ранглардан иборат полоса ҳосил бўлади. Бу камалак рангдаги полоса спектр дейилади.

Нурларнинг бир-биридан ажралиши улар учун модда синдириш кўрсаткичи ҳар хил эканлиги билан боғлиқ. Модданинг синдириш кўрсаткичининг ёруғлик рангига боғлиқлиги дисперсия дейилади. Турли рангдаги ёруғлик нурлари тўлқин узунлиги қиймати билан фарқланувчи ёруғлик тўлқинлари эканлигини эътиборга олсак, синдириш кўрсаткичи тўлқин узунлигига боғлиқ деган хулосага келинади. Тажриба натижасига кўра, нурнинг тўлқин узунлиги қанчалик кичик бўлса, шу нур учун синдириш кўрсаткичи шунчалик катта бўлар экан.

Шундай қилиб, ёруғликнинг интерференцияси, дифракцияси, қутбланиши, дисперсиясини ўрганиш ёруғликнинг тўлқин табиатга эга эканлигига ишонч ҳосил қилишга олиб келади.

Ёруғликнинг квант табиати

Ёруғлик нурунинг модда билан ўзаро таъсири ва бу таъсир натижасида ёруғлик энергиясининг модда атомлари электронларига узатиш ҳодисаси фотозлектр эффекти ёки қисқа қилиб фотозэффект дейилади. Фотозэффект ҳодисаси Г.Герц томонидан кашф этилган. Фотозэффект ҳодисасининг миқдорий қонуниятлари А.Г.Столетов томонидан аниқланган. 7-чизмада А.Г.Столетов 1888-1889 йилларда ўтказган тажрибалар схемаси кўрсатилагн.



7-чизма

Бир қопламаси (А) металл сим тўр, иккинчиси эса руҳдан ясалган (К) пластинкадан иборат. С конденсатор E электр манбаига уланган. Ўнг томондан ёруғлик нури А сим тўрдан ўтиб, конденсаторнинг иккинчи К пластинкасига тушади. Мусбат қутбга уланган сим тўр анод вазифасини ўтаса, манфий қутбга уланган пластинка катод вазифасини ўтади.

Рух пластинкага ёруғлик тушиши натижасида занжирда ток ҳосил бўлади. Агар қутбларни алмаштириб, сим тўрга манфий потенциал берсак, ток камаяди ва шу йўналишда потенциаллар фарқи оширилганда ток ўтиши тўхтади. Бу натижа дастлабки ёруғлик нури тушиши сабабли занжирда ток ҳосил бўлиши рух пластинкадан манфий зарядга эга бўлган зарралар, яъни электронлар чиқиши оқибати экан деган хулосага олиб келади. Чиқаётган электронлар — фотозлектронлар, фотозэффект натижасида занжирда вужудга келган ток фототок дейилади. Шундай қилиб, фотозэффектнинг биринчи тажрибавий қонунига келинади: бирлик вақт ичида чиқаётган электронлар сони тушаётган ёруғлик интенсивлигига тўғри пропорционал. Фотозлектронларнинг максимал тезлиги тушаётган ёруғликнинг тўлқин частотаси ортиши билан ортиб боради. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, электронларнинг тезлиги ёруғлик интенсивлигига боғлиқ эмас.

Тажрибалар шунини кўрсатадики, ҳар бир металл жисм учун фотозэффектнинг вужудга келтирувчи хусусий — чегаравий ёруғлик частотаси мавжуд бўлиб, у фотозэффектнинг «қизил»

чегараси деб аталади ва шу частотадан катта частотали ёруғлик тушгандагина мазкур металлда фотоэффект ҳодисаси рўй беради. Тажрибалардан олинган бу натижаларни, айниқса, кейинги икки хулосани — ёруғлик тўлқин сифатида қараладиган бўлса, асослаш мутлақо мумкин эмас. Максвеллнинг электромагнит назарияси ва Лоренцнинг электрон назарияларининг жуда катта муваффақиятларига қарамасдан, биров қарама-қаршиликлар юзага келади ва уларни қўллашда қатор қийинчиликларга дуч келинди. Иккала назария ҳам «эфир» гипотезасига асосланади, фақатгина «эластик эфир», электромагнит эфирга (Максвелл назарияси) ёки «қўзғалмас эфир»га (Лоренц назарияси) алмаштирилди. Максвелл назарияси ёруғликнинг ютилиши ва нурланиши жараёнларини, фотоэффектни, Комптон эффектини тушунтириб бера олмади.

Лоренц назарияси ёруғликнинг моддалар билан ўзаро таъсирлашувига оид қатор ҳодисаларни, хусусан, абсолют қора жисмнинг иссиқликдан нурланишида энергиянинг тўлқин узунлиги бўйича тақсимланиши масаласини тушунтириб бера олмади.

Юқорида келтирилган қийинчилик ва қарама-қаршиликлар туфайли Макс Планк 1900 йилда классик назарияга зид бўлган ўзининг гипотезасини илгари сурди. Планк гипотезасининг моҳияти қуйидагидан иборат: жисмларнинг нурланиши узлуксиз эмас, балки алоҳида энергия улушлари сифатида чиқарилади. Нурланиш ҳар бир улушининг, яъни нурланиш квантининг энергияси $\epsilon = h\nu$ га тенг.

Бу ерда h -Планк доимийси бўлиб, қиймати $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Ж·с.

Планк назарияси эфир тушунчасига муҳтож эмас. У абсолют қора жисмнинг нурланишини тушунтириб берди.

Фотоэффект ҳодисасида тажрибада кузатилган қонунларни тушунтирилишида дуч келган қийинчиликларни енгиш учун А.Эйнштейннинг 1905 йилда ёруғликнинг квант назариясини яратишига сабаб бўлди. Эйнштейн Планк ғоясини ривожлантириб қуйидаги фикрни илгари сурди: ёруғлик квантлар тарқалишида нурланибгина қолмай, балки ёруғлик энергиясининг тарқалиши ҳам, ютилиши ҳам квантланган бўлади. Мазкур фотоннинг импульси қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$P = h/\lambda$$

Бу ерда λ — тўлқин узунлиги.

Ёруғликнинг корпускуляр хоссаси айниқса, Комптон эффекти деб аталган ҳодисада ёрқин намоён бўлади. 1923 йилда Комптон рентген нурларининг турли моддаларда сочилишини ўрганиб, сочилган нурлар таркибида бирламчи тўлқин узунлиги билан бир қаторда, ундан катта тўлқин узунликка эга бўлган нурларнинг ҳам борлигини сезган.

Шундай қилиб, абсолют қора жисмнинг нурланиши фотоэффект, Комптон эффектлар — ёруғликни квант тасаввурлар асосида фотонлар оқими тарзида намоён бўлишининг исботи ҳисобланади. Бошқа томондан ёруғликни интерференцияси, дифракция қутбланиши каби ҳодисалар ёруғликнинг тўлқин табиатга эга эканлигини ишончли (аниқ) тасдиқлайди.

Оптик ҳодисаларни тушунтиришда ёруғлик тўлқинининг электромагнит майдони учун тавсифли бўлган узлуксизлик хоссасини, фотонлар учун хос бўлган дискретликка қарама-қарши қўйиш керак эмас, албатта.

Ёруғлик бир вақтнинг ўзида ҳам тўлқин, ҳам корпускуляр хусусиятга эга бўлиши билан бирга, уларнинг намоён бўлишида маълум қонуният кузатилади. Демак, ёруғликнинг тўлқин хусусиятлари интерференция, дифракция, қутбланишда намоён бўлса, корпускуляр табиати эса — ёруғликни модда билан таъсирланиши жараёнида, фотоэффект ва бошқаларда намоён бўлади. Тўлқин узунлиги қанчалик катта бўлса фотоннинг энергияси ва импульси шунчалик кичик ва қийинчилик билан ёруғликни квант хусусияти намоён бўлади. Аксинча, ёруғликнинг тўлқин узунлиги қанчалик қисқа бўлса, шунчалик фотоннинг энергияси ва импульси катта бўлади ва шунчалик ёруғликнинг тўлқин хусусиятини пайқаш қийин бўлади.

Ёруғлик тўғрисидаги тасаввурларнинг узоқ ривожланиш тарихи ҳозирги замон тасаввурларига, янги корпускуляр-тўлқин дуализмига олиб келди. Юқорида келтирилган ифодалар нурланишнинг корпускуляр характеристикалари — масса ва квант энергиясини — тўлқин учун хос бўлган тебраниш частотаси ёки тўлқин узунлиги орқали боғлайди. Шундай қилиб, ёруғлик дискретлик билан узлуксизлик бирлигидан иборат экан.

**Атомлар ва уларни ядроларининг тузилиши.
Узлуксиз — дискрет хоссалар концепцияси.
Атом ҳақидаги тасаввурларнинг ривожланиши**

Атомларнинг мураккаб тузилишга эга эканлигининг исботи ҳозирги замон физикаси шаклланишининг энг муҳим босқичларидан ҳисобланади. Атом тузилишининг миқдорий назариясини яратиш жараёни атом тизимини тушуниш имконини берди. Квант механик тавсиф этилаётган микрозаррачаларнинг хоссалари тўғрисидаги янги тасаввурлар шаклланди. қадимги Римда тахминан икки минг йил аввал оригинал поэма ёзилган эди, уни муаллифи Лукреций Кар эди. Лукрецийнинг достони «Моддалар табиати ҳақида» деб аталади.

Лукреций ўзининг поэтик асариди, жарангдор шеърларида қадимги юнон файласуфи Демокритнинг дунё ҳақидаги қарашларини баён этди. Бу қандай қарашлар эди? Бу энг кичик, кўзга кўринмайдиган, яъни бизнинг оламни ташкил қилган зарралар ҳақида таълимот эди... Демокрит турли ҳодисаларни кузатиб, тушунтиришга ҳаракат қилади.

Мана, масалан, сув у қаттиқ қиздирилганда кўзга кўринмайдиган бугга айланади. Ёки бўлмаса, масалан, нима учун гулларнинг ҳидини узоқдан сезамиз?

Демокрит шунга ўхшаш саволлар устида фикрлаб «жисмлар бизга фақат бир бутундек туюлади, аслида эса улар жуда кичик заррачалардан ташкил топган» деган хулосага келди. Турли жисмларда бу зарралар турли шаклга эга, аммо улар жуда кичик бўлганлиги учун уларни кўриб бўлмайди. Шунинг учун ҳам ҳар қандай жисм бизга бир бутун кўринади. Демокрит сув ва бошқа барча жисмларни ташкил этган бундай бўлинмас кичик заррачаларни атомлар деб атади, бу юнон тилида «бўлинмас» деган маънони билдиради. Қадимги юнон мутафаккирларининг 24 аср аввал туғилган ажойиб фарази, кейинчалик узоқ вақт унутилди. Минг йиллардан кўпроқ вақт давомида олимлар дунёсида Аристотелнинг нотўғри таълимоти ҳукмрон бўлди.

Аристотел барча моддаларни бир-бирига айланишини тасдиқлагани ҳолда, атомларнинг мавжудлигини қатъий инкор этди. Аристотел «жисмларни чексиз бўлакларга бўлиш мумкин» деб ургатарди.

1647 йилда француз Пьер Гассенди ўз китобини нашр эттирди. Унда у Аристотел таълимотини дадил инкор этиб, «оламдаги барча моддалар бўлинмас зарра — атомлардан таш-

кил гопган» деб эътироф этди. Гассенди қадимги атомистлар таълимотига қўшилиб, уни янада ривожлантирди.

XVIII асрнинг бошларига келиб атомистик назария кенг қулоч ёзиб оммалашиб кетди. Бир қанча мутафаккирлар шу жумладан А.Лауазье ва М.В.Ломоносовлар атом ҳақида сўз юритиб, улар мавжудлигининг исботига мантиқий далиллар келтирдилар. Инглиз олими Дальтон атомларни чинакамига фанга киритди ва уларни тадқиқот мавзусига айлантирди. Дальтон атомлар ҳақидаги тасаввурлардан фойдаланибгина тушунтириш мумкин бўлган кимёвий қонуниятлар мавжудлигини кўрсатди. Дальтон фикридан кейингина атомлар фанга мустақкам кирди.

Атомистик назария ривожига рус кимёгари Д.Менделеев жуда катта ҳисса қўшди. У 1869 йилда элементларнинг даврий системасини ишлаб чиқди ва унда биринчи марта илмий асосда атомлар табиатининг бир хиллиги ҳақидаги масала қўйилди. Менделеев даврий системасидаги ҳар бир кимёвий элементнинг энг кичик зарраси атом ҳисобланади. Дастлаб «бўлинмас» деб ном олган бу заррачанинг ички тузилиши анча мураккаб экан.

Газлардаги электр разрядда топилган ва тадқиқ қилинган катод нурлари манфий зарралар оқимидан иборат экан. Бундай зарра электрон деб ном олди. Текширишлардан маълум бўлдики, электронлар атомлардан юлиниб олинар экан, бунинг натижасида электронни йўқотган атом мусбат заррага айланиб қолади. Солиштирма заряд e/m ни ўлчаш натижасида электрон массаси атом массасидан бир неча минг мартача кичик эканлиги маълум бўлди.

Шундай қилиб, нейтрал атомлар ҳақиқатда ҳам электр зарядланган зарраларнинг мураккаб тизимидан иборат бўлиб шу билан бирга уларда барча атомлардек хусусиятлари тамомила бир хил бўлган модда зарралари электронлардир. Мавжуд мазкур зарралар манфий электр зарядга эгадирлар.

Мусбат заряд атомнинг асосий массаси билан боғлиқ экан. Аммо бу заряднинг атом ичида тақсимланиши маълум эмас эди. Атомларнинг электромагнит тўлқинларни нурлаши ва ютиши атом ичида электр заряди мавжудлигидан далолат беради. Ёругликнинг нурланиши ҳар бир элементга хос частотага эга. Батафсил систематик равишда Швейцариялик олимлар Бальмер ва Лайман ҳамда бошқаларнинг тадқиқотлари кўрсатадики, атомлар чизиқли спектрни нурлайди ва турли

атомлар томонидан чиқараётган нурланишлар частотаси бири-бири билан муайян муносабатда бўлади.

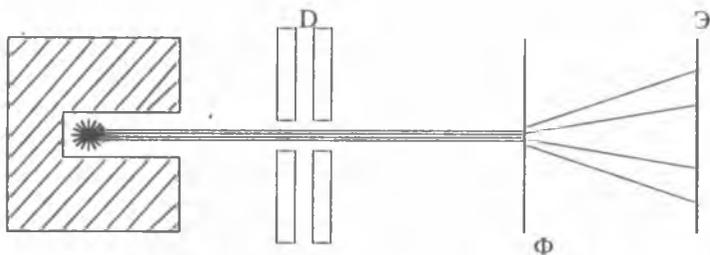
Изоляцияланган атом чиқараётган спектр тавсифини тушунтириш учун «нурланаётган атомдаги электрон гармоник тебранма ҳаракат қилади ва демак, мувозанат ҳолат атрофида квазиэластик куч билан тутиб турилади» деб фараз қилиши лозим эди. 1904 йилда Томсон атомнинг ана шундай моделини таклиф қилдики, унга асосан атом мусбат электр билан бир текис тўлдирилган сферадан иборат бўлиб унинг ичида электрон жойлашган бўлади. Сферанинг йиғинди мусбат заряди электрон зарядига тенг бўлиб, атом бир бутун ҳолатда нейтралдир. Шу йўл билан Томсон атомларнинг чизиқли спектрини тушунтиришга уриниб кўрди. Аммо бу йўл билан битта чизиқни эмас, балки чизиқли спектрни олиш мумкин эмас. Мазкур модел Менделеев даврий системасини, атомлар хусусиятини, даврийлигини ҳам тушунтира олмади.

Атом структураси масаласи очиқ қолди. Янги гоя ва тажрибалар талаб қилина бошланди. Шу маънода α -зарраларни моддалардан сочилишига қўйилган тажрибалар алоҳида аҳамият касб этади. Атомдаги заряд ва масса тақсимотини инглиз физиги Резерфорд 1909 йилда тажрибада текширишга муваффақ бўлди. Бунинг учун у оғир элементларни α -зарралар билан бомбардимон қилди. α -зарралар электронларни йўқотган гелий элементининг ионларидир. Улар радий ва шу каби элементларнинг емирилишида ҳосил бўлади. Альфа зарраларнинг массаси электрон массасидан 8000 марта катта бўлиб заряди мусбат ва абсолют қиймати электрон зарядидан икки марта ортиқ. α -зарраларининг энергияси ва бу энергия орқали ифодаланган тезлиги анча юқори қийматга эга.

Яъни, $v \approx \frac{1}{15} c$ бу ерда: c — ёруғлик тезлиги.

Резерфорд тажрибасининг схемаси 8-чизмада келтирилган.

α -зарралар кўргошин қутича ичида жойлашган манбадан чиқиб 2 туйнукдан ўтади ва олтин пластинка томон йўналади. α -нурлар махсус экранда ёруғлик чақнаши орқали қайд қилинади. Тажрибанинг кўрсатишича кўпчилик α -зарралар фотонгадан бемалол ўтган. Баъзилари эса маълум бурчакка бурчилган.



8-чизма

Аммо шундай α -зарралар учраганки, улар дастлабки йўналишидан $135-150^\circ$ га тенг бурчакка бурилган. Фольга пластинкадан альфа зарралар ўз йўналишини ўзгартирмай ўтиши олтин атомларининг ичида бўшлиқ фазо мавжуд эканлигини тасдиқлади. Ҳақиқатдан ҳам, зарядли зарралар атом ичида бир текис тақсимланганда эди, Кулон қонунига биноан барча α -зарралар маълум бурчакка бурилган бўлар эди.

Энди орқага қайтган α -зарралар ҳам мавжудлигини қандай тушунтириш мумкин. Атом ҳажми бўйича текис тақсимланган мусбат заряди билан ўзаро итаришиш кучи туфайли α -зарралар орқага қайтади дейиш яна ўринсиз, чунки бундай тақсимланганда мусбат заряд α -заррани қайтариб юбориш учун етарли даражадаги электр майдон ҳосил қила олмайди. Атом ичидаги мусбат заряд α -заррани бирор R масофада орқага қайтариши учун шу заряд α -зарра ўртасидаги итаришиш кучи билан боғлиқ бўлган потенциал энергия α -зарранинг кинетик энергиясига тенг бўлиши керак, яъни

$$\frac{q_a q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{m_a \cdot v_\alpha^2}{2}$$

Бу ерда q -заряд миқдори, v_α - α -зарранинг тезлиги.

m_a α -зарранинг массаси. Агар R атом ўлчамига яқин бўлса, q -жуда катта қийматга эга бўлиши керак. Бунда атомнинг нейтраллик шarti бузилади. Демак, R атом ўлчамига нисбатан жуда кичик бўлиши керак.

Тажриба натижасига асосланган ҳолда Резерфорд атом ядроси ҳақидаги ғояни илгари сурди. Бу ғояга кўра, атомнинг деярли массаси ва унинг мусбат заряди ўлчами атом ўлчамидан

жуда кичик бўлган ядрода жойлашган. Бу фикр атомнинг планетар модели, яъни атомнинг марказида массаси атом массасига яқин мусбат ишорали ядро ва ядро атрофида турли орбиталар бўйича ҳаракатланувчи электронлар тўпламидан иборат тизимдир, деб тушунтирувчи моделга асос солди. Бунда электронлар сони элементнинг Менделеев даврий жадвалидаги тартиб номерига мос келади. Резерфорднинг ҳисоблашича ядро диаметрининг ўлчами 10^{-12} - 10^{-13} см атрофида бўлар экан. Бу атомга нисбатан 10000-100000 марта кичик демакдир. Атомнинг планетар модели Резерфорд тажрибасини тушунтириш учун қулай, аммо атомнинг турғун система (тизим) эканлигини тушунтира олмайди. Ҳақиқатан электрон ядро атрофида айланма ҳаракат қилади. Айланма ҳаракатда тезланиш мавжуд ва ширднинг тезланиши билан ҳаракатланиши электромагнит тўлқин манбаидир. Демак, ҳаракат давомида энергия камайиб, тахминан 10^{-8} с вақт ичида электрон ядрога қулаб тушиши, яъни атом йўқолиши керак. Лекин атом турғун, барқарор тизим эканлиги бизга маълум; у атрофга энергия тарқатмай узоқ вақт мавжуд бўла олади. Демак, дастлабки модели қайта кўриб чиқиш лозим бўлиб қолди. Шундай қилиб, α -парраларнинг сочилишини ўрганиш атомнинг ядровий назариясини яратишнинг бошланишига туртки бўлди.

Бор постулатлари

Аналитик олим Н.Бор Резерфорд таклиф этган моделга муҳим ўзгартиришлар киритди. У атомларнинг нур чиқариш ва нур ютиш қобилиятини текширишда олинган натижалар ҳамда брелликнинг квант — корпускуляр табиати ҳақидаги хулосалардан фойдаланди. Электронларнинг ядро атрофидаги ҳаракатини асослаш учун Бор икки постулатни таклиф этди.

Биринчи постулатга кўра, атом тизими ҳар бирига муайян E энергия мос келадиган алоҳида стационар ёки турғун ҳолатларидагина бўла олади. Бундай стационар ҳолатда атом энергия чиқармайди ва ютмайди. Демак, ядро атрофида айланаётган электронлар ўз энергиясини ўзгартирмайди. Ўз-ўзидан равишанки, бу постулат классик механик қонунига зид, шунингдек Максвелл электродинамикасига ҳам тўғри келмайди.

Иккинчи постулатда шундай дейилади: атом катта E_k -энергияга эга бўлган стационар ҳолатдан кичик энергияли стационар ҳолатга ўтганда электромагнит нурланиш содир бўлади.

Нурланган квант-фотон энергияси стационар ҳолатлар энергиясининг фарқига тенг, яъни

$$h\nu = E_k - E_n \quad (2)$$

Аксинча, кичик энергияли E_n ҳолатидан катта энергияли E_k ҳолатга ўтишда худди шундай энергия ютилади.

Бор назариясини водород атоми учун қўллаш муҳим натижалар берди.

Жумладан, водород атомидаги мусбат ядро таъсир кучи билан бўлган потенциал энергия ва кинетик энергиядан ташкил топган тула энергия атом радиуси r билан қуйидагича боғланган экан.

$$E = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} \quad (3)$$

Бунда: e — электрон заряди; r — электрондан ядрогача бўлган масофа; «-» ишора таъсирлашаётган зарядлар ўзаро тортишиш хусусияти билан боғлиқдир. Борнинг биринчи постулатига кўра, энергия ихтиёрий қийматга эга бўлмай, балки бир неча стационар ҳолатга тегишли бўлган қийматларга эга. Демак, атом радиуси маълум дискрет қийматларга эга бўлади. Масалан, радиус учун қуйидаги қийматлар мавжуд:

$$r_n = \frac{n^2 \pi \epsilon_0 \hbar^2}{m e^2} \quad (4)$$

бу ерда: $n=1,2,\dots$ бутун сонлар қатори;

\hbar — Планк доимийси, m — электрон массаси.

Формуладаги катталикларни уларнинг сон қийматларини алмаштирсак ва $n=1$ деб ҳисобласак радиус учун

$$r_1 = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}$$

қийматни оламиз. Бу қиймат тажриба йўли билан олинган натижаларга мос келади (4) формуладаги радиус ифодасини (3) га қўйсак стационар энергияни аниқловчи қуйидаги тенгламага эга бўламиз:

$$E_n = -\frac{1}{(2/\pi\epsilon_0)^2} \frac{m e^4}{2\hbar^2 n^2} \quad (5)$$

Бу ифодада энергиянинг қиймати дискрет эканлигини ва квант сони деб аталадиган n га боғлиқлигини кўриш мумкин. $n=1$ бўлган ҳолат асосий энергетик ҳолат дейилади. Энергетик сатҳлар $n>1$ бўлгандаги атом ҳолатлари уйғонган энергетик ҳолатлар дейилади.

Бор назарияси яратилгунга қадар водород атоми чиқарган нурлар спектрини текширишда бу спектрлар чизиқли бўлиб бир неча турларга бўлиниши аниқланган эди. Кўзга кўринадиган нурларнинг чизиқли спектри Бальмер серияси деб аталар эди. Ультрабинафша нурлар спектри Лайман серияси, инфракизил нурлар спектри эса Пашен серияси деб номланган эди. (5) формула ёрдамида n турли қийматлари учун ҳисобланган энергия миқдорлари юқорида келтирилган чизиқларга тўғри келиши аниқланди. Атомларнинг энергия нурланиши ёки энергия ютишини Бор назариясига кўра осонгина тўшунтириш мумкин. Агар электрон асосий энергетик сатҳда бўлса, атом маълум миқдордаги энергия ютгандагина у иккинчи сатҳга кўчади... Бу энергетик сатҳ энди уйғонган ҳолат ҳисобланади. (2) формулага кўра ($E_n > E_k$) атомнинг уйғонган сатҳга ўтишида маълум частотага эга бўлган фотон ютилади. Тескари йўналишда, яъни атом уйғонган сатҳдан асосий сатҳга ўтишида худди шу частотага эга бўлган фотон чиқади. (2) формуланинг

$$v = \frac{E_k - E_n}{h}$$

кўринишда ёзамиз. Бунда энергияни унинг (5) ифодаси билан алмаштирсак, нурланиш частотаси формуласига келамиз:

$$v_{kn} = -\frac{me^4}{(4\pi\epsilon_0)^2} \frac{1}{4\hbar^2 n} \left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad (6)$$

Бунда n ва k бутун сон қийматларни олди. Тажрибада водород атоми спектрини кўринувчан қисми частоталари

$$v = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad (7)$$

Қийматларини қабул қилиши аниқланди. Юқорида бу Бальмер серияси деб аталиши айtilган эди. Назарий йўл билан аниқланган (6) формуланинг кўриниши тажриба натижа-

сини тушунтириш учун топилган (7) формулага ўхшашлиги аниқ. Шу тариқа Бор назарияси водород атомининг нурланиши спектрини ҳамда атомнинг ўзининг тузилишини тушунтиришга муваффақ бўлди. Аммо даврий системадаги электронлари бирдан ортиқ бўлган элементлар атомининг тузилишини тушунтиришга Бор назарияси ожизлик қилди. Бор назарияси мураккаброқ атомларни молекулаларга бирлашишини тушунтиришда принципаал қийинчиликка дуч келди. Унинг устига мазкур назария охиригача изчил эмас эди. Ядро атрофида электронларнинг айланишини классик тавсиф этиш учун сунъий равишда ҳаракат миқдори моментини квантланиши киритилди.

Аммо водород атомини тушунтиришдаги Бор назарияси муваффақияти классик физика қонуниятларига зид бўлса ҳам, Бор томонидан киритилган постулат табиат қонуниятларини қандайдир даражада тўғри акс эттиришидан далолат беради. Бу қарама-қаршилик мазмуни кейинчалик корпускуляр-тўлқин дуализми ғоясининг физикада тасдиқланиши билан ойдинлашди.

1913 йил Франк ва Герц томонидан моҳирона амалга оширилган тўсувчи потенциал усули билан электронларни газ атомлари билан тўқнашиши асосида ўтказилган тажриба атомдаги турғун ҳолатларни, яъни дискрет энергетик сатҳларнинг мавжудлигини тасдиқлади.

Микрозарраларнинг корпускуляр-тўлқин хоссалари

Бор назариясида камчиликлар бўлганлиги сабабли квант назарияси асослари ва элементар зарралар табиати ҳақидаги тасаввурларни танқидий қараб чиқишга тўғри келди. Электроннинг аниқ координаталари ва аниқ тезлик билан ҳаракатланувчи кичик механик зарра деб тасаввур қилиш маълум даражада ечилиши лозим бўлган муаммолардан бири бўлди. Ёруғликнинг табиати ҳақидаги билимларимизнинг чуқурлашиши натижасида оптик ҳодисаларда ўзига хос дуализм борлиги аниқланди.

1924 йилда Луи де Бройль «дуализм фақат оптик ҳодисаларга хос хусусият бўлмай, балки у универсал аҳамиятга эга» деган ажойиб гипотезани илгари сурди.

«Оптикада юз йил давомида корпускуляр усулга тўлқин усулига нисбатан жуذا ҳам эътиборсизлик билан қаралди: мод-

ли назариясида бунга тескари бўлган хатога йўл қўйилмаганмикан» деб ёзган эди у.

Де-Бройль ғоясига кўра ҳар бир микрообъект бир томондан корпускуляр характеристикалар ҚЕ-энергия p -импульс билан, бошқа томондан эса тўлқинга хос характеристикалар ν -частота ва λ -тўлқин узунлик билан боғланади. Бунда объектларнинг зарра ва тўлқин хоссаларини боғловчи икки миқдорий муносабатлар худди фотонларникига ўхшаш, яъни

$$E = h\nu \quad p = h/\lambda \quad (1)$$

Де-Бройль гипотезасининг дадиллиги шундаки, (1) муносабат фақат фотон учун ўринли бўлмай, балки барча микроразралар учун ҳам ўринли эканлиги таъкидланади. Шундай қилиб, импульсга эга бўлган исталган зарра Де-Бройль формуласига кўра қуйидаги ўзига хос тўлқин узунлигига эга бўлар экан:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (2)$$

Бунда: mv — массаси m бўлган ва v тезлик билан ҳаракатланаётган зарра импульси.

Де-Бройль гипотезаси тез орада тажриба йўли билан тасдиқланди. Девиссон ва Жермер табиий дифракцион панжара — никел кристаллида электронлар дастасининг сочилиши туфайли ҳосил бўладиган дифракцион манзарани кузатдилар. Томсон ва Тартаковскийлар бир-биридан мустақил равишда электрон дастаси металл зардан ўтганда дифракцион манзара ҳосил бўлишини кузатдилар.

Де-Бройль гипотезасининг тажрибаларда тасдиқланиши билан микрообъектлар хоссалари тўғрисидаги тасаввур тубдан ўзгарди. Барча микрообъектларнинг ҳам тўлқин, ҳам корпускуляр хусусияти намоён бўлар экан.

Ноаниқлик ва тўлдирувчилик принципи

Кичик модда қисмининг ҳам зарра, ҳам тўлқин табиатиغا эга бўлиши билан классик физика тушунчаларининг микродуние объектларига қўллаш чегараси тўғрисидаги масала муҳим аҳамият касб этади.

Классик механикада ҳар қандай зарра маълум траектория бўйлаб ҳаракатланади. Шу сабабли исталган вақт дақиқасида

координата ва вақтни аниқ белгилаш мумкин. Микроразрачаларнинг тўлқин хусусиятлари мавжуд бўлганликлари учун улар классик зарралардан жиддий фарқ қилади. Асосий фарқлардан бири шуки, микроразра траекторияга эга эмас. Шунинг учун бир вақтнинг ўзида координата учун вақтнинг аниқ қийматлари тўғрисида гапириш тўғри бўлмайди. Бу корпускуляр-тўлқин дуализмидан келиб чиқади. Лекин «берилган нуқтадаги тўлқин узунлиги» тушунчаси ҳам мазмунга эга эмас. Модомики импульс тўлқин узунлик орқали ифодаланаётган экан, унда муайян импульсга эга микроразрачаларнинг координатаси тамоман ноаниқ бўлади. Ва аксинча, агар микроразра аниқ қийматга эга бўлган ҳолатда бўлса, у ҳолда унинг импульси тамоман ноаниқ бўлади.

Немис физиги В.Гейзенберг микроразраларнинг тўлқин хусусиятларига асосланиб ва уларнинг тўлқин хусусиятлари билан боғлиқ хатти-ҳаракатларида чегараланишларни эътиборга олиб 1927 йилда у қуйидаги хулосага келади: микродунё объектини бир вақтда исталган олдиндан берилган аниқлик билан координата ва импульсни аниқлаш мумкин эмас. Гейзенбергининг ноаниқлик муносабатларига кўра микроразра (микрообъект) бир вақтнинг ўзида аниқ X координата ва аниқланган p импульсга эга бўла олмайди. Шу билан бирга бу катталикларнинг ноаниқлиги қуйидаги шартни қаноатлантиради:

$$\Delta x \Delta p \geq h$$

(h — Планк доимийси), яъни координата ва импульс ноаниқликлари кўпайтмаси Планк доимийси h дан кичик бўла олмайди.

Бир вақтнинг ўзида координата ва унга мос келувчи импульсни бирдай аниқ ўлчаб бўлмаслиги ўлчов усулига ёки ўлчаш асбобларининг мукамал эмаслигига боғлиқ эмас. Бу микрообъектларнинг ўзига хослиги, уларнинг хусусиятлари уларда корпускуляр-тўлқин дуализмини акс этишининг натижасидир. Ноаниқлик муносабати зарра ҳаракатининг классик тавсифлари (координата, импульс) ва унда тўлқин хусусиятларининг мавжудлигидан бир вақтда фойдаланиш натижасида вужудга келди, чунки классик механикада координата ва импульсни исталган аниқликда ўлчаш мумкин, унда ноаниқлик муносабатлари эса классик механикани микрообъектларга қўллашни квантли чегаралашдан иборатдир.

Ноаниқлик муносабати микрозарралар физикасининг ўзига хослигини акс эттиради, масалан, классик механика тушунчаларини қай даражада микрозаррага қўллаш мумкинлигини, хусусан, микрозарралар траекторияси тўғрисида қай даражадаги аниқлик билан гапириш мумкинлигини баҳолайди. Маълумки, траектория бўйича ҳаракат исталган дақиқада координата ва импульснинг муайян қийматлари билан тавсифланади.

Макроjisмлар учун уларнинг тўлқин хоссалари ҳеч қандай аҳамиятга эга эмас: макроjisмларнинг координата ва тезликлари бир вақтда етарлича катта аниқлик билан ўлчаниши мумкин. Бундан чиқадики, макроjisмлар ҳаракатини тавсиф этишда классик механика қонунларидан абсолют аниқлик билан фойдаланиш мумкин.

Гейзенбергнинг ноаниқликлар муносабати фалсафий мунозараларни келтириб чиқарган. Баъзи файласуфлар томонидан, ҳаттоки уни идеалистик таҳлил қилишга уринишлар ҳам бўлган: ноаниқлик муносабатларини зарраларнинг координатаси ва импульси бир вақтда аниқ ўлчашга имконият бермаслиги бир томондан дунёни англашга чегара қўйса, бошқа томондан микрообъектларнинг фазо ва вақтдан ташқари мавжуд бўла олишини тан олади. Ҳақиқатдан эса ноаниқликлар муносабатининг илмий моҳияти шундаки, у микродунёни идрок қилиш чегарасини аниқламайди, балки микрозарралар учун механик зарра моделини қўллаш чегарасини тавсифлайди. Микрообъектларни тавсиф этиш учун 1927 йилда Н.Бор квант механикасининг муҳим қонунини аниқ ифодалаб берди. У тўлдирувчилик принциpidир.

Унга кўра микрообъект (элементар зарра, атом, молекула)ни тавсиф этаётган бирор физик катталиқ ҳақида кўшимча экспериментал маълумот олиш сўзсиз бошқа катталиқлар ҳақида ахборот йўқолиши билан боғлиқ бўлади. Умумий ҳолда бир-бирини тўлдирувчи физик катталиқлардан иборат бўлиб, уларга ўзаро коммутацияланмайдиган операторлар мос келади (масалан импульс моментининг катталиги ва йўналиши, кинетик ва потенциал энергия). Физик нуқтаи назаридан тўлдирувчилик принципи микрообъектнинг ҳолатига ўлчов асбобининг таъсири билан тушунтирилади.

Тўлдирувчилик катталиқлардан бири (масалан, зарра координатаси) унга мос ўлчов асбобида аниқ ўлчанганда бошқа катталиқ (импульс) заррани асбоб билан таъсирлашуви туфай-

ли у шундай назорат қилиб бўлинмайдиган ўзгаришга учрайди-ки, уни кейинги ўлчаш умуман мазмунга эга бўлмай қолади.

Тўлдирувчилик принципи микродунё объектларини классик механика тушунчалари билан амалда аниқ тавсиф этиб бўлмаслигини акс эттиради. Классик механикада зарранинг ҳолати, масалан, координата ва импульсни тавсиф этиши мумкин, чунки макродунёда ҳаракатланаётган зарранинг ўрни ва тезлиги ҳар бир дақиқада муайян қийматга эга бўлганлиги туфайли уларни ўлчаш имконияти мавжуд. Аммо микродунёда микрозарралар корпускуляр-тўлқин хусусиятга эга бўлганлиги туфайли дифракцион манзара кузатилади. Шу дифракцион манзарага қараб, микрозарраларнинг де-Бройль тўлқин узунлигини ва демак, унинг тезлигини ҳам ҳисоблаб топиш мумкин экан. Аммо бунда олинган алоҳида зарранинг фотопластинкадаги ўрни ноаниқ бўлиб қолади. Агар шу зарра фотопластинканинг қаерига тушганлигини билишга қандайдир йўл билан уриниб кўрилса, унда дифракцион манзара йўқолади, зарранинг тезлиги тўғрисида бир нарса дейиш анча қийин бўлиб қолади.

Эксперимент нуқтаи назаридан қатор жуфт физик катталикларни ўлчашдаги аниқлик даражаси ноаниқлик принципи шартидан юқори бўла олмайди. Бу ҳол тажрибанинг мукамаллигига боглиқ бўлмасдан, балки микродунёга хос хусусиятдир.

Микрожараёнларнинг эҳтимоллик тавсифи

Ҳаракатланаётган микрозарраларда тўлқин хусусиятлар намоён бўлганлиги туфайли микродунё ҳодисаларини тушунтиришда классик физика ожизлик қила бошлади. Шунинг учун микрообъектларнинг тўлқин хусусиятларини ҳисобга оладиган механик, яъни тўлқин механикасини яратиш зарурати туғилди. Бу вазифа Шредингер, Гейзенберг, Дирак каби олимлар томонидан амалга оширилди. Мазкур механикада фақат микрообъектлар аниқ кузатиладиган квант тасаввурлар ўз аксини топгани учун у одатда квант механикаси деб ҳам аталади.

Ривожланишнинг биринчи босқичида янги принциплар муаммолар, хусусан де-Бройль тўлқинлари физик табиатининг муаммоси юзага келди. Бу муаммони ечиш учун ёруғлик ва микрозарралар дифракциясини солиштирамиз. Ёруғлик тўлқинлари учун кузатиладиган дифракцион манзара шу билан

тавсифланадики, дифракцияланувчи тўлқинларни устма-уст тушиши натижасида турли нуқталарда тебраниш амплитудаларининг кучайиши ёки сусайиши кузатилади. Ёруғликнинг тўлқин табиати ҳақидаги тасаввурларга кўра, дифракцион манзараладаги максимумлар интенсивлиги ёруғлик тўлқини амплитудасининг квадратига пропорционалдир. Фотонлар назариясига мувофиқ дифракцион манзаранинг муайян нуқтасига тушаётган фотонлар сони билан аниқланади. Демак, дифракцион манзараларнинг берилган нуқтасидаги фотонлар сони ёруғлик тўлқини амплитудасининг квадрати билан аниқланади.

Бошқача айтганда битта фотон учун амплитуда квадрати у еки бу нуқтага фотоннинг тушиши эҳтимолини белгилайди.

Микрозарралар учун кузатилаётган дифракцион манзара турли йўналишлар бўйича сочилган ёки микрозарралар оқими бирдай тақсимланмаганлиги билан тавсифланади, яъни бир йўналишда бошқасига нисбатан кўпроқ зарралар сони кузатилади. Дифракцион манзарада максимумларнинг мавжудлиги тўлқин назариясига асосан бирор йўналишда дифракцион манзарадаги максимумлар шу йўналишда де-Бройль тўлқинлари интенсивлигининг максимумига мос келади. Иккинчи томондан де-Бройль тўлқинлари интенсивлиги қаерда микрозарра кўп тушган бўлса, шу ерда де-Бройль тўлқинлари интенсивлиги катта бўлади. Шундай қилиб, микрозарралар учун дифракцион манзара статистик қонуниятларни намоён бўлишидан иборат бўлиб, унга кўра зарралар қаерда де-Бройль тўлқин интенсивлиги катта бўлса, улар шу ерга кўп тушадилар.

Микрозарраларни тавсифлашга эҳтимолий ёндошиш зарурияти квант назариясининг энг муҳим хусусиятидир. Де-Бройль тўлқинини эҳтимол тўлқин тарзида талқин қилиш мумкинми? Яъни микрозарраларни фазонинг турли муҳитларида топиш эҳтимоли тўлқиний қонун билан ўзгарадими? Де-Бройль тўлқинини бундай талқин қилиш шунинг учун ҳам нотўғрики, ундан заррани фазонинг баъзи нуқталаридан топиш эҳтимоли манфий қийматга эга бўлиши ҳам мумкин, бу эса физик маънога эга эмас.

Бу қийинчиликлардан қутилиш учун немис физиги М. Борн 1926 йилда тўлқин қонуни бўйича эҳтимолликнинг ўзи эмас, балки эҳтимоллик амплитудаси ўзгаради деб фараз қилди. У тўлқин функция деб аталди. Микрообъектнинг ҳолатини тўлқин функцияси ёрдамида тавсиф этиш статистик эҳтимолий тавсифга эга.

Тўлқин функция модулининг квадрати (де-Бройль тўлқинининг амплитудаси модулининг квадрати) заррани вақтнинг берилган пайтида ва маълум чекланган ҳажмда топиш эҳтимолини аниқлайди.

Шундай қилиб, микрозарралар эҳтимолини квант механика принципиал янгича тавсиф этади — уларнинг тўлқин ва корпускуляр хусусиятлари тўғрисидаги ахборотни ўзида мужассамлаштирган тўлқин функция ёрдамидан фойдаланди. Де-Бройль тўлқинини статистик талқини ва Гейзенбергнинг ноаниқлик муносабати шундай хулоса қилиб келдики, микрозарралар ҳаракатини турли куч майдонларида тавсифлаш учун махсус тенглама яратилишини тақозо қилади. Бунда мазкур тенгламадан тажрибада кузатиладиган зарраларнинг тўлқин хусусиятлари келиб чиқсин. Тенглама тўлқин функцияга нисбатан тўзилган бўлиши керак, бунда тўлқин функция, аниқроғи унинг квадрати берилган ҳажмда ва берилган вақтда заррани топиш эҳтимолини белгилайди. Бундан ташқари изланаётган тенглама зарранинг тўлқин хусусиятини ҳам эътиборга олиши, яъни тўлқиний тенглама бўлиши керак.

Квант механикасининг асосий тенграмаси 1926 йилда Шреденгер томонидан таклиф этилган. Тенглама юқорида баён этилган талабларни қондиради. Шреденгер тенграмасини физикадаги жуда кўп тенграмалар каби келтириб чиқариш мумкин эмас. У балки жуда кўп тажриба далилларининг умумлашмасидир. Уни «бошланғич асосий фараз» деб ҳисоблаб, унинг тўғрилиги ундан келиб чиқадиган натижаларнинг тажриба далиллари билан жуда аниқ мос тушиши билан исботлаш мумкин. Микрозарранинг ҳолати квант механикасида тўлқин функцияси деб аталувчи функция билан ифодаланиб, уни ψ ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган. У координаталар ва вақт функцияси бўлиб, қуйидаги

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta\psi + u\psi = i\hbar \frac{\partial\psi}{\partial t}$$

тенграмани ечиб топилади. Мазкур тенглама вақт иштирок этган Шреденгер тенграмаси деб аталади. Бу тенгламага кирувчи катталиклар қуйидаги мазмундаги қийматларга эга. i -мавҳум бирлик, m -зарранинг массаси, \hbar — Планк доимийси, Δ -Лаплас оператори.

λ - Планк доимийсининг 2π га бўлингани, u - зарранинг потенциал энергияси.

$$\Delta\psi = \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}$$

Сабабият ва мувофиқлик принципи

1927 йилда Гейзенберг ноаниқлик муносабатларини таърифлаган ишида бу муносабатлардан келиб чиқадиган умумий хулоса сифатида «квант механикаси сабабият қонунининг ўринсизлигини аниқ кўрсатди» деб даъво қилган эди. Бундай даъвонинг асослари қуйидагилардан иборат. Сабабият принципи вақтнинг бир пайти учун система ҳолатини аниқ билиш асосида келгуси пайт учун унинг ҳолатини олдиндан аниқ айтиб бера олиш мумкинлигини талаб қилади. Ньютон классик механикаси бу талабни тўла қаноатлантиради, бу астрономияда, айниқса яққол кўринади. Маълумки, астрономия вақтнинг исталган келгуси пайти учун осмон jismlari ҳаракатини — уларнинг траекториялари ва тезликларини масаланинг математик ечилиши йўли қўядиган даражадаги аниқлик билан олдиндан ҳисоблаб қўйиш ва шу туфайли астрономик ҳодисаларни (масалан, Қуёш ёки Ой тутилишида) исталганча келажак муддатга олдиндан аниқ айтиб бериш имконини беради. Демак, классик физика сабабиятни тушунишни қуйидагича асаслайди: зарраларнинг ўзаро таъсирлашувининг маълум қонуни механик тизимнинг бошланғич дақиқадаги ҳолати, зарранинг маълум қонун билан ўзаро таъсирлашуви — бу сабабият, унинг кейинги пайтдаги ҳолати эса оқибат. Бошқа томондан микрообъектлар бир вақтни ўзида маълум координатани ва маълум мос импульс проекциясига эга бўла олмайди.

Шунинг учун тизимнинг бошланғич ҳолатининг бошланғич пайтдаги вақти аниқ маълум бўлганлиги учун шундай хулоса қилинади. Агар бошланғич пайтда тизимнинг ҳолати аниқ маълум бўлмаса, унда унинг кейинги ҳолатларини олдиндан айтиб бўлмайди, яъни сабабият принципи бузилади.

Энди микрозарралар ва квант механикасига қайтамыз. Микрозарраларнинг ҳолати тўлқин функцияси ёки содда қилиб айтганда Ψ -функция деб аталадиган фақат координаталар ёки импульслар ёки вақтга боғлиқ бўлган бирор Ψ -функция ёрдамида аниқланади.

Бундан $t=0$ пайт учун Ψ -функция қиймати маълум бўлса, вақтнинг исталган кейинги пайти учун унинг қийматини олдиндан аниқлаш мумкин деган хулоса келиб чиқади.

1923 йил Бор томонидан илгари сурилган мувофиқлик принципи квант-механик тасавурларнинг шаклланишида муҳим рол уйнади. Ҳар қандай умумийроқ назария классик назариянинг ривожидан иборат бўлиб, уни тўлиқ инкор этмай, ўзига классик назарияни киритиб, унинг қўлланиш чегарасини кўрсатади. Шу билан бирга маълум чегаравий ҳолларда янги назария эскисига айланиб қолади. Масалан, релятивистик динамиканинг кинематика ва динамик формулалари, ёруғлик тезлигидан анча кичик тезликларда Ньютон механикаси формулаларига айланиб қолади. Мисол учун де-Бройль гипотезаси барча жисмлар тўлқин хусусиятларига эга бўлишлари кераклигини айтади. Аммо макроскопик жисмларнинг тўлқин хусусиятини эътиборга олмасак, улар учун Ньютон классик механикасини қўллаш мумкин.

Элементар зарралар

Ядро физикаси атом ядросининг хоссалари ва структурасини ўрганади. У шунингдек турли хил ядровий реакциялар ҳамда ядровий эмирилишлар натижасида атом ядросида юз берадиган ўзаро алмашишларни тадқиқ қилади. Элементар зарралар физикаси, зарядланган зарралар тезлаштиргичларининг физикаси ва техникаси ядровий энергетикалар ядро физикаси билан чамбарчас боғланаган.

Материя тузилишини тушуниш сари илгарилаш имкониятига эга бўлишда ядро-физик тадқиқотлар соф илмий аҳамиятидан ташқари, шунингдек ғоят катта амалий аҳамиятга ҳам эга (энергетика, медицина). Элементар зарралар бирламчи, бўлинмайдиган материядан ташкил топган деб фараз қилинади. Ҳозирги замон физикасида мазкур атама ўзининг аниқ маъносида ишлатилмайди, балки жуда кичик зарралар гуруҳини аташда қўлланилади. Элементар зарраларга протон, нейтрон, электрон, фотонлар, π -мезонлар, μ -онлар, оғир лептонлар, уч типдаги нейтрино, галати зарралар (k -мезонлар, гиперонлар), турли-туман резонанслар, ноошкор мафтункорлика эга мезонлар, мафтунланаётган зарра, оралиқ вектор бозонлар ва бошқалар киради. Ҳаммаси бўлиб 350 дан ортиқ асосан ностабил зарралар мавжуд. Бизнинг билимларимиз ортган сари

уларнинг сони ҳам ортиб бормоқда. Юқориди санаб ўтилган зарраларни кўпи элементарликка берилган таърифни қониқтирмайди, чунки улар қўшма тизимлардан иборатдир.

Элементар зарралар кўпининг массаси протон массасига иккинчи массага ($1,67 \cdot 10^{-27}$ кг) тенгдир. Протон, нейтрон ва бошқа зарраларнинг ўлчами 10^{-13} см чамасида. Электрон ва мюонники аниқланган эмас, ammo у 10^{-16} см дан кичик. Элементар зарраларнинг микроскопик массаси ва ўлчами уларнинг ҳаттиҳаракатида квантли ўзига хослигини юзага келтиради. Барча элементар зарраларнинг энг асосий квант хоссаси — бошқа зарралар билан ўзаро таъсирлашганда нурланиш ва нур ютиш қобилиятидир. Элементар зарралар яшаш даврига қараб, масалан, стабил (электрон, протон, фотон ва нейтрино), квазистабил (электромагнит ва заиф ўзаро таъсирлашувда емириладиган, яшаш даври 10^{-20} с дан катта бўлган зарралар) ва резонансларга (кучли ўзаро таъсирлашув туйғайли емириладиган зарралар, яшаш муддати 10^{-22} - 10^{-24} с га тенг) бўлинади.

Барча элементар зарралар учун масса, яшаш муддати, электр заряди ва ҳоказо умумий тавсиф ҳисобланади.

Элементар зарралар импульс моменти билан тавсифланади. Квант механикасига кўра тизимнинг импульс моменти исталган қийматни эмас, балки дискрет қийматларни қабул қила олади. Унинг сакрашлари Планк доимийсига тенг, шунинг учун у шу доимийликнинг бирлигида ўлчанади (моментнинг мумкин бўлган қийматларининг дискретлиги одатий ҳаётда, кундалик турмушда сезиларли эмас, чунки Планк доимийси жуда ҳам кичик катталиқ) Бундай бирликларда ўлчанган момент спин деб аталади. Спин бутун ва ярим бутун қийматларни қабул қила олади. Квант механикасига мувофиқ моментни қандайдир ўққа проекцияси унинг дискрет қийматларини қабул қила олади. Равшанки, бундай дискретлик одатий механикани ўлчаш имкониятларидан жуда узоқда ётади. Микродунё объектлари — бошқача, улар учун момент вектори на унинг проекцияси қийматларининг дискретлиги муҳим рол ўйнайди.

Дискрет қийматларни қабул қилувчи элементар зарралар тавсифларини квант сонлар деб аташ одат бўлган. Квант сонлар жумласига спин, орбитал момент, магнит ва бошқа квант сонлар киради.

Элементар зарралар юқорида кўрсатилган квант сонлардан ташқари, яна қатор қўшимча квант сонлар билан ҳам тавсиф-

лангани. Улар ички квант сонлар дейилади. Булар барион ва лептон зиярлари, жуфтлик ва шунингдек кваркли ҳидлари, қушбуйлиқдир. Кваркнинг уч турини белгиловчи тавсифлар жумласига изоспин, ғалатилик, «мафтункорлик», «ғўзаллик» ва ранг кабилар киради. Микродунёда содир бўлаётган жарёнларни экспериментал кузатилаётган жараёнлар қонуниятига мослаштириш учун ички квант сонлар киритилади.

Ҳақиқий элементар зарралар

Ҳозирги кунга келиб назария нуқтаи назаридан қуйидаги ҳақиқий элементар зарралар: кварклар ва лептонлар, майдон квантлари ва шунингдек хиггс зарралари маълум.

Лептонларнинг ҳар бир жуфти ўзига мос кварклар жуфти билан тўртликка қўшилади. Улар авлод дейилади. Зарраларнинг хоссалари авлоддан авлодга ўтади, фақат массалари фарқ қилади: иккинчиси биринчисидан оғир; учинчиси иккинчисидан оғир. Табиатда асосан биринчи авлод зарралари учрайди, қолганлари эса «зарядланган зарраларни тезлаткичларда сунъий ҳосил қилиш ёки атмосферада космик турларнинг ўзаро таъсирлашувида вужудга келиши мумкин» деб тахмин қилинади.

Спинининг ярмига тенг модда зарраларидан ташқари ҳақиқий элементар зарраларга спини 1 га тенг бўлган зарралар ҳам киради. Бу модда зарралари томонидан ҳосил қилинган, майдон квантларидир. Йирик (салмоқли) W -бозонлар кварк ва лептонлар орасидаги заиф ўзаро таъсирнинг ташувчисидан иборатдир.

Глюонлар кварклар орасида кучли ўзаро таъсирни ташувчисидан иборат. Кваркларнинг ўзларига ўхшаб глюонлар ҳам эркин ҳолда кузатилган эмас. Аммо баъзи бир реакцияларнинг оралик стадияларида намоён бўладилар. Глюон ва кварк назарияси квант хромодинамикаси дейилади.

Спини тахминан 2 га тенг бўлган зарра — гравитондир. Унинг мавжудлиги назарий тахмин қилинган, уни тутиш ғоятда қийин бўлади. Чунки у модда билан ўта заиф ўзаро таъсирлашади. Ниҳоят ҳақиқий, элементар зарраларга Хиггс зарралари ёки H -мезонлар ва гравитонга тааллуқли. Улар тажрибада кузатилмаган, аммо уларнинг мавжудлиги жуда кўп ҳозирги замон назарий моделларда тахмин қилинади. Анти-модда жуда кўп зарраларининг ўхшашлари антизарра тарзда

мавжуд. Уларнинг худди шундай массаси, яшаш муддати, спини ва бошқа томонлари бор (электрон-позитрон, протон антипротон ва бошқалар). Антizarраларнинг мавжудлиги 1928 йилда инглиз физик назарийчиси П.Дирак томонидан башорат қилинган эди. Диракнинг электроннинг релятивистик ҳаракати учун ёзилган тенгламасидан худди шундай массага, аммо мусбат электр зарядига эга бўлган антizarраси учун иккинчи ечим келиб чиқади.

Зарра ва антizarранинг хатти-ҳаракатидаги ўзига хослиги ўзаро тўқнашганда улар аннигиляциялашувчидир. Электрон ва позитрон ўзаро тўқнашиб йўқолиб бунда икки фотон ҳосил бўлиши аннигиляцияга типик мисол бўла олади. Кучли ва электромагнит ўзаро таъсирлашувда зарра ва антizarра орасида гулиқ симметрия мавжуд. Протон ва нейтронларга ўхшаб, уларнинг антizarралари антиядрони ҳосил қилиши мумкин. Умуман олганда, ўзингизга антиатомни ҳам, ҳаттоки кўпроқ йигилган антимоддаларни тасаввур этишингиз мумкин.

Элементар зарраларни шартли таснифлаш. Тўрт хил кўринишдаги фундаментал ўзаро таъсирга мувофиқ тўрт хил элементар зарраларни фарқ қиладилар. Барча таъсирлашувларда қатнашадиган адронлар, фақат кучли ўзаро таъсирлашувда қатнашмайдиган лептонлар, электромагнит ўзаро таъсирлашувда қатнашадиган фотонлар, гравитацион ўзаро таъсирлашувни ташувчи-гипотетик гравитаионлардан иборатдир.

Адронлар — кучли ўзаро таъсирлашувда фаол қатнашувчи зарралар учун умумий ном. Мазкур номланиш юнонча «кучли, катта» сўзидан келиб чиққан. Барча адронлар иккита катта гуруҳга бўлинади: барионлар ва мезонлар. Барионлар — спинлари яримга тенг бўлган адронлардир. Уларда энг маълум ва машҳури протон ва нейтронлардир.

Барионлар хоссаларидан бири — уларда барион зарядларининг сақланаётганлиги бўлиб, у тажрибадан олинган далилни тасниф этиши учун киритилган барча маълум жараёнларда барион ва антибарион сонлар орасидаги фарқнинг доимий сақланишидир. Улар шу хусусияти билан бошқа зарралардан фарқ қилади.

Мезонлар — спини бутун сондан иборат адронлардир. Уларнинг барион зарядлари нолга тенг. Адронлар 350 нафар чамасида ҳисобланади. Уларнинг кўплари ниҳоят ностабил, улар 10^{-23} с чамаси вақт ичида емирилади. Бундай гоят қисқа вақт яшайдиган зарралар детекторларда из қолдира олмайди-

лар. Одатда уларнинг туғилиши билвосита белгиларга асосан аниқланади. Масалан, электрон ва позитрон аннигиляция реакцияси ўрганилганда, бунинг натижасида адронлар туғилади. Тўқнашиш энергияси ўзгартирилганда унинг қандайдир қийматида адронлар сони кескин ошганлиги кузатилади. Бу далилни оралиқ ҳолатда заррача ҳосил бўлганлиги билан тушунтириш мумкин. Кейин бу зарра дарҳол емирилиб бошқа қисқа яшовчи адронларга айланади, улар эса қайд қилинади. Бундай қисқа яшовчи зарралар резонанслар дейилади. Барион ва мезонларнинг кўпчилиги резонанслардир.

Адронлар ҳақиқий элементар зарралардан иборат эмас. Улар чекли ўлчамликка ва мураккаб структурага эга. Барион учта кваркдан ташкил топган, мезонлар эса кварк ва антикваркдан ҳосил бўлган.

Кварклар адронлар ичида глюон майдони билан ўраб турилади. Умуман олганда, назария кўп сондаги ёки битта глюон майдонида қурилган бошқа адронларни ҳам мавжуд бўлишини инкор этмайди.

Дастлаб кварк модели кўп сонли адронлар оиласида тартиб ўрнатиш учун таклиф этилган эди. Бу модел уч типдаги кварк ва ароматларни киритган эди (кейинчалик уларнинг кўплиги маълум бўлди). Кварклар ёрдамида адронлар «мультиплет» деб аталувчи гуруҳларга бўлинди. Битта мультиплетнинг зарралари бир-бирига яқин массага эга.

Кварклар гипотезасини 1967 йилда Америка физиги М.Гелл-Ман таклиф этди. Кварк-спини $1/2$ ва касрли электр зарядига эга бўлган зарра. У адрон таркибидаги элементдир. Бу номни Гелл-Ман фантастик романларнинг биридан олган бўлиб у қандайдир маъносиз ва ғалати деган маънога эга. Спиндан ташқари кварклар яна иккита ички эркинлик даражасига, хушбўйлик ва рангга эга. Ҳар бир кварк учта рангли ҳолатнинг бирида бўлиши мумкин, уни шартли равишда қизил, кўк ва сариқ деб атайдилар. Кузатилаётган адронларда кварклар шундай комбинациялаштирилганки, унда ҳосил бўлган ҳолатлар рангларга эга бўлмайди — у «рангсиз»ликдан иборат. Бешта аромат маълум, олтинчисининг мавжудлиги тахмин қилинади. Турли ароматдаги кваркларнинг хоссалари турлича. Одатдаги модда нуклон ядроси таркибига кирувчи энгил u ва d -кварклардан ташкил топган. Янада оғирроқ кварклар сунъий ҳосил қилинади ёки космик нурларда кузатилади. Бу ерда «ҳосил қилинади» ва «кузатилади» деган сўзларни ай-

нин тушуниш керак эмас. Эркин кўринишда бирорта кварк қийд қилинган эмас, уларни фақат адронлар ичида кузатиш мумкин холос. Адронларда кваркларни уриб чиқаришга уриниб кўрилганда учиб чиқаётган кварк ўз йўлида вакуумдан кварк-антикварк жуфтни вужудга келтиради. Улар тезликларини каймайиши тартибида жойлашган бўлади. Секин ҳаракатланувчи кварклардан бири бошланғич ўринни эгаллайди, у эса қолган нурудга келган кварклар билан биргаликда адронларни ҳосил қилади.

Атом ядросининг тузилиши

Водород атомининг ядроси — протон заряди мусбат бўлиб, катталиги электрон зарядига тенг элементар заррадир. 1932 йилда инглиз олими Чедвиг дастлаб Резерфорд «бор» деб тахмин қилган элементар зарра мавжудлигини тажрибада исботлади. Бу зарранинг массаси протон массасига яқин, аммо заряди нолга тенг. Бу зарра нейтрон деб аталади. Нейтрон кашф этилгач совет олими Д. Иваненко ва немис олими В. Гейзенберг атом ядросининг моделини таклиф этдилар. Бу моделга кўра атом ядроси протон ва нейтрондан таркиб топган. Нейтрон нейтрал зарра бўлганлиги сабабли ядронинг заряди протонлар сони билан аниқланди, яъни протонлар сонини бир протон зарядига кўпайтмаси ядро зарядига тенгдир.

Атом нейтрал система бўлганлиги учун протонлар сони электронлар сонига тенг. Шунинг учун протонлар сони Менделеев даврий системасидаги элементнинг атом номерига мос келади. Агар ядрога N нейтрон ва Z протон бўлса, уларнинг йигиндиси

$$A=N+Z$$

A — масса сони дейилади. Ядро ${}_Z X^A$ — ифода билан белгиланади. Бу ерда: X — элемент; A — масса сони, Z — ядро атомининг номери. Энди изотоп тушунчасини қисқача кўриб ўтайлик. Атом номери бир хил, аммо атом оғирлиги (масса сони) турлича икки элемент изотоп дейилади. Изотопларнинг заряди тенг. Шунинг учун улар Менделеев даврий системасида битта катакка жойлашади. Масалан, уран элементининг ${}_{92}U^{238}$ ${}_{92}U^{235}$ изотоплари мавжуд.

«Ядроларнинг тургун ҳолатда туришига сабаб нима?», деган савол туғилади. Агар нейтронлар нейтрал, протонлар мусбат

ишорали зарралар эканлигини ва ядро ўлчамлари кичик (10^{-13} см) бўлишини эсласак, ядро дарҳол Кулон итаришиш кучлари таъсирида парчаланиб кетиши керак эди, аслида бундай бўлмайди. Демак, ядрони яхлит ҳолда ушлаб турувчи қандайдир куч мавжуд экан. Назарий ва амалий текширишлар натижасида «протонлар ва нейтронларни ядрога ушлаб турувчи алоҳида кучлар — ядровий кучлар бор экан» деган хулосага келинди.

Агар зарядни эътиборга олинмаса, протон ва нейтронлар бир-бирига жуда ўхшаш. Шунинг учун уларни битта ном билан — нуклон деб аташ қабул қилинган. Нуклонларни ядрога ушлаб турувчи ядровий кучларнинг икки асосий хусусияти аниқланган.

1. Ядровий кучлар жуда катта қийматга эга. Уларда тортишиш табиати мавжуд. Масалан икки нуклон (pp, pp, пр) ўзаро яқин масофада жойлашган бўлса, улар ўртасидаги ядро таъсир кучи электромагнит кучлардан юзлаб марта катта. Шу сабабли протонларнинг Кулон итарилиш кучи уларни узоқлаштира олмайди.

2. Ядровий кучлар таъсири жуда кичик (10^{-13} см) масофалардагина сезилади. Масофа катталашган сари куч таъсири кескин камаяди. Демак, кучли тортишиш табиатига эга бўлган ядровий кучлар мавжудлиги туфайли атом ядроси тургун ҳолатда бўлади.

Масса дефекти ва атом ядросининг боғланиш энергияси

Атом ядросининг тузилишида ядронинг тинч ҳолатдаги массаси уни ташкил қилган протон ва нейтронлар массалари йиғиндисидан доимо кичик бўлиши топилди, яъни

$$M_{\theta} < Zm_p + Nm_n$$

Бундан массалар айирмаси

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\theta}$$

ифодани олиш мумкин.

Массанинг бундай фарқланишининг физик мазмуни нимадан иборат? Агар Эйнштейн илгари сурган масса ва энергия ўзаро эквивалент катталиклардир, деган ғояни ва улар орасидаги

$$E = mc^2$$

боғланишни эътиборга олсак, ядродаги массалар фарқи маълум энергия билан боғлиқ дейиш мумкин. Бу энергия ядронинг боғланиш энергияси дейилади. Боғланиш энергиясига шундай таъриф бериш мумкин: Ядрони шу ядро таркибида бўлган протон ва нейтронларга тамоман парчалаб юбориш учун лозим бўлган энергия боғланиш энергияси дейилади. Тескари жараён, яъни протон ва нейтронлардан ядро ҳосил бўлишида худди шундай энергия ажралиб чиқади. Боғланиш энергияси ниҳоятда катта қийматга эга. Масалан ҳар бир гелий атоми ядросини нуклонга ажратиш учун $28,4 \cdot 10^6$ эВ энергия зарур ёки нормал шароитда ($T = 273$ ҳарорат ва $p = 1$ атм босимида) 1 см^3 ҳажмда бўлган $27 \cdot 10^{19}$ та гелий атом ядросининг парчаланиши учун $1,2 \cdot 10^6$ Ж энергия зарур.

Турли ядролар учун боғланиш энергияси турли қийматга эга. Кўпинча битта нуклонга тўғри келадиган энергия миқдори — солиштирма боғланиш энергиясидан фойдаланилади. Менделеев даврий системасидаги энг энгил (водород, гелий, литий, бериллий) ядролар ҳисобга олинмаса, қолган ядролар учун солиштирма боғланиш энергияси 8 МэВ га яқин. Масса сони 50-60 га тенг ядроларда боғланиш энергияси

$$8,6 \frac{\text{МэВ}}{\text{нук}}$$

қийматга эга. Масса сони яна катталашганда солиштирма боғланиш энергияси камая боради. Буни оғир ядроларда протонлар сони кўпайиши сабабли Кулон итаришиш кучлари таъсири сезиларли бўлиши натижаси деб тушунтириш мумкин.

Радиоактивлик

1896 йилда француз олими Беккерель уран элементи билан фотография пластинкасига таъсир этувчи номаълум нурлар чиқишини аниқлади. Кейинчалик бундай нурларни бошқа элементлар ҳам чиқариши Пьер Кюри ва Мария Кюри-Складовскаялар томонидан аниқланди. Бу ҳодиса радиоактивлик деб аталди. Нурларнинг ўзи эса радиоактив нур номини олди.

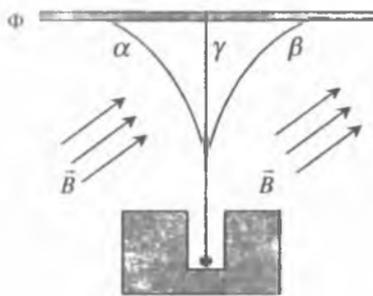
Радиоактив нурларнинг келиб чиқиши, табиати, уларнинг бошқа моддаларга таъсири каби қатор хоссаларни текшириш

кентг ривожланди. Жумладан, бу нурлар магнит майдон таъсирида уч йўналиш бўйича тарқалар экан. 8а-расмда радиоактив нурлар ҳосил бўлиши ва уларнинг магнит майдондаги ҳаракат йўналиши тасвирланган. Биринчи тоифа нурлар дастлабки йўналишдан ўнг тарафга, иккинчи тоифа нурлар чап томонга бурилар, учинчи хил нурлар эса бурилмай ўз йўлида давом этар экан. Ўз-ўзидан равшанки, магнит майдонда қарамақарши томонга бурилган нурлар турли ишорали электр зарядига эга бўлиши керак. Учинчи нурларнинг хусусияти рентген нурларга ўхшаб кетади, чунки рентген нурларга ҳам магнит майдон таъсир қилмас эди.

Радиоактивликни ҳар томонлама текшириш натижасида мусбат электр зарядига эга бўлган радиоактив нурлар альфа нурлар эканлиги аниқланди. Альфа зарралар — ўз электронини йўқотган гелий атомларидир. Манфий зарядга эга бўлган зарралар электронлар оқими экан, улар бета зарралар деб ном олди. Магнит майдон таъсирига учрамаган нурлар частотаси рентген нурлар частотасидан юқори бўлган гамма — нурлардир. α -зарралар фақат атом ядроси таркиби ўзгариши туфайли чиқиши мумкин. Шунингдек, β -нурларнинг чиқиши ҳам элемент хусусиятининг ўзгариши, унинг бошқа элементга айланиши билан боғланган. γ -нурларнинг манбаи ҳам ядролардаги ўзгаришлардир. Демак, чиқаётган ҳамма радиоактив нурлар атом ядросидаги ўзгаришлар туфайли юзага келади. Шундай қилиб, радиоактивлик ҳодисасида кимёвий элементнинг беқарор изотоплари элементар зарралар ёки ядролар чиқариб бошқа элемент изотопларига айланади. Табиий шароитда мавжуд бўлган изотопларда кузатиладиган радиоактивликни табиий радиоактивлик, сунъий равишда ҳосил қилинадиган изотопларда кузатиладигани эса сунъий радиоактивлик дейилади. Лекин сунъий ва табиий радиоактивликларнинг бир-биридан фарқи йўқ дейиш мумкин.

Турли радиоактив элементлар турли тезлик билан нур чиқариб бошқа элементга айланади. Ҳар бир радиоактив модда учун аниқ вақт интервали мавжуд бўлиб, шу вақт давомида активлик икки марта камади. Бу вақт ярим емирилиш даври деб аталади. Бошланғич $t = 0$ вақтда мавжуд бўлган атомлар сони N_0 га тенг бўлса, t вақт ўтгандан кейин емирилмай қолган ядролар сони N қуйидагича аниқланади

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$



8а-чима

Бу ифодадаги λ -емирилиш доимий бўлиб, у вақт бирлиги ичида умумий ядроларнинг қанча қисми емирилишини кўрсатади. Емирилиш доимий λ билан ярим емирилиш даври T ўртасида қуйидаги боғланиш мавжуд:

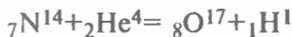
$$T = \frac{0,623}{\lambda}$$

Ҳозирги вақтда ярим емирилиш даври қиймати турли ядроларда жуда катта интервал оралигида бўлиши аниқланган. Масалан, уран учун $T = 4,5 \cdot 10^6$ йил бўлса, баъзи элементлар учун $T = 10^{-6}$ с га тенг.

Ядровий реакциялар. Занжир ядровий реакциялари. Оғир ядроларнинг бўлиниши

Ядролар бир-бири ёки элементар зарралар билан ўзаро таъсирлашиб бошқа ядрога айланиш мумкин. Бу ҳодиса ядровий реакция дейилади.

Ядровий реакциялар катта энергияга эга бўлган α -зарралар, протонлар ёки бошқа элементар зарраларнинг ядролари билан тўқнашиши натижасида юзага келади. Биричи марта амалга оширилган ядровий реакцияда α -зарранинг азот ядроси билан тўқнаштириб кислород ядроси ҳосил қилинган эди, яъни



Бу реакцияга назар солсак, унда нуклон сони ўзгармаганлигини заряд миқдори ҳам реакцияга ва реакциядан сўнг бир хил эканлигини кўриш мумкин. Бу ядровий реакцияларда нуклонлар сони ва электр зарядининг сақланиш қонуни бажарилади демакдир. Ўз-ўзидан равшанки, ядровий реакцияларда импульс ва энергиянинг сақланиш қонуни ҳам бажарилиш керак.

Энди нейтронлар иштироки билан содир бўладиган реакцияларни кўрамиз. Бундай реакциялар маълум афзалликларга эга. Нейтронларнинг электр заряди нолга тенг. Демак, ней-

троннинг ядрога киришида Кулон кучлари бўлмайди. Шу сабабли нейтронга Кулон кучини енгадиган катта энергия зарур эмас. Жуда кичик энергияли нейтронлар (улар иссиқлик энергияси дейилади), ядроларда ютилиб, радиоактивлик ҳосил қилиши мумкин, яъни бу реакциялар ядроларда парчланишни юзага келтиради. Бу ҳам ядровий реакция ҳисобланади. Оғир ($A \leq 200$) ядроларда солиштирма боғланиш энергияси даврий системадаги ўрта ядролар солиштирма боғлагиш энергиясидан 1 МэВ/нуклон кичик. Демак, парчаланган оғир ядроларнинг массаси икки ўрта ядро массасининг йигиндисидан катта экан. Шунинг учун бўлиниш реакциясида энергия ажралиши рўй беради. Мисол учун уран ядросининг бўлинишини кўрайлик. Уран ${}_{92}\text{U}^{235}$ ядроси кичик энергияли нейтрон билан тўқнашгач, икки ўрта ядро, 2-3 нейтрон ва энергияси 200 МэВ миқдорда бўлади. Бу бўлинишда нейтронлар сонининг ортиши занжир ядровий реакцияни амалга оширишга имкон яратади. Занжир ядровий реакциянинг содир бўлиши ва давом этишини шундан тушунтириш мумкин. Нейтрон уран ядроси билан тўқнашгач, ядро парчаланади ва иккита ўрта ядро ва иккита нейтрон ҳосил бўлади. Ўз навбатида янги пайдо бўлган нейтронлар яна уран ядроси билан тўқнашиб 4 та нейтрон ҳосил бўлади.

Бу нейтронлар ўз йўлида уран ядролари билан тўқнашиб 8 та нейтрон чиқишига сабабчи бўлади. Шу йўсинда жараён занжирсимон давом этади ва қисқа вақт ичида жуда катта миқдорда энергия ажралиб чиқади. Бу портлаш демакдир. Занжир ядровий реакция содир бўлиш учун мавжуд оғир ядро массасининг масса миқдори масалан, ураннинг миқдори маълум чегаравий қийматидан катта бўлиши керак. Бу масса чегаравий ёки критик масса дейилади. Агар масса миқдори бу қийматдан кичик бўлса, дастлабки реакция натижасида чиққан нейтронлар ўз йўлида ядрога дуч келмай атрофга тарқалиб кетади ва реакция узоқ давом этмай сунади. Демак, занжир реакция давом этиши учун бир циклдан иккинчи циклга ўтишда нейтронлар сони кўпайиши лозим. ҳар бир циклдаги нейтрон сонининг олдинги циклдаги нейтрон сонига нисбати кўпайиш коэффициенти дейилади. Кўпайиш коэффициенти $K=1,01$ бўлган тақдирда занжир ядровий реакция бошланиб кетади.

Ҳар бир уран ${}_{92}\text{U}^{235}$ ядроси парчаланганда 200 МэВ энергия ажралиб чиқади. Таққослаш мақсадида оддий кимёвий реакцияларда (масалан, ёниш жараёнида) ажраланиган энергиянинг

ҳар бир атомга тўғри келадиган улуши атиги бир неча эВ энергия эканлигини эшлаш кифоя. Ядровий реакцияларда, жумладан ядронинг бўлинишида катта миқдорда энергия ажралиб чиқиши ҳозирда асосий рол ўйнаётган нефть, кўмир каби энергия манбаларидан ташқари табиатда улкан энергия манбаи мавжудлигидан дарак беради.

Шуни таъкидлаш лозимки, ядровий реакцияларнинг бошқа тури – ядровий синтезда парчаланиш реакциясида ажраланиш энергиядан ҳам катта энергия ажралар экан.

Ядровий энергиядан фойдаланишда занжир ядровий реакцияларни бошқариш муҳим ўрин тутати. Занжир реакцияларни бошқариш ядровий реакторларда амалга оширилади. Ядровий реакторларда ёнилғи вазифасини ўтайдиган парчаланувчи модда, ҳосил бўлган нейтронларни секинлаништирувчи моддалар, ядровий реакцияларда ажраладиган иссиқликни ташқарига узатувчи қурилма, нейтронлар сонини маълум чегарада бўлишини таъминлайдиган ютувчи жисмлар асосий қисмлар ҳисобланади.

Термоядровий реакциялар

Енгил ядроларни бириктириш (ядролар синтези) усули билан ҳам ядровий энергиядан фойдаланиш мумкин. Масалан, дейтерий ва тритийнинг синтезида α -зарра ва нейтрон ҳосил бўлади. Мазкур реакцияда 17,6 МэВ энергия ажралади, яъни ҳар бир нуклонга 3,5 МэВ энергия тўғри келади. Таққослаш мақсадида ${}_{92}\text{U}^{235}$ нинг бўлинишида ажраладиган энергиянинг битта нуклонга мос келадиган улуши 0,8 МэВ эканлигини эсга олайлик.

Ядро синтези амалга ошириш учун улар бир-бири билан ядровий кучларнинг таъсири сезиладиган масофа (10^{-15} м) гача яқинлашиши керак. Лекин ядронинг бу даражада яқинлашувига Кулон итаришиш кучлари туфайли улар орасида вужудга келадиган потенциал тўсиқ қаршилиқ кўрсатади.

Бу тўсиқни енгиш учун H^2 ва H^3 нинг синтез реакциясида ядролар

$$\frac{a^2}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^{-15}} = 0,7 \text{ МэВ}$$

энергияга эга бўлиши керак.

Демак, туқнашаётган ядроларнинг ҳар бирининг кинетик энергияси $0,35 \text{ МэВ}$ бўлса, ядровий синтез реакцияси амалга ошади. У ҳолда ядролар синтези иссиқлик ҳаракати энергияси (яъни $(i/2)kt$) туфайли содир бўлиши учун ядрони қандай ҳароратгача қиздириш керак. Ҳисобларнинг кўрсатишича, бу ҳарорат $2 \cdot 10^9 \text{ К}$ бўлиши керак. Мазкур ҳароратни амалда ҳосил қилиб бўлмайди. Лекин бунчалик ҳароратнинг ҳожати ҳам йўқ.

1) Ихтиёрий T ҳароратдаги газ молекулалари тезликларининг қиймати Максвелл тақсимотига бўйсунди. Шу сабабли Максвелл тақсимотини тавсифловчи графикнинг «думи»га мос келувчи тезликлар билан ҳаракатланаётган ядролар иссиқлик ҳаракати энергиясининг қийматлари $(i/2)kt$ дан анча катта бўлади.

2) Туннел эффекти туфайли ядролар бирикиши учун лозим бўладиган кинетик энергиянинг қиймати Кулон тўсиғининг баландлигидан кичик ҳам бўлиши мумкин. Шунинг учун H^2 ва H^3 ядроларнинг 10^7 К ҳароратда ҳам етарлича интенсив бирикиши кузатилади.

Ядролар синтези юқори ҳароратларда содир бўлганлиги учун у термоядро реакция деб ҳам аталади. Бу қадар юқори ҳарорат юлдузларда, жумладан Куёшда мавжуд. Куёш нурланишининг спектрини ўрганиш асосида “юлдузлар таркиби, асосан водород ва гелийдан ҳамда озгина миқдордаги (1% гача) углерод, азот ва кислороддан иборат” деган хулосага келинган. Шунинг учун “Куёш энергияси унинг таркибидаги ядроларнинг синтези, яъни термоядровий реакциялар туфайли ажралади” деган фикр вужудга келган. Термоядровий синтез энергиясини ҳозир амалда Ерда ҳам олиш мумкин. Бунинг учун атом портлаши энергиясидан фойдаланиб моддани (Куёш) юлдузлар ҳароратигача қиздириш мумкин. Водород бомба шундай ясалганки, унда ядронинг портлаши запал тарзида хизмат қилувчи, дейтерий ва третий аралашмасини оний қизишига олиб келиши натижазида термоядровий портлаш содир бўлади. Бу бошқарилмайдиган реакциядан иборатдир.

Бошқариладиган реакцияни амалга ошириш учун иккита шарт бажарилиши керак: биринчидан, термоядровий ёнилғининг ҳарорати шу қадар қиздирилиши керакки, ундаги синтез реакциясида сезиларлик эҳтимоллик билан ошсин. Иккинчидан, синтез реакцияси ажралган энергия моддани қиздириши учун сарфланган энергиядан катта бўлиши керак. Бунинг фақат яхши изоляция шароитидагина имкони бор.

Водороднинг изотоплари — дейтерий ва третийни олиш жуда сингил амалга оширилиши мумкин экан Дейтерий денгиз сувида жуда кўп миқдорда мавжуд. Литийни нейтрон билан нурлаш натижасида сунъий йўл билан третийни олиш мумкин.

Агар ҳарорат 100 миллион градус чамасида бўлса термоядро реакцияни амалга ошириш анча қулай бўлади. Энергияни сақлаб туриш вақти, яъни изоляциянинг сифати масаласига келсак, унда 1 см³ ҳажмдаги плазма ионининг зичлиги 10¹⁴ та га тенг бўлган шароитда 1 секунддан тез бўлмаган вақт ичида сезиларли совимайди.

Иссиқлик изоляцияловчи деворларга плазмани тегишидан асраш (сақлаш) магнит майдон зиммасига тушади. Плазманинг таркиби электрон ва ионлардан иборат бўлганлиги туфайли, магнит майдон уларга бевосита таъсир кўрсатади.

Плазмовий “шнур”дан оқаятган токдан плазмани қиздиришда фойдаланиш мумкин. Плазмани қиздиришнинг бошқа усуллари ҳам мавжуд. Улар жумласига юқори частотали электромагнит тўлқинлар, тезкор зарралар оқими, ёруғлик нури генерацияловчи лазерлар киради. Қиздирувчи қурилманинг қуввати канчалик катта (баланд) бўлса, шунчалик тез мўлжалланган ҳароратга эришиш мумкин.

Ҳозирги замон тезлатгичлари

Атом ва атом ядроси ичида операциялар ўтказиш, ядро зарралари ва уларнинг ассортиментини тадқиқ қилиш мақсадида фойдаланиш мумкин бўлган ягона муносиб асбоб тезлатгичлар ҳисобланади. “Зарядли зарранинг тезлатгичлари” деб шундай қурилмага айтиладики, унда электр ва магнит майдонлари таъсирида катта энергияли зарралар ҳосил қилинади ва катта қийматга эга бўлган бу энергия дастаси бошқарилади.

Ҳар қандай тезлатгич тезлашайтган зарраларнинг типи, унинг эга бўладиган энергияси, зарранинг энергияси бўйича сочилиши ва дастанинг интенсивлиги билан фарқ қилади. Тезлатгичлар узлукли ва узлуксизга бўлинади. Траекториясининг шаклига қараб, тезлатгичлар чизиқли, циклик ва индукцион турларга бўлинади. Чизиқли тезлатгичларда зарраларнинг ҳаракатланиш траекторияси тўғри чизиққа яқин, циклик ва индукционда эса зарралар траекторияси айлана ёки спиралсимон бўлади.

Тезлатгичларнинг баъзи типлари билан танишайлик. Улардан бири — чизиқли резонанс тезлатгичлардир. Зарядли зарраларнинг ўта юқори частотали ўзгарувчан электр майдон, зарралар ҳолатига (монанд) синхрон ўзгарувчи электр майдон ёрдамида тезлатиш амалга оширилади. Бундай усулда протонлар 800 МэВ (Лос-Аламос, АҚШ)га қадар, электронлар эса 20 ГэВ ($1\text{ГэВ}=10^9\text{эВ}$) га қадар (Стенфорд, АҚШ) тезлатилди.

Циклотрон. Зарядланган зарранинг айланиш даврини бир жинсли магнит майдонида унинг тезлигига боғлиқ эмаслиги циклотрон деб аталувчи зарядланган тезлатгичга асос қилиб олинган.

Унча катта бўлмаган (10^5В) ўзгарувчан кучланиш манбаига эга бўлиб, циклотрон ёрдамида протонларни 25 МэВ тартибдаги энергиягача тезлатиш мумкин. Нисбатан катта энергияларда протонлар массасининг тезликка боғлиқлиги намоён бўлади — айланиш даври орта боради ва натижада зарранинг ҳаракати билан тезлашувчи майдоннинг ўзгариши орасидаги синхронлик бузилади.

Синхронликнинг бузилишидан қутилиш ва юқори энергияли зарраларни олиш учун дуантларни таъмирловчи кучланиш частотасини ёки магнит майдони индукцияси ўзгарувчан қилинади. ҳар бир порция заррани тезлатиш жараёнида шу тезлатишга мос келувчи тезлатгич кучланиш частотаси камаювчи бўлган асбоб фазатрон (ёки синхроциклотрон) деб аталади. Частотаси ўзгармайдиган магнит майдони индукцияси эса m/V нисбатни ўзгармас сақлаган ўзгарадиган асбоб синхротрон деб аталади.

Синхрозатрон деб аталадиган тезлатгичда ҳам тезлатувчи кучланиш частотаси, ҳам магнит майдони ўзгаради. Синхрофазатронда тезлатувчи зарралар спирал бўйича эмас, балки ўзгармас радиусли айланавий траектория бўйлаб ҳаракатланади. Зарранинг тезлиги ва массаси орта борган сари магнит майдони индукцияси шундай ортиб борадики, зарранинг айланиш траекториясининг радиуси ўзгармай қолади. Тезлатувчи кучланиш зарранинг ҳаракати билан синхрон бўлиши учун ушбу кучланиш частотаси тегишли қонун бўйича ўзгарадиган қилинади.

Ҳозирги вақтда элементар зарраларни тезлатувчи энг қувватли тезлатгич — протон синхротрон — 1967 йилда собиқ СССР да Юқори энергиялар физикаси институтида ишга туширилди. Унда протонлар 76 ГэВ энергиягача тезлатилди. 1978 йилда

эришилган максимал энергия 500 ГэВ ни (Ботейвия, АҚШ) ташкил этди. Серпухов яқинида режалаштирилаётган синхрофазатроннинг энергияси 3000 ГэВ га мўлжалланган (қурилманинг диаметри 6000 м чамаси) эди. Жуда катта энергияга мулжалланган синхрофазатронлар кўп босқичли принципда қурилади; чизиқли тезлатгич, ундан кичик синхрофазатронга (буатерга) унда у ўртача энергияга қадар тезлатилади ва катта синхрофазатронга киритилади. Бундай схема тезлатгичнинг интенсивлигини оширишга ва конструкциясини оптималроқ қилишга имкон беради. Шундай катта, яъни ўн, юз, ҳаттоки минглаб ГэВ (гигаэлектронвольт $1\text{ГэВ}=10^9\text{ эВ}$) ли, миллиард ва триллион эВ энергияга эга бўлган зарралар материя тузилишини фундаментал тадқиқ қилишда қўлланилиб, бу соҳанинг “юқори энергиялар физикаси” дейилиши ҳам бежиз эмас, албатта.

Агар катта энергияга мўлжалланган тезлатгичлар, худди телевизион трубкага ўхшаб чизиқли қилинганда эди, у бир неча километрга чўзилган бўлар эди. Шунинг учун тезлатгичлар ҳалқасимон қилиниб, тезлатувчи электр майдон қисмини зарранинг жуда кўп ўтишга мажбур этилади. Зарранинг энергияси қанчалик катта бўлса, уни магнит майдон ёрдамида буриб уларни айланавий траектория буйича ҳаракатлантириб юбориши шунчалик қийин бўлади. Бунинг учун жуда катта магнит майдон керак бўлади. Бундан ташқари, дастадаги бир хил зарралар бир-биридан итарилади, шунингдек, тезлатгичнинг вакуум трубасидаги қолдиқ атмосферадан зарраларнинг сочилиши ҳам содир бўлади. Шунинг учун буровчи магнитлар билан бир қаторда, зарраларни сиқиб ингичка даста шаклига келтирадиган фокусловчи магнитлар ҳам керак бўлади. Ҳозирги замон тезлатгичларининг максимал энергияси магнит системанинг нархи ва ўлчами қанчалик ақл бовар қиладиган даражадалигига боғлиқ. Ҳақиқатдан ҳам магнит системанинг ўлчами катта ва бесўнақай бўлса, нархи ҳам худди шунга монанд бўлади.

Тезлатгичлар энергиясини ошириш учун қўзғалмас нишон ўрнига тезлатилган қарама-қарши (рўбарў) зарралар дастасидан фойдаланиш мумкин. Тезлатгичларни худди шунга мос жойлаштирилган даста энергиясидан самарали фойдаланиш имконини беради. Бундай қарама-қарши дастали ҳозирги замон тезлатгичлари коллайдерлар деб аталади. Дунёда ҳозирда бир неча коллайдерлар мавжуд. Улар АҚШ, Германия, Япония ва Швейцарияда ва Европа ядро тадқиқотлари ташкилоти

(Церн)да жойлашган. Ўн йилдан кейин Женевада зарядланган зарраларнинг энг катта тезлатгичи — катта адрон коллайдери ишга тушади. У Швейцария билан Франция чегарасидаги 27 километрли ер ости туннелда жойлашган. Ҳозирда тасаввур этиб ҳам бўлмайдиган зарралар тўқнашуви энергияси (10 триллион электрон-вольт) туфайли ядро ичида зарраларнинг ўзаро таъсирлашувининг чуқур механизмлари тўғрисида ҳозирда етишмаётган маълумотларни олишга физиклар умид боғлаяптилар. Бу бир-бирига зид бўлмаган олам манзарасини яратишга асос бўлади.

Структуравий таҳлил

Рентген нурларининг кристаллардан ҳосил бўладиган дифракциясининг иккита тадбиқи бор. Ундан рентген нурларининг спектрал таркибини текширишда ва кристалларнинг тузилишини текширишда фойдаланилади. Бу рентгенаструктуравий таҳлил дейилади. Рентгенаструктуравий таҳлил кристаллар атом панжарасининг шаклини “кўриш” имконини ва ҳаттоки уни ташқи шароитнинг таъсирига қараб ўзгаришини кузатишга имкон берди. Яқинда моддада нейтронларнинг сочилишига асосланган моддани ўрганиш усули яратилди, ривожлантирилди, мукаммаллаштирилди.

Нейтронларни сочилиш қонунларини тадқиқ қилишдаги энг муҳим ишлар суюқлик ва қаттиқ жисмларни ўрганишнинг принципиал янги усули структуравий нейтронографияни яратгани учун — Швеция қирол илмий академияси 1994 йилда америка физиги К.Шалл ва Канада тадқиқотчиси Б.Брокгаузерлар Нобел мукофотига сазовор бўлдилар. Структуравий нейтронография ҳар бир атомнинг ҳатти-ҳаракатини кузатиш имконини берди.

Нейтроннография — ядро физикасининг кейинги пайтдаги энг катта муваффақиятларидан биридир. У фақат физика учун эмас, балки кимёвий ва биологик объектлар билан микроскопик тадқиқотлар ўтказишга жуда кенг имкониятлар очиб берди.

Демак, мазмуни жиҳатидан физик усул бўлган нейтронографиянинг бундай кўп қиррали қўлланиши ҳозирги замон табияшунослигининг турли соҳалари-кимё, биология, физика ўзаро бир-бири билан боғланганлигидан далолат беради.

Синов саволлари

1. Коинот қандай тузилган?
2. Метагалактика нима?
3. Юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси нима?
4. Коинотнинг ўзташқилланишининг концепцияси нимада?
5. Ривожланишнинг табиий-илмий концепциясининг мазмуни белгилаш учун қўлланиладиган учта критерийни айтинг.
6. «Катта портлаш» концепциясининг мазмуни нимада?
7. Ҳозирги тасаввурга кўра материянинг қандай қуринишларини биласиз?
8. Бугун олам тортилиш қонунига таъриф беринг.
9. Ҳозирги замон тасаввурига кўра нисбийлик принципи қандай таърифланади?
10. Махсус нисбийлик назарияси постулатларига таъриф беринг.
11. Сақланиш қонунлари фазо ва вақтнинг қайси хусусиятларидан келиб чиқади?
12. Ньютоннинг классик концепциясининг мазмуни нимада?
13. Молекуляр-кинетик назариянинг асосий ҳолатларига таъриф беринг.
14. Термодинамика қонунлари ҳақида маълумот беринг.
15. Коинотнинг иссиқлик ҳалокати муаммосининг мазмуни нимада?
16. Яқиндан ўзаро таъсирлашув концепциясининг мазмуни тушунтиринг.
17. Квант назариясига биноан майдон дискретми ё узлуксизми?
18. Майдоннинг электромагнит назарияси қачон ва ким томонидан яратилган?
19. Ёруғлик тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланиш таърихи ҳақида қисқача маълумот беринг.
20. Ёруғликнинг тўлқин хусусияти қандай ҳодисаларда намоён бўлади?
21. Ёруғликнинг тўлқин ва квант хусусиятини тасдиқловчи ифодаларни ёзинг.
22. Атом моделлари ҳақида маълумот беринг.
23. Бор постулатларига таъриф беринг.
24. Спектр қонуниятлари ҳақида маълумот беринг.

25. Ноаниқлик принципининг мазмуни нимада?
26. Тўлдирувчанлик принципига таъриф беринг.
27. Нөрелятивистик квант механикасининг асосий тенгламаси қачон ва ким томонидан яратилган?
28. Микрожараёнлар учун сабабият принципининг мазмуни нимада?
29. Элементар зарраларнинг асосий тавсифларини айтинг.
30. Антитарраларнинг мавжудлиги қачон ва ким томонидан айтилган?
31. Атом ядроси қандай зарралардан таркиб топган?
32. Кваркавий гипотеза қачон ва ким томонидан таклиф этилган?
33. Оғир ядроларнинг бўлиниш реакцияларини қисқача тавсифланг.
34. Термоядровий синтез нима? У қандай ҳароратда содир бўлади?
35. Ҳозирги замон тезлатгичларининг тавсифларини айтинг.
36. Структуравий нейтронографиянинг мазмуни нимада?

ТАБИАТНИНГ КИМЁВИЙ ТАВСИФИ ВА УНИНГ МУАММОЛАРИ. КИМЁ ФАНИДА БИЛИШ КОНЦЕПЦИЯСИ ВА УНИНГ УСУЛЛАРИ

Маълумки, кимё кимёвий элементлар ва уларнинг ўзаро боғланишлари ҳақидаги фан бўлиб, табиатни ўрганишда табиатшунослик фанининг асосларидан бирини ташкил этади.

Кимёвий концепция жуда қадимий бўлиб, натур философия асосчилари ҳисобланган Демокрит, Эпикурлар моддаларнинг атомларидан таркиб топганлиги ҳақидаги ғояни илгари сурган эдилар. Фан тараққиётининг барча даврларида физика фани билан биргаликда табиат ҳодисаларининг янги-янги қонуниятларини очиб бера бошлайди. Масалан, XVII асрда моддаларнинг оксидланиш ҳодисалари, XIX-XX аср чегараларида моддаларнинг кимёвий тузилиши назариясини ўрганувчи — структуравий кимё пайдо бўлди. Бу даврда органик моддаларнинг технологияси яратилди. Натижада оғир индустрия машиналари учун мустақкам металллар ишлаб чиқарила бошланди.

Шундай қилиб, табиатда мавжуд бўлган моддаларнинг боғланишларини ўрганиш ёрдами билан, унинг сирларини тушуниш, уни тараққий эттириш билан янги чидамли моддалар яратилди.

XIX аср ўрталарида тирик табиат кимёвий усуллар билан ўрганилиши натижасида биологик тараққиёт йўналишлари очилди. Янги тирик организмлар тадқиқ қилинди, турли касалликларнинг олдини олиш имконияти пайдо бўла бошлади.

Кимёвий концепция барча катализ, хусусан ферментология йўналишлари оддий кимёвий катализга олиб келади. Жумладан қуйидаги асосий ҳолатлар: биокатализ билан катализ орасидаги, ферментлар билан катализаторлар орасидаги ўхшашликлар; ферментларда турли қийматли икки хил компоненталар—актив марказлар ва ташувчиларнинг мавжудлиги; кимёвий кинетика қонунларининг биокатализларга қўллаш кабилар ўрнатилади.

Шунингдек, кимёвий концепция атроф муҳитни муҳофазалаш CO_2 қобиқни сийраклаштириш, тирик организм-

лар йўқолишининг олдини олиш, янги энергия манбаларини ишлаб чиқариш каби кўпгина йўналишларни ишлаб чиқаришга кўмак беради.

Кимёвий ва физик жараёнлар ва уларнинг қонуниятлари

Материя ҳолати ва унинг хоссалари бир неча миқдорий катталиклар, уларнинг ўзгаришлари билан тавсифланади. Материянинг бирор ҳолати эса маълум миқдорий катталикларнинг бирор вақтдаги ўзгармас қиймати билан ифодаланади (масалан, идеал газ ҳолати ҳажм, ҳарорат, босим, масса ва модда миқдори билан). Бундай катталикларнинг ўзгаришлари эса жараён деб аталади. Жараёнлар «микро», яъни қисқа вақтда содир бўладиган ва «макро», яъни узоқ муддатда содир бўладиган жараёнлардир.

Макрожараёнлар микрожараёнлардан ташкил топади.

Барча жараёнлар материя таркибига кирувчи микроэлементларнинг ўзгаришлари билан боғлиқдир.

Микроэлементларнинг ўрин алмашуви ёки боғланишларнинг ўзгариши, баъзан ҳар иккала ўзгариш билан боғлиқ бўладиган жараёнлар шартли равишда кимёвий жараёнлар деб аталади. Бундай жараёнларда кўпинча уч хил зарралар — молекулалар, ионлар, эркин радикаллар иштирок этадилар.

Маълумки, молекула ўзида кимёвий хусусиятларни сақлаб қолувчи модданинг энг кичик нейтрал заррасидир. Бир атомли, икки, уч ҳам кўп атомли молекулаларни учратиш мумкин. Табиатда мингга яқин атомлардан ташкил топган молекулаларни ҳам учратиш мумкин. Бундай молекулалар, яъни биомолекулалар биосферада кўп тарқалган.

Ионлар ортиқча электронларга эга бўлган ёки электронлар сони камроқ бўлган атомлар ёки кимёвий боғланган атомлар гуруҳи бўлиб, мусбат ёки манфий заррага эгадирлар. Моддаларда, доимо мусбат ва манфий ионлар (зарралар)нинг сони тенг бўлади.

Эркин радикаллар тўйинмаган валентликка эга бўлган зарралар бўлиб, реакция хусусияти юқори бўлган зарралардир. CN_3 , NH_2 молекулалар радикалларга мисол бўла олади, улар эркин ҳолда узоқ яшай олмайди. Айниқса, юқори ҳароратда (масалан кўёш атмосферасида) яшай оладиган зарралар радикаллардир (CN , OH , CH).

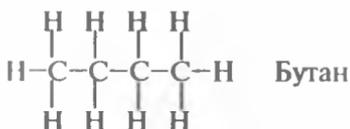
Модда таркибига кирувчи ҳар қандай зарралар ҳолатларининг ўзгаришлари билан боғлиқ бўлган жараёнлар физик жараёнлар ҳисобланади. Масалан, зарралар тезлигининг ўзгариши иссиқлик жараёнлари, зарядли зарралар ҳолатининг ўзгариши билан боғлиқ бўладиган жараёнлар электромагнит жараёнлар деб юритилади.

Молекулалар. Кимёвий боғланишлар. Юқорида кўрсатилгандек, молекулалар бир ва бир неча минглаб атомлардан ташкил топган бўлиб, улар турлича структуравий боғланишларга эга бўладилар.

Масалан:

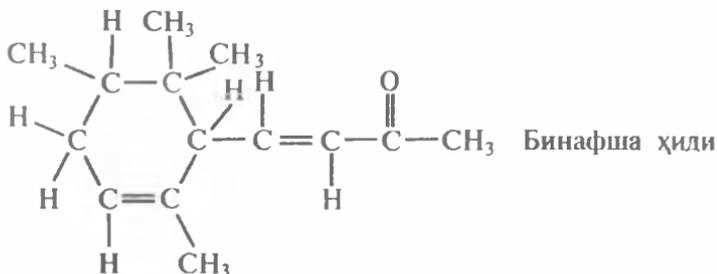
$\text{H}-\text{H}$ – Водород

$\text{H}-\text{O}-\text{H}$ – Сув молекуласи



$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ пропанол

$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ пропан



Кристалл қаттиқ жисмларда молекулалар кристалл панжара кўринишида бўлиб, унинг тугунларида атомлар, ионлар ўрнашган бўлади.

Бир хил зарралар орасидаги масофа кристалл панжара доимийси деб аталади.

Шунингдек, молекулалар биологик кристаллар деб аталувчи, биологик макромолекулалар (оқсил, нуклеин кислоталар, вирус-

лар) дан ташкил топган бўлиб, улар 1000, 10000, ҳатто миллиардлаб молекулаларга эгадир. Бундай молекулаларнинг ўзига хос хусусиятлари, уларнинг панжараларида макромолекулалардан ташқари, молекулалар орасида эритмалар ҳам мавжуд.

Жадвалда баъзи кристаллар элементар ячейкаларининг хусусиятларидан намуналар келтирилган.

№	Моддалар турлари	Кристалл панжара доимийси, $\frac{o}{A}$	Элементар панжарадаги атомлар сон	Мисоллар
1	Кимёвий элементлар, оддий бирикмалар	5-8	> 10	H ₂ O ₂
2	Неорганик бирикмалар.	5-15	100 гача	H ₂ O CH ₃ Al ₂ O ₃
3	Мураккаб органик бирикмалар	20-30	1000 гача	
4	Оқсиллар	100-200	10 ³ -10 ⁵	
5	Вируслар	2000 гача	10 ⁶ -10 ⁹	

Кимёвий боғланишлар

Кристалл панжарадаги зарралар боғланишининг физик ва кимёвий хусусиятларига кўра бир неча турларга бўлинади: ион боғланиш, атом боғланиш, ковалент боғланиш, металл боғланиш ва ҳ.к.

Зарраларнинг ионли боғланиши ион кристалларида учрайди. Бундай кристалл тугунларида мусбат ва манфий ионлар жойлашган бўлиб, уларни тутиб турувчи кучлар электр тортишиш ва итариш кучларидир. Зарядлари турли ишорада бўлган ионлар, бир хил ишорада бўлганларига қараганда бир-бирларига яқинроқ жойлашган бўлади. Шунинг учун ионлар орасидаги тортишиш кучи итариш кучига қараганда каттароқ бўлиб кристалл панжараларнинг турғунлиги таъминланади.

Ион боғланиш эриш ҳарорати юқори бўлган қаттиқ кристалларда бўлиб, мустақкам боғланишни ҳосил қилади. Ион боғланишли кристалларнинг эриган ҳолатлари яхши ўтказгич вазифасини ўтайди. Магнит ва оптик хусусиятлари эса модда таркибига кирувчи элементларнинг хусусиятлари билан белгиланади. Ион боғланишли структура кўпинча металл ва металлмаслар, галоген атомлари боғланишидан ҳосил бўлади (масалан NaCl, KCl, NaF ва бошқалардан).

Ковалент боғланиш дейилганда икки қўшни атом валент электронларининг ўзаро жуфтлашуви натижасида юзага келувчи тортишиш кучини тутиб туриши тушунилади.

Ковалент боғланишга асосланган кристалл панжара тугунларида нейтрал заррачалар — атомлар жойлашадилар.

Ковалент боғланиш икки хил бўлади:

1. Қутбсиз ковалент боғланиш. Қутбсиз ковалент боғланиш бир жинсли атомлар ўзаро бирикишидан ҳосил бўлади (масалан: H_2 , O_2 , Cl_2 ва бошқалар).

2. Қутбли ковалент боғланиш. Қутбли ковалент боғланиш ҳар хил атомлар ва ҳар хил молекулалар орасида ҳосил бўлади.

Қутбли ковалент боғланишда электрон жуфт электроманфийлик хоссаси кучли бўлган томонга силжиган бўлади (масалан: HCl , H_2S , NH_3 ва бошқалар).

Ион ва ковалент боғланиш етарлича кучли боғланишлар ҳисобланади. Уларнинг боғланиш энергияси (100-500) кЖ/моль га тенг.

Молекуляр ўзаро таъсирга асосланган кристалл панжара тугунларида нейтрал молекулалар жойлашади.

Бундай боғланиш молекуляр ёки Ван-дер-Ваальс боғланиши деб аталади ва қисилган, яъни юқори босимли газларда модданинг суюқ ва газсимон ҳолатларида учрайди. Кўпинча органик кристаллар, нафталин бунга мисол бўлади. Молекуляр боғланишга эга бўлган моддалар эриш ҳароратининг пастлиги боғланишнинг кучсизлигидан далолат беради (боғланиш энергияси тахминан 42 кЖ/моль).

Металл кристалларида валент электронлар электрон газини ҳосил қилади ва уларнинг кристалл панжара тугунларида жойлашган ионлар билан ўзаро таъсири кристалл панжараларни турғун ҳолатда сақлаш имконини беради.

Кимёвий реакциялар ва уларнинг тезлиги

Моддаларнинг таркиби ва структуравий тузилиши жиҳатидан фарқ қилувчи бошқа моддаларга айланиш жараёни кимёвий реакция дейилади.

Реакцияга киришувчи моддаларни дастлабки моддалар, реакция натижасида ҳосил бўлган моддаларни реакция маҳсулоти деб аташ қабул қилинган.

Кимёвий реакциялар икки босқичда содир бўлади:

1) Активлаштириш — реакцияда иштирок этувчи моддаларнинг боғланишларини ўзгартириш;

2) Реакция маҳсулотларини ҳосил қилиш.

Реакция интенсивлигининг миқдорий тавсифи — унинг тезлигидир.

Вақт бирлигида бирлик ҳажмда содир бўладиган элементар актлар сони кимёвий реакция тезлиги деб аталади. У қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$v_1 = \frac{dn}{Vdt};$$

бирлиги кмол/м³·с ёки

$$v_2 = \frac{dn}{Sdt};$$

бирлиги кмол/м²·с

Баъзан реакция тезлиги деганда реакцияга киришувчи моддалар концентрациясининг ўзгариши ҳам тушунилади, яъни

$$V = \pm \frac{dc}{dt}$$

Кимёвий реакциялар тезлиги реакцияга киришувчи ва реакция маҳсулотларининг табиатига, концентрациясига, ташқи омилларга боғлиқ бўлади.

Кўпинча кимёвий реакциялар тезлиги ҳароратга боғлиқ. Масалан, ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, оддий элементлар (водород, кислород) дан сувни ҳосил қилиш 20°C ҳароратда амалда мумкин эмас, яъни реакциянинг 15% содир бўлиши учун 54 млрд. йил зарур, 500°C да эса 50 минутда, 700°C да бир онда сув ҳосил бўлар экан.

Кимёвий реакцияларни иккинчи ўзига ҳос хусусияти уларнинг қайтар ва қайтмас реакциялар тарзида намоён бўлишидир. Қайтмас реакциялар деб реакцияда иштирок этувчи реагентлар бирор гуруҳини тўлиқ сарфланиши билан содир бўладиган реакцияларга айтилади. Қайтар реакцияларда эса реагентлардан ҳеч қайсиси тўлиқ сарфланмайди. Юқорида келтирилган бу тушунчалардан қайтмас реакциялар фақат бир йўналишда, қайтар реакциялар эса икки — тўғри ва тесқари йўналишда кузатилиши мумкинлигидан далолат беради. Бу фикрларни қуйидаги икки реакцияда кўриш мумкин:

Рух ва концентранган азот кислотасининг ўзаро таъсири қуйидаги реакция кўринишида намоён бўлади.



Рух тамоман кислотада эригандан сунг реакция тўхтайти.
Бу реакция тескари йўналишда содир бўлмайди.

1. Азот ва водород газлари аралашмасидан аммиак олинади,
яъни



Шароит ўзгармаса аммиак азот ва водородга парчаланиши мумкин.

Қайтар реакцияларда дастлаб тўғри йўналишда реакция теълиги v_1 катта, тескари йўналишда v_2 нолга тенг бўлиб вақт ўтиши билан v_1 камая ва v_2 орта боради, маълум вақтда $v_1 = v_2$ бўлиб қолади. Бу жараён кимёвий мувозанат дейилади. Кимёвий мувозанат динамик мувозанат ҳисобланади, чунки бу ҳолда тўғри ва тескари реакциялар давом этади.

Кимёвий мувозанатда $V_1 = V_2$ бўлиб, ташқи омиллар таъсирида ўзгаради ва Ле-Шатели қонунига бўйсунди. Ташқи омилларда реагентларнинг концентрациялари, босим ва ҳароратнинг ўзгаришига сезиларли таъсир этади.

Концентрация ўзгариши билан мувозанатнинг ўзгариши мувозанат силжиши дейилади. Бирор модда концентрациясининг ортиши билан мувозанат шу модданинг сарфланиши томонга силжийди ва аксинча, бирор модда концентрациясининг камайишида эса мувозанат унинг ортиши томонга силжийди.

Шунингдек, босим ортганда мувозанат босим камайиши йўналишида, ҳарорат ортганда эса унинг камайиши йўналишида силжийди.

Шундай қилиб, ташқи омил таъсирида кимёвий мувозанатнинг силжиши ушбу омилнинг камайиши йўналишида содир бўлар экан.

Кимёвий реакциялар қуйидаги бир неча турларга бўлинади.

1) Реакцияга кирувчи моддалар сонига кўра мономолекуляр, бимолекуляр реакциялар кузатилади.

а) Мономолекуляр реакцияларнинг умумий кўриниши



Бу ерда: v -балансловчи коэффицент.

Қуйидаги реакциялар қайтмас мономолекуляр реакцияларга мисол бўла олади:

Азодиметан



Азот (v) оксид
Диметилэфир
парчаланиши



б) Бимолекуляр реакцияларнинг умумий кўриниши:

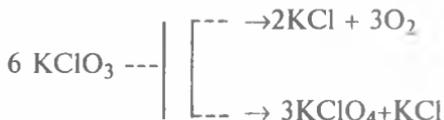


Мураккаб эфирнинг ишқор билан қўшилиш реакцияси бунга мисол бўла олади, яъни:



2) Кинетик механизмга кўра кетма-кет, параллел ва аралаш реакциялар.

Параллел реакциялар жараёнида дастлабки модда икки хил йўналишда реакцияга киришади, масалан, бертоле тузи ўртача қиздирилганда қуйидагича реакцияга киришади:

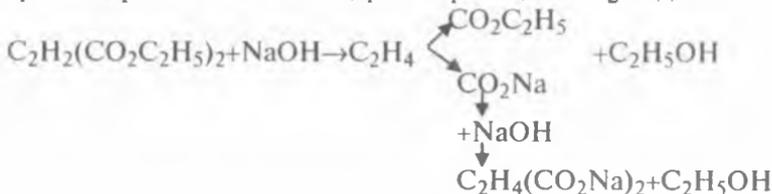


Бундай реакцияларнинг схемаси

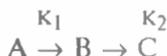


кўринишда ёзилади.

Бири кетидан иккинчиси содир бўлувчи реакциялар кетма-кет реакциялар дейилади, масалан, қаҳрабо кислотасининг натрий гидроксиди билан гидролиз реакцияси қуйидагича:



Бундай реакция схемаси



бу ерда k_1 ва k_2 — реакция тезлиги доимийлари.

3) Кимёвий реакцияларда оксидловчи, қайтарувчи ҳамда оксидланиш ва қайтарилиш жараёнлари кузатилади.

Молекулада кимёвий боғланиш ҳосил бўлишда иштирок этган умумий электрон жуфтани бирор атомга силжитганда ҳосил бўлган заряд (энергия)га элемент атомининг оксидланиш даражаси дейилади. Элемент атомини ўзидаги электрон йўқотишига оксидланиш дейилади. Бунда унинг оксидланиш даражаси ортади ва аксинча.

Элемент атомини оксидланиш даражасининг ўзгариши билан борадиган реакцияга оксидланиш-қайтарилш реакцияси дейилади.

Масалан, $6\text{KNO}_3 + 16\text{Al} + 10\text{KOH} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{NH}_3 + 16\text{KAlO}_2$ реакцияда азот ва алюминийнинг оксидланиш даражаси ўшармоқда.



$\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- = \text{NH}_3 + 9\text{OH}^-$ қайтарилш жараёнларидан ганкил топади.

4) Купинча металмаслар ва метал бирикмалари калий хром, калий дихром (K_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), калий перманганати (KMnO_4) ва ҳ.к.лар металллар соф ҳолда водород, углерод, СО кабилар қайтарувчилар ҳисобланади.

5) Одатда кимёвий реакциялар юқорида кўрганимиздек бирор кўринишдаги энергия алмашинуви билан содир бўлади. Масалан, портлаш тавсифига эга бўлган кимёвий реакцияларда кимёвий энергия механик энергияга (водород билан кислороднинг бирикиш реакцияси), гальваник элементларда кимёвий энергия электр энергиясига ва аксинча, электролиз жараёнида электр энергия кимёвий энергияга ўтади.

Кимёвий реакциялардаги энергия алмашинуви катта амалий аҳамиятга эга. Хусусан реакция жараёнида ажралиб чиққан иссиқлик миқдоридан кенг фойдаланилади.

Ацетилен ёнганидаги энергия ажралиши куйидаги реакцияда ўзифодасини топган: $\text{C}_2\text{H}_2 + 2.5\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} - \Delta H = -1300 \text{ кЖ}$.

Демак, бу реакцияда ҳар бир моль модда учун 1300 кЖ энергия ажралиб чиқар экан.

Электр энергияси ҳосил бўлиши билан кузатиладиган реакциялар, яъни оксидланиш-қайтарилш реакциялари электр энергия манбалари бўла олади. Бундай жараёнга асосланган асбоблар гальваник элементлар ёки аккумуляторлар деб аталади.

6) Реакция кузатиладиган муҳитнинг хусусиятларига кўра гомоген ва гетероген реакцияларга бўлинади. Бир хил фазада содир бўладиган реакциялар гомоген реакциялар деб аталади. Бундай

реакциялар кўпинча газсимон, суюқлик кўринишидаги муҳитларда кузатилади. Гетероген реакциялар эса кўп фазали муҳитларда содир бўлади. Бунга мисол қилиб темирнинг занглашини кўрсатиш мумкин. Гетероген реакцияларининг ўзига хос хусусиятлари мавжуд. Уларнинг ҳолатини қисқача кўриб чиқамиз: а) реакцияларнинг тезлиги реакция маҳсулотларининг концентрациясига боғлиқ бўлиши билан бирга реакция натижасида ҳосил бўлган маҳсулотларни муҳитдан четлатиш, сиртдаги реакция тезлиги ва реакцияга киришувчи моддаларни етказиб туриш босқичларига боғлиқ; б) гетероген реакциялар фақат кимёвий жараён бўлмай, балки адсорбция, дисорбция, кристалланиш, диффузия, фазовий ўзгариш каби жараёнларни ҳам ўз ичига олади; в) мазкур реакция жараённинг, муҳитнинг бирор структуравий элементида – сиртида, ҳажмида, фазалар чегарасида, бирор фаза (суюқлик, қаттиқ, газсимон) иштирокида содир бўлади; г) гетероген реакциялар ностационар жараён, яъни улар вақт бўйича ўзгариб туради.

6. Реакцияларда қатнашувчи заррачаларнинг ҳолатига кўра кимёвий реакциялар – занжир реакциялари кўринишида намоён бўлади. Бундай реакциялар жараёнида реакцияга киришувчи актив моддаларни реакция элементларининг ўзи ҳосил қила боради. Занжирли реакциялар 3 босқичда давом этади:

1. Занжирнинг бошланиши.
2. Занжирнинг тараққий этиши.
3. Занжирнинг узилиши.

Занжирнинг бошланиши билан узилишигача бўлган ҳолати занжир узунлиги деб аталади. Занжирнинг узилиши эса реакция бораётган идишнинг сиртига ва актив бўлмаган моддаларнинг концентрациясига боғлиқ бўлади. Одатда занжир реакциясининг юзага келиши учун дастлабки таъсир – нурланиш, иссиқлик энергиясининг берилиши кабилар бўлиши керак. Занжир реакциясига мисол, водород хлориднинг ҳосил бўлишини кўрайлик:

1. $\text{Cl}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{Cl}^*$
2. $^*\text{Cl} + \text{H}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{H}^*$
3. $^*\text{H} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{Cl}^*$
4. $^*\text{Cl} + ^*\text{Cl} \rightarrow \text{Cl}_2$
5. $^*\text{H} + ^*\text{H} \rightarrow \text{H}_2$

7. Реакцияни тезлаштирувчи омил сифатида бирор модданинг ишлатилиши натижасида каталик реакция намоён бўлади. Бу модда катализатор деб аталади, бу жараён эса катализ жараёни деб аталади. Катализаторлар кузатилаётган шароитда ре-

акцияга кириша олмайдилар, фақат реакцияга киришувчи мод-
да зарраларини активлаштириб беради.

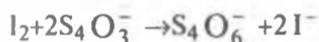
Катализаторлар таъсири 2 хил: тезлигини орттирувчилар,
(улар мусбат катализаторлар) ва реакция тезлигини камайти-
рунчилар (манфий катализаторлар) бўлади.

Юқорида кўрганимиздек кимёвий реакциялар бир неча
босқичда кузатилади. Катализаторлар эса реакцияга киришувчи
элементларни активлаштириш босқичида асосий ўринни эгал-
лайди.

Масалан, тиосульфат ионининг водород перексиди билан
оксидланишида йод катализатор вазифасини ўтайди:



Бунда йоднинг таъсири қуйидаги босқичларда кузатилади:



Бу босқичлар оралиқ моддалар IO^- ва I_2 ҳосил бўлиши билан
тавсифлидир.

Юқорида кўриб ўтилган кимёвий реакциялар ва уларнинг
гуруҳланиши (классификацияси) табиатда содир бўладиган жа-
раёнларнинг моделларда кўринишидир. Уларда яққол сезила-
диган хусусиятлар ўз аксини топган.

Маълумки, табиий жараёнлар жуда мураккаб ва хилма-хил
бўлиб бир-бирлари билан чамбарчас боғланган. Бир ҳодиса
бошқасини келтириб чиқариши мумкин. Шу нуқтаи назардан
табиий жараёнлар жуда мураккаб йўналишда содир бўлади.

Менделеевнинг даврий системаси ва табиатни ўрганишдаги роли

XIX аср давомида барча табиий-илмий тадқиқотлар классик
атомистик назарияни ривожлантириш, мукаммаллаштириш,
тўғирроғи янги назария яратилиши зарурлигини тақозо қила
бошлади. Классик атомистик назариянинг сўнги босқичи эле-
ментларнинг даврий системасини яратилишидир.

1869 йилда Д. И. Менделеев элементларнинг даврий систе-
масини кашф қилди. Олим ўз кашфиётида моддаларнинг икки
асосий томонига — массаси ва кимёвий хусусиятига асосланди.
Масса ортиши билан элементларнинг хусусиятлари, аниқроғи
валентлиги орта боради ва маълум «масофа»дан кейин дастлаб-

ки ҳолатига қайтади. Буни қуйидаги мисолда аниқроқ кузатиш мумкин: литий — енгил металл, ишқорий металллар мажмуасига киради. Ўзининг баъзи хусусиятлари билан натрийни эслатади. Менделеев атом оғирлиги бўйича элементларни жойлаштирганда литий билан натрий орасидаги масофа литийга ҳам натрийга ҳам ўхшамаган 6 та элементдан иборат бўлди. Натрийдан кейин ҳам худди шундай такрорланишдан сўнг ишқорий-металл калий жойлашади. Бундай такрорланиш бошқа элементларда ҳам кузатилар экан. Шундай қилиб, вертикал устунлар — элемент гуруҳлари ва горизонтал қаторлар — даврлар пайдо бўлди.

Ўзининг кашфиётига қаттиқ ишонган Д. И. Менделеев урганилган элементларнинг даврий системасига мувофиқ атом оғирликларини қайта ҳисоблаб ўзгартириб ёзди. Кейинчалик бу ўзгартириш тўғри эканлиги исботланди. Уран, индий, платина, титан шулар жумласидандир. Ўзининг ҳақлигига ишонган олим кобальтни никелдан олдин, теллурни эса йоддан олдин жойлаштирди.

Даврийлик бажарилиши учун баъзан буш катаклар ҳам қолдирилди. Кейинчалик бу катакларга янги очилган элементлар жойлаштирилди. 1875 йилда Лекон де Буабодрак томонидан кашф қилинган галлий, швед кимёгари Нельсон аниқлаган скандий элементи, 1886 йилда Винклер топган германий элементлари шулар жумласидандир. Кейинчалик инерт газларнинг очилиши (1894 йил Рэлей, Рамзай ва уларнинг шогирдлари томонидан) нолинчи гуруҳни қўшишга сабаб бўлди. Шундай қилиб, даврий система янги элементларнинг очилиши ҳақида маълумот берди ва янги кашфиётлар даврий системани тўлдирди.

Даврий системада биринчи даврда водород ва гелий жойлашади. Иккинчи ва учинчи давр 8 тадан элементни ўз ичига олади ва кичик даврлар ҳисобланади. Ундан кейинги 4 ва 5 давр 18 тадан элементни ўз ичига олади. Кейинги 6 давр 32 элементдан иборат бўлди. Бундай мураккаб даврийлик кейинги кашфиётларда ўз исботини топди.

Атом ва ядро структурасининг тадқиқ қилиниши, радиоактивлик ва унинг қонуниятларини кашф этилиши Менделеев яратган даврийликнинг исботи бўлди.

Астрофизика фани бизга, бир қадар маълум бўлган коинотнинг бир жинслилигини исботлади. Моддаларнинг тўлиқ массасини 90% га яқини енгил элемент — водород, 10% гелий, уг-

лероддан неонгача бўлган элементлар 1%, темирга яқин бўлган металллар эса 0,5% ни ташкил қилар экан. Купгина элементлар пайдо бўлиш қонуниятларининг коинот эволюцияси билан боғлиқлиги аниқланди. Ҳарорат эволюциясининг ядро реакциялари билан боғлиқлиги шулар жумласидандир. Дастлабки даврда коинот энергиясининг катта қисмини водороднинг гелийга айланиш реакцияси ташкил қилади, кейинги босқичларда гелийнинг углерод ва кислородга ҳамда нисбатан турғун элемент ҳисобланган темирга айланиш реакцияларини айтиш мумкин.

Атом нурланиш спектрларини ўрганиш, ядровий реакциялар қонуниятлари коинот эволюцияси классик назариянинг ўрнига янги квант назариясининг пайдо бўлишига туртки бўлди. Даврий системанинг мукамаллиги исботланди.

Синов саволлари

1. Модданинг хусусиятларини белгиловчи асосий омилларни айтинг.
2. Моддаларнинг хусусиятини белгилаш усуллари ҳақида маълумот беринг.
3. Модданинг кимёвий тузилиши назарияси қачон ва ким томонидан таклиф этилган?
4. Кимёвий реакциялар ва уларнинг тавсифлари ҳақида маълумот беринг.
5. Кимёвий реакция турларини айтинг.
6. Катализатор ва каталик реакциялар ҳақида маълумот беринг.
7. Элементларнинг даврий системаси қачон ва ким томонидан таклиф этилган?
8. Янги моддалар синтези ҳақида нималарни биласиз?

БИОЛОГИЯ ФАНИНИНГ ПРЕДМЕТИ, СТРУКТУРАСИ ВА РИВОЖЛАНИШ БОСҚИЧЛАРИ¹

Мазкур соҳа мавжудотларнинг турли-туманлиги, тузилиши, функцияси, келиб чиқиши, тараққиёти ва уларнинг бир-бири ҳамда жонсиз табиат билан алоқаси ҳақидаги фанлар йиғиндисидан иборат. Биология ҳаётга хос барча хусусиятлар, жумладан метаболизм, кўпайиш, ирсият ўзгарувчанлик, ўсиш, ҳаракатланиш ва бошқа ҳодисаларнинг умумий ва хусусий қонуниятларини ўрганади.

Ҳозирги замон биологияси олимларнинг кўп асрлик кузатишлари ва тадқиқотларининг маҳсули бўлиб, у XX асрнинг иккинчи ярмида тафсилий йўналишдан экспериментал йўналишга айланган фанлар мажмуасидир.

Жамият тараққиётининг ибтидосидан бошлаб инсоният атроф-муҳитдаги ранг-баранг ҳайвонот ва наботот дунёсини ўргана бошлаган. Бу соҳада олимлар ўсимлик ва ҳайвонот оламини ўрганишда маълум қоида ва қонунлар ишлаб чиққанлар. Уларнинг асарлари антик ва уйғониш даврида (Гиппократ, Арасту, Теофраст) ботаника, зоология, шунингдек одам анатомияси ва физиологиясига асос бўлди.

Ўрта асрларда табиатшунослик фани ривожланишида ўлкамизда Темурий ва Бобурийлар сулолаларига мансуб бўлган олимлар катта ҳисса қўшдилар.

Биологияда гидравлика қонунларининг қўлланиши туфайли қон айланиш юритмаси кашф қилинди (Гарвий). Микроскопнинг ихтиро қилиниши мавжудотлар ҳақидаги билимларни кенгайтди. Ҳужайра назарияси (Шванн), ирсият қонунларининг очилиши (Мендель), биология тарихида Ч. Дарвин таълимоти тирик табиатнинг мақсадга мувофиқ тузилишини материалистик асосда тушунтириб, физика, кимё ва астрономия фанларига ҳам эволюцион таълимотни кириб келишига сабабчи бўлди.

¹ Ушбу мавзу ЎзМУ профессори Валихонов М. Н. томонидан ёзилган.

Биология фанининг тараққиётида оқсил ва нуклеин кислоталарнинг тадқиқ қилиниши муҳим рол ўйнаб мазкур фанни тавсифий йўналишдан экспериментал соҳага айлантирди.

Медицина, қишлоқ хўжалиги йўналишларидаги тадқиқотлардан, саноат чиқиндилари ва табиий ресурслардан самарали фойдаланиш ва табиатни муҳофаза қилиш йўналишида биология катта рол ўйнамоқда. Охирги 15–20 йил ичида биологияда инқилобий ўзгаришлар бўлиб, мазкур фанда физик-кимёвий биология (биокимё, биофизика), ген муҳандислиги, молекуляр генетика, биотехнология) фанлари шаклланди. Ҳозирги кунда биология тирик табиатни ўрганувчи комплекс фанларнинг мажмуасига айланди.

Атроф-муҳитда ҳаёт турларининг турфа хиллигини кузатиш мумкин. Тирикликнинг ҳар хил кўринишларини шимолий, жанубий қутб музликларида, чўл-сахроларда, денгизларнинг, океанларнинг устки ва қоронғу тубларида, баланд атмосфера қатламларида, шўр, кислотали, вакуумли муҳитда, ҳатто реакторларда учратиш мумкин. Она заминимиз ҳаётнинг ҳар хил шаклларига ўта бой бўлиб, улар ўзаро, бир-бирларига мутаносиб – гармония ва мувозанат ҳолатида жойлашиб ҳаёт кечирадилар.

Ҳозирги кунда олимлар томонидан 1 млн. ҳайвон, ярим миллиондан ортиқ ўсимлик, бир неча юз замбруғлар ва уч мингдан ортиқ бактерия турлари аниқланган. Таксономик тадқиқот ишларининг биология фанида бошланганига 250 йил бўлган бўлса ҳам ҳайвонот, наботот ва бошқа жонзот хиллари аниқ бўлмай, уларнинг табиатдаги турлари 3 дан 30 млн атрофида деб ҳисобланмоқда. Юқорида кўрсатилган ранг-баранг ҳаётнинг асосида албатта тириклик белгиси ётади. Тириклик ўзи нима? Ўлик табиатдан қандай фарқ қилади? Шундай фалсафий муаммони ечишда молекуляр биология нуқтаи назаридан ҳозирги кунда тириклик таърифига қониқарли таъриф бериш мумкинми? Ташқи кўринишидан ўлик ва тирик jismlарни бир-бирларидан осонлик билан фарқлаш мумкин. Ҳаёт оқсилларнинг яшаш шакли деган таърифга ҳаммамиз ўрганиб қолганмиз. Энгельс бу таърифни берганда оқсиллар ҳақидаги маълумот жуда кам эди. Улар алоҳида ажратиб олинмаган, структура ва функциялари ҳали номаълум эди. Энгельс мос оқсил дейилганда олимларнинг фикрича у ҳужайрани кўз олдига келтирган. Генетик ахборотни ташувчи нуклеин кислоталарни очилиши ва уларнинг структураларини ўрганиш асосида ҳаёт нуклеопротеинларнинг яшаш шакли деб

нала бошланди. Лекин бозордаги гушт таркибида нуклеопротеинлар етарли миқдорда, аммо улар тириклик гавҳаридан маҳрумдирлар.

Оқсил ва нуклеин кислоталарнинг макромолекулалари ҳужайра таркибида ўз ҳаётий белгилари ҳали тулиқ аниқланмаган муҳитда намоён этади.

Ҳаёт — ташқи муҳит билан доимий равишда модда алмашиш хусусиятига эга бўлиш демакдир. Масалан, тирик сичқон ёки ёниб турган шам ташқи муҳит билан модда алмашиниш хусусиятига эга. Сичқон нафас олишида, шам эса ёниш жараёнида ютиб карбонад ангидрид чиқарадилар. Демак, нуклеопротеин ва модда алмашинуви тириклик мезони бўла олмайди. Шифокорлар тирикликни нафас олиш, юрак фаолиятига қараб белгилайдилар. ҳозир шундай машиналар борки, улар ўпка ва юрак функцияларини ўз зиммаларига ола оладилар. Ўпка ва юрак функциясини машина бажараётган беморни ўлган десак бўладими? Тирик одам деб сезувчи, фикрловчи ва шу аснода рационал қарорларга келувчи шахсни биламиз. Лекин руҳий хаста ёки ўта бемор, кома ҳолатдаги одамни ўлик деб бўладими? Демак, ҳамма одамларга тегишли ҳаётий белгиларни аниқлаш анча мураккаб масала экан.

Ўсимликларнинг уруғлари, замбуруғлар, сув ўтлари, лишайниклар, шунингдек бактерияларнинг спорали унлаб, баъзи даврларда юзлаб йиллар давомида ҳаётий белгилари сезилмай тураверади. Шароит мос келиб қолса тириклик белгиси намоён бўлиб қолади. Тинч ҳолатдаги спораларни ўлик деб бўлмайди. Тириклик белгиси ўсиш ва кўпайишдан иборат дейилади. Лекин вулқонлар, музликлар, кристаллар ҳам ўсади. Айрим гибридлар, жумладан хачирлар ва қари ҳайвонлар кўпайишга қодир эмаслар, уларни ўлик деб бўлмайди. Эволюция назарияси бўйича тириклик билан ўлик ўртасида чегара ҳали аниқланмаган. Эволюциянинг маълум поғонасида ўлик материя тирик ҳолатга айланган. Бунинг қандай содир бўлганини ҳеч ким исботлай олган эмас. Дарсликларда ҳаёт материя ва энергиядан иборат бўлиб, ҳаёт ҳам шу унсурларнинг тадрижий маҳсули деб қаралади. Лекин материя ва энергияга боғлиқ бўлган тирикликнинг элементлари — энг содда шакли ҳали аниқланган эмас.

Ҳаётий жараёнларни математик нуқтаи назардан таҳлил қилган, Нобель мукофотининг икки марта совриндори, биоэнергетика фанининг асосчиси, АҚШ биокимёгар олими Альберт Сент-Дьёрдьи биологик фаолиятни $2+2>4$ тенгламаси билан таърифлайди. Ташқи кўринишдан бу тенглама, албатта

мишқиқсиз ва маъносиз кўринади. Олим ҳаётни таркибий қисмларга ажратиб, уларни алоҳида ўлчаш ва тавсифлаш мумкин эмас, деган ғояни илгари суради. Ҳаёт ўзининг таркибий йиғиндисидан юқори ва кўпдир, ҳаёт ва дунёни ўлчашга бугунги кунда фан қодир эмас, дейди олим. Ҳаётнинг асосини ташкил қилувчи молекулаларни тадқиқ қилиш билан ҳаётий моҳиятни билиб бўлмаслигини таъкидлаб, молекулаларнинг ўшари ҳаётий фаолияти йўқ аорганик бирикмадир. Сент-Дьёрдьи ҳаёт моҳиятини билишда шундай ўхшатиш қилади. Мураккабликдан соддаликка, яъни организмдан ҳужайрага, ҳужайрадан бактерияга, бактериядан молекулага, молекуладан элементар заррачаларга ҳаракат қилсак, молекулалар ва элементар заррачалар ҳаётий белгилари йўқ ашёлардир. Олим ўз сўзини давом этдириб; «Мен ҳаёт моҳиятини тадқиқ қилаётганимда у панжаларим орасидан чиқиб кетди» дейди.

Ҳар қандай одам ўлик билан тирикни ажрата олади, лекин ҳамма биологлар мазкур саволга етарли жавоб бера олмайдилар. Бу муаммонинг мураккаб бўлишига қарамай охириги йилларда олимлар ҳаётга нисбий, қуйидагича таъриф бермоқдалар. Ҳаёт — энергия сарфланишини фаол амалга ошиши билан, специфик структурали системани мунтазам, турғун ҳолатда сақлайдиган ва кўпайишни таъминлайдиган юритмадан иборат.

Фаол ҳолатда кўпайиш — структурали система ўз-ўзини ва бир бутунлигини сақлашда ташқи муҳитдаги элементлардан фойдаланиш ва бу жараён энергия ҳисобига содир бўлиши тушунилади.

Специфик структура дейилганда ҳар бир организм ўз структурасига эга бўлишидир. Бегона структурани ҳужайра ёқтирмайди, уни бузиб, сўнг қурилиш ашёси сифатида ишлатади. Мазкур ғоя яна давом этиб организм — ҳаёт ўзига хос тартибни ўз-ўзидан яратиб, ўсимлик ёруғликни квант ҳолатда, ҳайвонлар эса озиқа сифатида оксидловчи бирикмаларни қабул қиладилар. Фотосинтез ва нафас олишда ажралган энергия ҳисобига тартибли, специфик структурали ҳаётий системалар ҳосил бўлади

Материя таркибланишида биологик босқичларнинг ўзига хослиги

Материя таркибланишининг биологик сатҳлари микро ва макро элементлардан ташкил топгандир. Бу сатҳлар ҳақида, яъни уларнинг ҳолатлари, кетма-кетлиги қандай эканлиги кат-

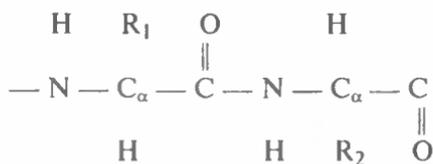
та муаммо бўлиб, унинг ечими турлича талқин этилади. Масалан, I фикр: а) ўз-ўзини ташкил қилувчи комплекслар; б) биомакромолекуляр; в) тўқималар; г) организм. II фикр: а) Тирик молекула; б) ҳужайра; в) организм; г) тур; д) биоценоз; е) биосфера. III фикр а) организм; б) популяция; в) биоценоз; г) биосфера кабилар. Биз биологик фанлар томонидан ишлаб чиқилган йўналишларини кўриб чиқамиз. Улар қуйидагича:

1. Молекуляр сатҳ 2. ҳужайралар; 3. Тўқималар; 4. Органлар; 5. Организм; 6. Популяция ёки турлар; 7. Биогеоценостик; 8. Биосфера.

Молекуляр сатҳ актив макромолекулалардан, яъни оқсиллар, ферментлар, нуклеин кислоталар, углеводороддан таркиб топган бўлиб, ўзида ирсий белгиларни ва улардан наслдан-наслга ўтиши ҳақидаги ахборотларни сақлайди, генетик назорат ўрнатади оқсилларни синтез қилади ҳамда тирик организмларни ўз-ўзини ривожлантириш, ўз-ўзини тиклаш каби функцияларни бажаради.

Биологик макромолекулаларнинг молекуляр массаси 10^4 - 10^6 ва ундан ортиқ дальтонни ташкил этди. Уларнинг иккинчи ўзига хослиги шундан иборатки — улар гетерополимерлардир.

Оқсилларнинг ҳам, нуклеин кислоталарнинг ҳам кимёвий тузилишининг асоси бир жинсли чизиқли полимер занжирлардан таркиб топган бўлиб, ҳар бирига мономер звенодан тарқалувчи (давом этувчи) ҳар хил сортли бир қанча ёндош радикаллар қўшилган бўлади. Диққат эътиборни биз кейинчалик оқсилларга жалб қиламиз. Оқсилнинг полимер занжири - полипептид занжир қуйидаги тузилишга эга:



R_1 , R_2 — ёндош радикаллар бўлиб, 20 дан ортиқ турга эга булиши мумкин. Улар тузилиши жиҳатидан оддий бўлиб, таркибида 4 водороддан ташқари яна атомга (0 дан 10 гача)эга, нисбатан бой функционал гуруҳлар тўпламини ўзида мужассамлаштирган — гидроксиллар, карбоксиллар, аминогуруҳлар, қисқа углеводород занжир ва ароматик ҳалқадан ташкил топган. Оқсиллар биосинтези матрицавий тавсифга эга. Генетик

текст «терилган» “матрица” — инфор­мацион рибонуклеин ки­слота (РНК) — қатъий аниқ, аммо ҳар бир оқсил учун турли кетма-кетликдаги мономер звен­о­лар — аминокислота қол­диқларини беради. Оқсиллар­нинг кимёвий тузилишининг ре­жаси ягона бўлишига қарамай, улар ҳайрон қоларли хилма-хил­дир. Айниқса, го­ятда ёрқин ифодаланган иқтисослашганлиги билан бир­галикда, уларнинг функцияла­ри­нинг хилма-хиллиги жуда ҳам ҳайрон қоларлидир. Турли ка­та­литик функцияга эга бўлган оқсил­лар ферментлар деб атала­ди. Бундай оқсиллар жуда кенг ас­сор­ти­ментга эга. Яна озуқа ва энер­гия ташувчи, органлар фаолияти­ни тартибга солувчи (ре­гу­ляцияловчи) оқсилларни ҳам эс­лай­лик. Оқсиллар бажаради­ган бундан бошқа жуда кўп функ­циялар мав­жуд. Оқсилларнинг бошқа принци­пал муҳим хусусияти шундан иборатки, ҳар бир индивидуал оқсил тамомила аниқ фазо­вий структурага эгадир.

Катта ёшдаги одамнинг органи­зми тинч ҳолатда бир сутка­да 600 л кислород сарф қилади. Туқималарга кислородни қон ет­казиб беради. Агар кислороднинг қон­даги кон­центрацияси худ­ди сувли эритмадаги каби бўлса, у ҳолда органи­зми зарур миқдордаги кис­лород билан таъминлаш учун қон­ни томирлар буйлаб жуда катта тезлик — (10-20 л/с) билан ҳайдаш керак бў­лади. Қонда кис­лороднинг танлаб боғловчи ге­моглобилин оқ­си­ли­нинг мав­жудлиги ту­файли кис­лородни қон­даги кон­цен­трацияси тах­минан 30-50 марта ор­тади. Бизнинг қонимиз мас­са­сининг 20% ини ге­моглобилин таш­кил этади. Бундай кон­цен­трацияга эга бўлган исталган оқ­сил эрит­масининг епишқоқлиги сув ёпишқоқ­ли­гидан 100 марта­лаб каттадир. Агар қон бундай ёпишқоқ бўлганда эди, у органи­змда ўз функ­ция­сини бажара ол­маган бўлар эди. Аммо тар­ки­би­да жуда кўп оқсилни сақла­шига қарамай ге­моглобилин эри­тро­цитга «уралган­ли­ги» ту­файли қон­ни реал ёпишқоқ­ли­ги ан­ча паст. Шунинг на­ти­жасида у яхши гид­ро­ди­намик сифатга э­га­ли­ги учун қон ташув­чи тизим­нинг исталган со­ҳаси орқали унга ен­гил ва тез ўтиш им­ко­ния­ти ту­гил­ади. Эритроцитларда ҳужайра ичи структураларининг бар­часи амалда йўқ. Эритроцит­нинг бар­ча ҳаётий жараён­лари ци­то­плазмада эриган фер­ментлар­нинг биокимёвий ре­ак­ция­лари билан таъ­мин­ланади.

Эритроцит тинч ҳолатда ик­ки ёқлама ботиқ дис­кдан иборат бўлиб, диаметри — 8 мкм, мар­каз­да­ги қалин­ли­ги 1 мкм, дис­к­нинг гардиши буйлаб эса 2 мкм га тенг. Катта қон томирлар­да эритроцитлар тангалар устуни деб аталувчи дасталарга тах-

ланади. Улар концентрик торсимон структурани ҳосил қилади, бундай дасталар томир йўли бўйлаб думалай бошлайди. Шунинг натижасида гидродинамик қаршилиқ ҳам камаяди. Эритроцитларнинг деформацияланувчанлиги ҳайрон қоларли даражада. Капилляр бўйлаб ҳаракатланганда эритроцит тола гарзида чўзилиши мумкин. Унинг узунлиги нормал ҳолатда эритроцит дискиннинг диаметридан бир неча марта катта бўлиши, ингичка тешиқ орқали ўтганда гантел шаклини эгаллаши, каналнинг шаклига мос равишда эгилиб ўтиши ҳам мумкин.

Биз юқорида биомолекулалардан бири ҳамда асосийси ҳисобланган оқсиллар ҳақидаги маълумотларни кўриб чиқдик. Биомолекуларнинг функциялари турли тумандир. Уларни ўрганиш чегаралари кенгайтирилса, структураси ҳақида кўпроқ маълумотга эга бўлсак, эҳтимол, кўпгина хасталикларни даволай олишимиз мумкин бўлади. Бу муаммолар ушбу фан дастурига кирмайди.

Ҳужайра сатҳи — бу сатҳ бир қанча молекулалар тўпламидан иборат бўлиб, энг кичик тирик сатҳ ҳисобланади (бир ҳужайрали, кўп ҳужайрали биологик объектлар мавжудлиги маълум). Бу сатҳда ДНК ва РНК кислоталари бирлашиб мураккаб элемент — оқсиллар ва ферментлар билан қўшилиб кетади. Шундай қилиб организмга ўзининг ўтмишдошлари ҳақида ахборот етказилади. Кўпгина ҳужайраларнинг ўлчамлари 10-100 мкм, (улар кўпроқ учраб туради), унга қараганда камроқ учрайдиганларининг ўлчами 1-10 мм, энг кам учрайдиганлариники 510 см, ҳужайранинг массаси 10^{-11} — 10^{-13} кг. Ҳужайра бир-бири билан чамбарчас боғланган 3 қисмдан — қобиқ, цитоплазма ва ядродан иборат бўлади. Қобиқ мураккаб тузилишга эга бўлиб, ташқи сатҳ ва ички плазматик мембранадан иборат. Ташқи сатҳ ҳимоя қобиқ ҳисобланади. Плазматик мембрананинг қалинлиги 10 нм бўлиб, таркибига оқсиллар ва липидлар киради. Оқсил ва липидларнинг молекулалари жуда ҳаракатчан бўлиб, плазматик мембрана динамикасини таъминлайди. Плазматик мембрана жуда хилма-хил функцияларни бажаради. Улардан бири ҳужайра ички қисмини ҳимоялайди, ҳаётини зарурий ашёлар — сув, турли тузлар, органик ва неорганик модда молекулаларини ион ҳолатига ўтказиши. Цитоплазма ҳужайранинг ички ярим суюқ муҳити бўлиб, унда ядро ва бошқа органоидлар жойлашади. Цитоплазманинг асосий қисмини оқсиллар ташкил этади. Ҳужайранинг бу қисми модда алмашинувини таъминлайди.

Цитоплазманинг ички қисми бир-бирлари билан боғланувчи ва шохчалаб кетувчи майда каналчалар ва бўшлиқлардан иборат. Уларда купинча рибосомалар жойлашган бўлиб, оқсилларни синтез қилиш вазифасини ўтайди. Рибосомалар микрозаррачалар кўринишидаги, диаметрлари 15-20 нм бўлган объектлардир. Улар оқсил ва РНК таркибига киради. Ҳужайра таркибига кирувчи углеводлар, ёғлар ва оқсиллар томчи донасимон шаклда цитоплазмада йиғилади.

Ядро ҳужайра шаклига ва ўлчамларига қараб турлича бўлади. Бир, икки ва кўп ядроли ҳужайралар бўлиши мумкин. Кўп ядроли ҳужайралар жигарда, мускулларда, суяк иликлариди учрайди. Тирик организмнинг турли даврларида ядронинг гурилиши ва функцияси ўзгариб туради. Ядро таркибига РНК ва оқсиллар киради. Шунинг учун унда ДНК синтези кузатилади. ДНК синтези 6-10 соатлардан бир неча йилгача давом этиши мумкин (ҳаёт даври ва органлар турига қараб).

Тўқималар бир хил шаклга эга бўлган ва бир хил функцияларни бажарувчи ҳужайралардан таркиб топган бўлиб улар ўзига хос функцияни бажаради. Тўқималардаги ҳужайранинг сони ҳар хил. Масалан, умуртқасизларда 10^2+10^4 ҳужайра, умуртқалиларда $10^{15}+10^{17}$ ҳужайра, инсон қонида $(1+2) \cdot 10^{12}$ ҳужайра доналари бор. Тўқималар ўзи бажарадиган функцияларга кўра бир неча турларга бўлинади. Қуйида ҳайвонлар ва инсонда учрайдиган тўқима турларидан намуналар келтирилган.

а) эпителиал тўқималар. Бундай тўқималар бир-бирига жуда яқин жойлашган ҳужайралардан ташкил топган бўлиб муҳофаза функциясини бажаради.

б) боғловчи тўқималар. Бу тўқималар ҳужайралар ва ҳужайралар орасида моддалардан ташкил топган бўлади. Бундай тўқиманинг асосий функцияси тана мустақкамлигини таъминлаш ва органларни бирлаштиришдан иборат.

в) мушак тўқималар. Бу тўқималар органларнинг қисқариши, бўшаши, умуман ҳаракатини таъминлайди.

г) нерв тўқималар. Улар нейронлардан ташкил топган бўлиб, ўтказувчанлик, уйғотувчанлик функцияларини бажаради.

Органлар бир неча тўқималардан ташкил топган бўлиб, уларнинг ўзаро таъсири натижасида бирор функциясини бажаради, масалан, нафас олиш органлари, овқат ҳазм қилиш органлари каби.

Организм бутун бир органларнинг системасидир. У ўзига хос функцияларни бажаради. Организм таркиби фақат органлар тўпламидан иборат бўлиб қолмай уларни диалектик боғланган, ўзаро таъсирланувчи, бир-бирини тўлдирувчи ва мукаммалаша оладиган органлар тўқималар, хужайралар системасидир.

Организм бир жинсли бўлмайди, таркибий қисмларининг ҳар бири ўзига хос функцияларни бажаради. Шунинг билан бир қаторда улар ўзаро боғлиқ, масалан, инсон ёки ҳайвонот дунёсидаги қон айланиш системаси фаолияти нафас олиш ва овқатланиш системасининг иш фаолиятларига боғлиқ. Тирик организмнинг ҳар бир қисми организм талабларига бўйсунди ва ўзига хос энергия алмашув воситаларига эга бўлади. Организм қисмлари, компонентлари, келиб чиқиши тараққиёт йўналишининг умумийлиги билан ажралиб туради. Шу билан бир қаторда бошқа организмлар билан яшаётган муҳит билан яхлит система сифатида ўзаро алоқада бўлади. Организм мураккаб функцияларни бажарувчи компонентларни ўз ичига олиши билан бир қаторда ўздан юқори системаларнинг бир қисми сифатида уларнинг таркибига киради. Тирик организмда доимо энергия алмашинуви кузатилиб туради. Ёруғлик квантлари, оксидланмаган содда органик бирикмалар тарзида энергияни ютиб оксидланган моддалар кўринишида энергия ажратади.

Организмлар доимо ўзгариб турувчи ташқи муҳитда тараққий этади. Организм фаолияти, ундаги биокимёвий жараёнлар ташқи шароит ўзгаришини жуда яхши сезади. Шунинг учун улар баъзан мослашадилар, кўп ҳолларда йўқолиб кетадилар.

Шундай қилиб ҳар қандай биорганизм фаолияти жуда мураккаб ва ташқи ўзгарувчан шароитда ўзгариб, тақомилашиб боради.

Популяция ёки турлар бир хил организмларнинг тўплами бўлиб, уларнинг яшаш шароитига, таъминот воситаларига боғлиқ равишда мужассамлашган. Бу сатҳда дастлабки эволюцион элементлар таркиб топа бошлайди.

Популяция дастлабки эволюциянинг қўйган барча талабларига жавоб бера олади. Чунончи, бўлинишнинг чеклилигига, биологик авлод ўзгариши билан наслий ўзгариш имкониятининг мавжудлиги каби талабларга популяция ва турлар жавоб бера оладилар. Популяциянинг биологик хусусиятлари генлар комплекси билан белгиланади. Шундай

комплекси билан белгиланади. Шундай қилиб, мутациянинг аҳамияти ва қадр қиймати генетиканинг хусусиятларига боғлиқ.

Популяция ўзаро таъсирчан, аралашувчан, овқат учун, янаш жойи учун қурашувчан ва ўз моҳиятига кўра яхлит, бир бутун системадир. Шу билан бир қаторда генотипларининг ўзгариши популяция генофондига тўлиқ таъсир этиб уларнинг генотипларини, ҳатто генларини тараққий этишига сабаб бўлади.

Популяциянинг юқорида кўрилган ўзига хос томонларини урганиш билан бир қаторда популяцион биологиянинг қуйидаги постулатларини ҳам таклиф қилмоқдалар (В.Г. Астахов):

1. Популяциянинг генетик бир жинсизлиги қанча юқори, генофондининг яширин мутацияси қанча кенг бўлса, унинг янаш имконияти ва экологик пластиклиги шунча юқори бўлиб, ўзгарувчан муҳитга шунча тез мослашади.

2. Алоҳида ҳолларда популяциянинг қайта тикланиши бирор ген белгиларининг тарқалиш частотасига боғлиқ бўлади. Баъзан генларнинг турли хусусиятларининг аралашинувига боғлиқ бўлади. Шундай қилиб, дастлабки генофондда янги хусусиятларга эга бўлган популяция пайдо бўлади.

3. Табиий популяциялар юз ва минг йиллаб мавжуд бўлади. Бу даврда мувозанатлашган тирик системалар яратилади.

Булар таркибига кирувчи организм ўзаро ва популяция билан мустаҳкам боғланган бўлади. Популяция ҳаётийлиги организмларнинг ҳаётийлигига боғлиқ ва аксинча, боғланиш ҳам мавжуд. Мутация тезлиги ва тавсифи ўзгармаса ҳам мутация янги аҳамият касб этади. Бу – эволюция жараёнидир.

Биогеоценотик сатҳ. Бу сатҳ бир хил популяциялар орасидаги ўзаро таъсирни ва турли хил популяциялар орасидаги таъсирни ҳамда уларга ташқи муҳитнинг таъсирини белгилайди. Бундай таъсирлар уч хил кўринишда бўлиши мумкин:

1. Абиотик омиллар – булар физик таъсирлар, яъни радиация, ионизация, босим, ҳарорат ва кимёвий таъсирлар, яъни кислоталар, ишқорлар кабидир.

2. Биотик омил – популяциянинг ўзаро таъсирини, яъни бир хил организмларга бошқа организмларнинг таъсирини ифодалайдиган омил.

3. Антропоген омил – бу омил инсоннинг ҳайвонот ва усимликлар дунёсига таъсиридир.

Биосфера (юнонча «биос» – ҳаёт, «сфера» – шар сўзларидан олинган) тушунчаси фанга биринчи марта австралиялик геолог олим Э. Зюсс томонидан тирик организмлар яшайдиган Ер қобигини белгилаш мақсадида киритилган.

Биосфера – тирик организмлар яшайдиган ва уларнинг таъсирида тинмай ўзгарадиган Ер шари қобигининг бир қисмидир. Ердаги ҳамма биогенезларнинг йиғиндиси умумий экологик система – биосферани ҳосил қилади. Шундай қилиб, биосферанинг элементар (энг кичик) бирлиги биогеоценозлар ҳисобланади. Биосфера тирик ва ўлик таркибий қисмлардан иборат. Сайёрамизда яшайдиган ҳамма тирик организмларнинг йиғиндиси биосферанинг тирик моддасини ташкил этади. Тирик организмлар, асосан Ернинг газсимон (атмосфера), суюқ (гидросфера, қаттиқ (литосфера), геологик қобиқларида жойлашган. Кейинги маълумотларга қараганда биосферанинг юқори чегараси денгиз сатҳидан 22 км баландликда, атмосферанинг қуйи қатлами тропосферада жойлашган. Бу чегарада қуёш нурларининг энергияси таъсирида кислород озонга айланади ва озон экрани ҳосил бўлади. Озон экрани кўп миқдорда тирик организмларга зарарли таъсир кўрсатувчи космик ва ультрабинафша нурларнинг асосий қисмини Ер юзасига ўтказмайди. Биосферанинг энг юқори чегарасида ноқулай шароитларга ўта чидамли бактериялар ва замбуруғларнинг споралари учрайди. Гидросферани океанлар, денгизлар, қўллар ва дарёларнинг сувлари ҳосил қилади. Гидросфера Ер шарининг 70 фоизга яқин қисмини эгаллайди.

Ҳаёт гидросферанинг ҳамма қисмида, ҳатто энг чуқур (11 км гача) бўлган жойларида ҳам учрайди. Ҳаёт ернинг қаттиқ қобиғи литосферанинг юқори қатламларида, 3-4 км чуқурликкача бўлган масофада тарқалган. Биосферанинг қуйи чегараси океанларнинг энг чуқур жойларига ва литосферада нефть бор бўлган, анаэроб бактериялар яшайдиган қисмларга тарқалади. Биосферанинг ўлик таркибига атмосферанинг, гидросферанинг ва литосферанинг моддалар ва энергия алмашинуви жараёнида қатнашувчи қисмлари киради.

Сайёрада ҳаёт чегаралари биосферанинг чегараларини аниқлайди. Биосфера – Ернинг тирик организмлар яшайдиган геологик қобиқларининг бир қисмидир.

Биосферанинг ўзига хослиги тирик организмлар фаолияти томонидан идора қилинувчи моддаларнинг даврий айланишидир. Биосфера энергияни ташқаридан – Қуёшдан олгани учун

очик система ҳисобланади. Тирик организмлар моддалар даврий айланишини идора қилиб, сайёранинг юзасини ўзгартирувчи кучли геологик омил ҳисобланади.

Биосфера тирик моддаларининг умумий массаси *биомасса* дейилади. ҳозирги даврда Ерда яшайдиган ўсимликларнинг 500 мингга яқин тури, ҳайвонларнинг эса 1,5 миллионга яқин тури аниқланган. Шуларнинг 93% и қуруқликда, 7% и эса сувда яшайди.

Қуруқлик юзасининг турли қисмларида биомассанинг миқдори бир хил эмас. Қутблардан экваторгача биомасса миқдори ва организмлар турларининг сони тобора ортиб боради. Айниқса, тропик ўрмонларда ўсимликлар турлари жуда кўп бўлади, зич ва бир нечта ярусларда ўсади. Ҳайвонлар ҳам ҳар хил ярусларда жойлашади. Экватор биогеоценозларида ҳаёт зичлиги жуда юқори бўлади. Организмлар ўртасида яшаш жойи, озиқ-овқат, ёруғлик, кислород учун кучли рақобат кузатилади. Қутбларда бунинг аксини кўрамыз. Одамнинг таъсирида биомасса ҳосил бўладиган майдонлар кескин ўзгариши мумкин. Шунинг учун ҳам саноат ва қишлоқ хўжалигида табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш зарур. Қуруқлик юзасининг асосий қисмини тупроқ биогеоценозлари эгаллайди. Тупроқнинг ҳосил бўлиши жуда мураккаб жараён бўлиб унинг таркиб топишида тоғ жинслари бирламчи аҳамиятга эга. Тоғ жинсларига микроорганизмлар, ўсимлик ва ҳайвонларнинг таъсирида ернинг тупроқ қағлами аста-секин шаклланади. Организмлар ўзининг таркибида биоген элементларни тўплайди. ўсимлик ва ҳайвотлар ўлганидан, парчаланганидан кейин улардан элементлар тупроқ таркибига ўтиб, биоген элементлар тўпланиб боради. Шунингдек, охиригача парчланиб улгурмаган органик моддалар ҳам тупроқда тўпланади. Тупроқда тирик организмлар ҳам зич жойлашган, масалан, 1 т қора тупроқда микроорганизмларнинг сони $25 \cdot 10^8$ тага етиши мумкин, 1 га тупроқда 2,5 миллионга яқин ёмғир чувалчанги яшаш мумкинлиги аниқланган. Тупроқда газлар алмашиши ҳам тинмасдан давом этиб туради. Ҳаво таркибидаги кислород ўсимликларга ютилади ва кимёвий бирикмалар таркибига киради. Азот эса айрим бактериялар томонидан ўзлаштирилади. Кундузи тупроқ қизиганда ундан карбонат ангидрид, водород сульфид, аммиак ажралади. Шундай қилиб, тупроқ биоген усулда ҳосил бўлади. У аорганик ва органик моддалардан ҳамда тирик организмлардан ташкил топади. Биосферадан ташқарида тупроқнинг ҳосил бўлиши мумкин эмас. Тупроқ тирик организм-

ларнинг яшаш муҳити бўлиб, ундан ўсимликлар ўзига озиқ моддалар билан сувни олади. Тупроқда кечадиган жараёнлар моддаларнинг биосферада айланишининг таркибий қисмини ташкил этади. Одамнинг ҳужалик фаолияти кўпинча тупроқ таркибининг тобора ўзгаришига, ундаги микроорганизмларнинг нобуд бўлишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун ҳам тупроқдан оқилона фойдаланиш тадбирлари ишлаб чиқиши зарурдир.

Океан биомассаси. Сув биосферанинг муҳим таркибий қисмларидан бўлиб тирик организмларнинг яшаши учун энг зарур омиллардан бири ҳисобланади. Сувнинг асосий қисми океан, денгизларда. Океан ва денгиз суви таркибида 60 га яқин кимёвий элементдан иборат бўлган минерал тузлар киради. Организмлар ҳаёти учун жуда зарур бўлган кислород ва карбонат ангидрид газлари сувда яхши эрийди. Сувдаги ҳайвонлар нафас олиш жараёнида карбонат ангидрид ажратади. Ўсимликлар фотосинтези натижасида сув кислород билан бойийди. Океан сувларининг 100 м гача бўлган юқори қатламида бир ҳужайрали сув ўтлари жуда кўп бўлиб, улар микропланктонни (юнонча «планктос» — *сайёра, кўчиб юрувчи* сўздан олинган) ҳосил қилади. Сайёрамизда фотосинтез жараёнининг 30 фоизга яқини сувда кечади. Сув ўтлари Кўёш энергиясини қабул қилиб, уни кимёвий реакциялар энергиясига айлантиради. Сувда яшайдиган ҳайвонларнинг озиқланишида планктон асосий аҳамиятга эга. Сувнинг тубига ёпишиб ҳаёт кечирадиган организмлар *бентос* деб аталади (юнонча «бентос» — чуқурдаги деган сўздан олинган). Океаннинг тубида жуда кўп бактериялар мавжуд бўлиб, улар органик моддаларни анорганик моддаларга айлантиради. Гидросфера ҳам биосферага кучли таъсир кўрсатади. Гидросфера сайёрада иссиқлик ва намликнинг тақсимланишида, моддалар айланишида муҳим рол ўйнайди.

Биосферанинг энг асосий функцияларидан бири кимёвий элементларнинг даврий айланишини таъминлашдир. Биосферадаги биотик айланиш Ерда ҳаёт кечирадиган ҳамма тирик организмлар иштирокида кечади. Кимёвий элементларнинг бир бирикмадан иккинчисига, ер қобиғи таркибидан тирик организмларга, кейин эса уларнинг анорганик бирикмаларга ва элементларга парчаланиб, яна ер қобиғи таркибига ўтиши *моддалар* ва *энергиянинг даврий айланиши* дейилади. Бу айланиш тинмай давом этадиган жараёндир. Биотик айланиш натижасида элементларнинг миқдори чекланган бўлишига қарамай,

ҳаётнинг мавжудлиги ва узоқ йиллар давомида ривожланиши таъминланади. ҳақиқатан ҳам, Ердаги организмлар учун зарур бўлган кимёвий элементлар миқдори чексиз эмас. Агар бу элементлар фақат истеъмол қилинганида эртами-кечми улар тугаб, ҳаёт тўхтаб қолиши мумкин эди. Академик В.Р.Вильямснинг таъбири билан айтганда, кам миқдорнинг чексизлигини таъминловчи бирдан-бир усул уни ёпиқ ҳалқа бўйлаб айлантиришга мажбур этишдир. ҳаёт худди ўша усулни танлаб олган. Яшил ўсимликлар Куёш энергиясидан фойдаланиб, анорганик моддалардан органик моддаларни барпо этади. Бошқа тирик организмлар истеъмол қилувчи гетеротрофлардир, парчаловчилар эса бу моддаларни парчалайди. Органик моддалар парчаланиши натижасида ҳосил бўлган минерал моддалардан эса янги ўсимликлар янги органик моддаларни синтезлайди. Ердаги моддаларнинг даврий айланишини таъминловчи бирдан-бир манба Куёш энергиясидир. Бир йил давомида Ерда тушадиган Куёш энергияси $10,5 \cdot 10^{16}$ кЖни ташкил этади. Бу энергиянинг 42% и Ердан коинотга қайтади, 58% и эса атмосферага ва тупроққа ютилади, бунинг 20% ини эса Ер ўзидан қайтариб туради. Ерда ютилган Куёш энергиясининг 1% и сув ва тупроқдан сувни буғлантириш учун сарфланади. ҳар бир минутда 1 млрд. тоннага яқин сув Ер юзасидан буғланиб туради. Сув ҳавзалари билан қуруқлик ўртасида сувнинг тинмасдан айланиб туриши Ердаги ҳаётни таъминловчи асосий омиллардан биридир. Ерда етиб келадиган Куёш энергиясининг 0,1-0,2% идан яшил ўсимликлар фотосинтез жараёнини амалга оширишда фойдаланади. Бу энергия сувни буғлантириш ва Ер юзасини иситишга сарф бўладиган энергияга нисбатан жуда кам бўлса ҳам кимёвий элементларнинг айланишини таъминлашда жуда катта рол ўйнайди.

Космик омилларнинг биосферага таъсири

Магнит майдонининг биосферага таъсири информацион характерга эга, яъни ташқи магнит майдон таъсирида организм ичига ахборот узатиш тавсифи ҳам ўзгаради. Натижада ҳатто шартли рефлекснинг шаклланиш жараёни ҳам ўзгариши мумкин. Тирик организмга электромагнит майдоннинг таъсири, шунингдек энергетик алмашинувдаги муҳим ферментларнинг ўзгаришида ҳам намоён бўлади. Бу мавзу устида А.С. Пресман ишлаган. У шундай ёзади: Организмни электромагнит майдон

таъсирига реакциясининг характери тўқиманинг ютаётган электромагнит энергияси миқдорига боғлиқ бўлмасдан, балки электромагнит майдоннинг модуляцион вақтий параметрларига бошқа тенг шароитларда организмнинг худди қайси тизимига таъсир этаётганлигига жуда ҳам боғлиқ. Боз устига, у ёки бу реакциянинг қиймати таъсир этаётган электромагнит майдон интенсивлигига нафақат пропорционал эмас, балки тескари ҳамдир, у қатор ҳолатларда интенсивлик ортиб борган сари камаяди ҳам. Заиф электромагнит майдоннинг таъсири туфайли кузатиладиган баъзи бир реакциялар, катта интенсивликларда умуман ҳосил бўлмайди.

Афтдан, нима учун кучли магнит майдони (кучланганлиги 20-200 килоэрстед) ёрдамида турли касалликларни худди шундай даволаш мумкинлигини тушуниш мумкин. Геомагнит бўрон вақтидаги бундан юз ва минг марта кичик бўлган майдонлар таъсири кўпинча ҳалокатли оқибатларига олиб келишини энди тушуниш мумкин. Бу ерда майдоннинг нафақат катталиги, балки унинг частотаси ҳам принципиал аҳамиятга эга экан. Кичик кучланганлик магнит майдонлари асаб системасини ва қон системасини нейроэндокрин бошқарув механизмини реакцияга жалб этади. Бунда тўқималарнинг функционал резерви камаяди. Чунки нафақат функционал силжишлар рўй беради, балки юракда, жигарда, ошқозон ости безида, ўпкада ва бош мияда ҳам структуранинг деструктив бузилиш жараёнлар рўй беради.

Ташқи заиф электромагнит майдонлар тирик организмларга: молекуляр, ҳужайра ҳамда орган каби турли сатҳларда таъсир кўрсатади. Масалан, электромагнит майдоннинг таъсири мия қобиғи ва мия қобиғи ости ўзаро таъсирлашувини ўзгартиради. Заиф электромагнит тўлқинлар таъсирида миянинг функционал бошқарув тизими бузилади.

Магнит бўрони вақтида ер магнит майдонининг бир текис ўзгариши табиий организмга қандайдир сезиларли таъсир кўрсатмаса керак. Фақат ташқи шароитларнинг кескин ва тез ўзгариши шундай таъсир кўрсатадики, организм унга мослаша олмай қолади. Геомагнит майдоннинг бир текис ўзгариши билан бир қаторда ғалаёнланиш ва бўрон вақтида тез ўзгариши ҳам содир бўлиб туради. Хусусан, тебранишлар частотаси жуда кенг чегарада ўзгаради. Частоталар 5 дан 0,007 Гц гача ўзгарадиган тебранишлар қисқа даврли ёки микроимпульсияли тебранишлар деб аталади.

Геомагнит майдоннинг худди шу тебранишлари биотизимга (шулар қаторида одамга ҳам) таъсир кўрсатади. Балки улар тирик организмга таъсирининг асосий омилларидан иборатдир. Уларнинг ролини аниқлаш учун берилган конкрет жойнинг хоссалари (частота, амплитуда ва спектр) эътиборга олиниши керак. Буни микропульсация тавсифларининг улчам имконига эга бўлган кенг тармоқланган датчиклар тизими ёрдамида амалга ошириш мумкин.

Геомагнит майдоннинг галаёнланиши вақтида биотизимга таъсир кўрсатадиган омиллардан бири атмосферада ҳосил бўладиган инфратовушдир. Бундай таъсирнинг бўлиши мумкинлиги исботланган.

Бошқа томондан, Ер атмосферасида ҳосил бўладиган инфратовуш тебранишларига яқин характеристикаларга, яъни кичик алтлитудали узоқ давомийликка эга бўлган тебранишлар таъсири ўрганилди.

Тадқиқ қилинувчиларга кичик частотали инфратовуш билан таъсир этилганда уларнинг мияларида пульсация ҳосил бўлганлигини сезганлар. Ҳаттоки энг оддий ижодий ишларни ҳам бажара олмаганлар. Худди шу частотани сақлаган ҳолда, аммо амплитудаси камайтирилганда тадқиқ қилинувчиларнинг узини сезиши анча ёмонлашди. Уларда бош айланиш, кўнгил айнаш, сержаҳиллик ҳосил бўлади.

Инфратовушнинг марказий асаб системасига таъсири сўзсиз. У дискомфорт сезгисини ва асоссиз кўрқоқлигини уйғотади. Инфратовуш даражаси ортиши билан автомобил ҳалокатлари сони ортгани ҳам кузатилган.

Шундай қилиб, биосфера тирик организмларнинг бирлиги, минерал ва органик моддаларнинг мавжудлиги, уларнинг ўзаро ва ташқи омиллар билан алоқадорлигини ифодаловчи сатҳ ҳисобланади.

Молекуляр генетика ва биотехнология¹

Биокимё, молекуляр биология, генетика, микробиология ва биофизика фанларининг ривожланиши асосида биотехнология йўналиши вужудга келди.

Тирик мавжудотлар ёки уларнинг йўналишлари иштирокида саноат миқёсида маҳсулот ишлаб чиқарувчи технологиялар

¹ Ушбу мавзу ЎзМУ профессори М.Валихонов томонидан ёзилган

мажмуаси биотехнология деб аталади. Масалан, кимё фани саноатга кимёвий технологияни, физика эса оптика, электроника, электротехника, толали оптика, лазер технологияси каби қатор техник йўналишларга асос солди. Шунга ўхшаш биология фани ҳам ҳозирги кунга келиб саноат миқёсида маҳсулотлар ишлаб чиқаришига ўтмоқда. Биотехнология ил-дизлари инсоният орасида қадимдан маълум. Жумладан нон, чой, спиртли ичимликлар, сирка тайёрлаш, сут маҳсулотларини қайта ишлаш шулар жумласидандир.

Бактериянинг бир неча марта изчил бўлиниши туфайли ҳосил бўлган ҳужайралардан бактерия **клон** («клон» юнонча сўз, дарахт шохи, авлод маъносини англатади) деб аталади. Клон таркибидаги ҳар бир ҳужайра айнан она ҳужайранинг ирсий хоссаларини ўзида акс эттирган кўринишидир. Клондан ажратиб олинган ҳар бир ҳужайра бўлинганда ирсий белгилар ўзгармасдан бўлинган ҳужайраларга ўтади.

Биотехнология жараёнларида мақсадга мувофиқ хоссаларга эга бўлган бактерия клонлари олиниб кўпайтирилади. ва тадқиқот ишларида ҳамда саноатда ишлатилади.

Табиатдаги микроорганизмлар ҳар доим тадқиқотчининг мақсадига мос келавермайди. Муайян ирсий хусусиятга эга бўлган бактерия **штамм**лари (штамм – ирсий ўзгарган клон) хилма-хиллиги мутация чақирувчи моддаларни кўллаш натижасида кўпайтирилади ва клонлар орқали селекция (саралаш) қилинади. Клонлаш усули билан мутант штаммларининг мақсадга мувофиқлари селекция қилинади ва биотехнологик мақсад учун фойдаланилади. Сўнги йилларда ген муҳандислиги усули билан ҳоҳлаган геннинг исталган қисмида ДНК нуклеотидини алмаштириш биотехнологияси ишлаб чиқилган.

Маълум шароитда бир жонзот генини иккинчи бир организм ирсий молекуласига бирикиш ҳодисаси трансформация деб аталади. Ген муҳандислиги усули билан бирор организмнинг ирсиятни ўзгартиришга трансформация кенг қўлланилади.

Маҳсус тузилишга эга бўлган ДНК бўлагининг хромосома билан бирикиши ва ундан ажралиб чиқиш жараёнига трансдукция деб аталади.

Фаг билан зарарланган бактерия аксарият ҳалокатга учрайди, яъни лизис (эриб кетиш) бўлади. Фаг – юнонча мураккаб сўзнинг бир бўлаги бўлиб, у еб битирувчи ёки ютиб юбуровчи маъноларини англатади, масалан, бактериофаг ва ҳ.к. Айни

пайтда фаг билан зарарланган бактерия ҳужайраларининг айримлари тирик қолиши ҳам кузатилган. Бундай бактерия ичига гушган фагнинг маълум генни бактерия геномининг махсус фаоллигини йўқотиши натижасида кўпая олмайдиган, яъни бактерияни ўлдира олмайдиган нофаол профаг ҳолатига ўтади. Бундай турғун бактериялар «лизоген бактериялар» дейилади. Лизоген бактериялардан ўз-ўзидан ёки физик-кимёвий омил натижасида фаг гени ажралиб муҳитдаги булак бактерияларни зарарлантиради ёки бактерия хромосомаси билан бирикиб профаг ҳолатига ўтади.

Трансдукцияли ген рекомбинацияси ҳужайра муҳандислигида кенг қўлланилади. Генетик инженерия ҳужайра, хромосома, ген даражасида амалга оширилади. Ҳужайра даражасидаги генетик муҳандислик икки ҳужайрани ўзаро қўшиш билан олиб борилади. Хромосома даражасидаги генетик муҳандислик ҳужайра ядросига қўшимча генлар киритиш орқали амалга оширилади. Ген муҳандислиги усули билан ҳар қандай генни кўпайтириш ва бу генлар иштирокида ҳужайрада мақсадга мувофиқ оқсил молекуласини синтез қилиш мумкин. Хусусан, қанд касаллигини даволашда ошқозон ости безининг гармонини инсулин, ракли беморларга ишлатиладиган интерферон, ўсиш учун зарур бўлган ўсиш гармонларни ген муҳандислиги усули билан синтез қилинмоқда.

Ген муҳандислиги усули орқали бир ҳужайрадан тўлиқ ўсимлик олиш мумкин. Бунинг учун такониллаштирилаётган ўсимлик нави ҳужайрасига керакли ген киритилиб мазкур ҳужайрадан мақсадга мувофиқли ўсимлик олинади. Муайян бир генни ҳужайрага киритишда бактерия ва тубан эукариот ҳужайраларда асосий хромосомалардан ташқари қўшимча хромосомалар бўлган плазмидалардан фойдаланилади. Бу усуллар техник жиҳатдан мураккаб ва қиммат бўлганлиги учун махсус ҳоллардагина ишлатилади. Генетик трансформация қилинган ўсимлик ҳужайрасидан трансген ўсимлик олинади. Ген муҳандислиги туфайли кўсак қуртига чидамли гўза ва колорадо кўнғизига бардош бера оладиган картошка навлари академик А.Абдукаримов бошчилигидаги олимлар томонидан етиштирилмоқда.

Маълумки, хавфли ўсмарак тўқимасининг ҳужайралари чексиз бўлиниш хусусиятига эга. Шу сабабли рак ҳужайраларини сунъий равишда кўп миқдорда кўпайтириш мумкин. Лекин бу ҳужайралар ракка қарши курашадиган оқсил

табиатига эга бўлган антитело молекулаларини синтез қила олмайди.

Инглиз олимлари Келер ва Мильштейн сунъий равишда антитело синтезловчи лимфоцит ҳужайраси билан чексиз бўлинувчи рақ ҳужайрасини бир-бирига қўшиш натижасида тирик табиатда учрамайдиган гибрид ҳужайра олишга муваффақ бўлдилар. Бу гибрид ҳужайра гибридома деб аталади. Натижада сунъий шароитда антитело синтез қилувчи ҳужайранинг бетўхтов кўпайишига эришилади. Гибридома ҳужайрани нафақат лимфоцит ва рақ ҳужайраларини қўшиш натижасида, балки мақсадга мувофиқ ҳайвон ёки одам тўқималаридан олинган ҳужайрани рақ ҳужайраси билан ҳам қўшиб ҳосил қилиш мумкин. Мазкур технологияни оқсил, гормонлар синтезида ген муҳандислиги билан баробар ишлатиш мумкин. Бундан ташқари, ҳар хил турга мансуб ўсимлик ҳужайраларини қўшиб янги ўсимлик турларини яратиш биотехнологияси ишлаб чиқилган.

Ҳужайра инженериясининг қўлланиши натижасида ҳайвонларнинг клонини олиш биотехнологияси ҳам яратилди. Юксак ўсимликларнинг клонларини сунъий шароитда ҳужайрадан етиштирилади ёки қаламчани пайвандлаш йули билан олинади.

Молекуляр генетика, ҳужайра муҳандислиги ҳамда ген муҳандислиги фанларининг ривожланиши биотехнология фанининг истиқболини яна ҳам оширди. Натижада олимлар генотипни мақсадга мувофиқ ёт генлар киритиш эвазига ҳужайра геномини ўзгартириш имкониятига эга бўлдилар.

Мазкур мавзуни тайёрлашда академик Ё. Тўрақулов таҳрири остида нашр қилинган «Умумий биология» дарслигининг айрим бўлимларидан фойдаланилди.

Ҳозирги замон биологиясининг тараққиёти ва унинг хавф-хатари¹

Биология молекуляр биология ва биокимёвий генетика фанларининг ютуқлари туфайли табиий фанларнинг ҳақиқий шоҳона маликасига айланди.

XX аср фани инсониятга қатор шундай ихтиролар совға қилдики, уларнинг ҳар бири жамиятнинг маданий, иқтисодий ва сиёсий ҳаётида муҳим рол ўйнаб, сифат жиҳатдан янги

¹ Ушбу мавзу ЎзМУ профессори Валихонов М.Н. томонидан ёзилган.

босқичга кўтара олди. Буларга «компьютер», «атом», «Ер йўлдоши» ва «ген» лар киради. Бу атамалар бир томондан жамият тараққиётини янги, юқори босқичларга кўтарган бўлса, иккинчи томондан улар социал-иқтисодда ва тадқиқот изланишларда комплекс фанларининг шаклланишига сабабчи бўлди.

1953 йилда АҚШ биокимёғари Уотсон ва Англия физик олими Крик томонидан ДНК молекуласининг кашф қилиниши биология фани бутунлай ўзгартириб юборди. Бу мўъжизакор молекула эҳтиёткорлик билан механик равишда тортилганда ДНК яна 2 марта узайиши мумкин. Инсон танаси, тўқима ва аъзоларнинг шаклланиши учун ДНК молекуласида ирсий белгиларнинг камида 3 млрд. хили жойлашган бўлиши керак. Бу кичик шрифтда ёзилган 500 варақли мингта китобга жойлаштирилган кимёвий маълумот ҳисобланади. Тўқима, аъзоларимиз, соч ва теримизнинг ранги шаклланаётганда ДНК нинг репликацияси асосида ирсий ахборот ҳужайрадан ҳужайрага кўчирилганда, 500 варақли 1000 та китоб 20 минутда мутлақо ҳатосиз кўчирилади. ДНК структурасининг аниқланганлигига сал кам 50 йил бўлса ҳам бу ажойиб молекуланинг янги-янги сирлари 2-3 йилда олимлар томонидан кашф қилинмоқда. Коинотнинг «қора қутиси» бундан 15-20 млрд. йил илгари «катта портлаш» асосида фаолият кўрсатиб келаётган бўлса, ҳар қандай тирик жонзотнинг тириклик фаолияти, унинг боғлиқ бўлганлиги учун уни заминимиздаги ҳаётнинг «сирли сандиги» десак хато қилмаймиз. ДНК тирик жонзотнинг ҳаёт тарзига, режалаштирилган компьютернинг дискетига ўхшатиш мумкин.

Сўнги 10 йилда маркази АҚШ да жойлашган одам геноми деб номланган ҳалқаро лойиҳа таъсис этилган. Бу режага асосан одамнинг генетик матни бўлган 3 млрд. нуклеотидларнинг кетма-кет жойлашиш тартибини секвенирлаш (аниқлаш) ёки бадийлаштираш инсоннинг ҳаёт китобини ўқишдан иборат бундай баҳайбат, катта сонли генетик ахборотни ўқиш моддий ва техник воситалар туфайли амалга ошириш оғир. Лекин робот, автоматлар ва ЭҲМ орқали аниқлаш давом этмоқда. Олимлар «2003 йилга бориб, одам геноми тулиқ аниқланади» деб башорат қилмоқдалар.

Ҳозирги кунгача генлар ҳақидаги маълумотлар уларни якка ҳолда тадқиқ қилиш асосида олиб борилган. Охирги йилларда

иса генетика фанида нуклеотидларнинг алоҳида фаолиятдан фарқли, кенг қамровли бўлган мажмуасини ўрганадиган соҳа шаклланиб у геномика деб юрғизила бошлади. Олимларни генларнинг алоҳида фаолиятдан кўра кўпроқ уларнинг ўзаро, бир-бирларига таъсир қилувчи омиллар натижасида бир бутун юритма сифатида ишлаш тизими қизиқтириб келмоқда. Генларнинг бундай фаолиятини ойдинлаштиришда биочип усули қўл келмоқда (кибернетика соҳасидаги микрочипларга ўхшаш). Булар кичик пластинкалар бўлиб, минглаб бир-бирларидан қатъий масофада, ўта аниқ асбоблар орқали нуқталар белгиланади. Хужайранинг қайси ҳолатида қандай ген фаолият кўрсатишини мазкур биочип усули орқали кузатиш мумкин.

Геномдаги ДНК нинг номаълум томонларидан бири - хромосомада жуда кўп миқдорда бўлганлиги бўлиб, оқсил синтезида фақат бу молекулаларнинг 3-5%и иштирок этиши аниқланган. Демак, биз генимизнинг ёки ДНК фаолиятининг фақат 3-5% ини биламиз, холос. Генларнинг "ортиқча" қисми ҳақида ҳар хил фикрлар бўлиб, молекуляр биология фанининг асосчиларидан, Нобель мукофотининг совриндори, ДНК молекуласининг структурасини аниқлашда катта хизмат қилган олим Ф. Крик ДНК нинг номаълум қисмини «чиқинди», «худбин» деб эволюция жараёнида кераксиз бўлиб тўпланиб қолган, деб тахмин қилган эди. Сўнгги йилларда ДНК устидаги тадқиқот ишлари геннинг бу ортиқча қисми ҳар қандай ички ва ташқи омилларга ўта турғун, мутацияга берилмайдиган ва эволюция жараёнига алоқаси йўқлиги аниқланди. Нуклеин кислотанинг бу «чиқинди»си унинг ажралмас қисми эканлиги аниқ бўлса ҳам унинг фаолияти ноаниқ бўлиб келмоқда эди. Яқинда рус олимларининг ДНКнинг бу ортиқча қисми устида олиб борган тадқиқот ишларида унинг бўлажак организмнинг шаклланишида замон ва макон вазифасининг бажарувчи ўта кучли «генетик компьютер» вазифасини бажарувчи омил эканлиги аниқланди. Демак, ДНКнинг бу «чиқинди»си бўлажак организмнинг шаклланишида иштирок этадиган ва генетик ахборотларни заҳирада сақловчи магнит тасма десак хато бўлмайди.

Геномика соҳасининг ривожланиши микробиология фанининг катта ютуқларини қўлга киритишга сабабчи бўлди. 20 дан ортиқ биологик турларнинг геноми аниқланди. Буларга ҳавfli ва юқумли касаллик тарқатувчи (сил, тепкили терлама, ошқозон яраси ва ҳоказо) микроорганизмлар киради. Патоген-

ли бактерияларнинг геном структурасини аниқлаш уларга қарши вакциналар тайёрлашда катта аҳамиятга эга.

Геномика фанининг ривож тиббиёт генетикасининг тараққиётига ижобий таъсир қилиб, ирсий касалликларнинг юритмасини аниқлашда қўл келмоқда.

Геномика усули инсон шахсини кўрсаткичлари орқали ўта юқори аниқлик билан белгилаш ва уни ҳозирги кунда амалиётда қўлланилаётганлиги жамият тараққиёти учун ижобий ҳодисадир.

Криминалистика фани бирор шахснинг айбдор ёки айбдор эмаслигини аниқловчи геномли усул ёки генли дактилоскопия билан бойиди. Мазкур усул учун томчи қон, сочнинг бир толаси, тирноқнинг кичкина бўлаги, терлаганда ажралган суюқликнинг қолдиғи, сперма, сўлак, қазғоқ бўлса бас, булар қайси шахсга тегишли эканлигини кўрсатиши мумкин. Булардан ташқари одамлар ўртасидаги қариндошчилик, фарзанднинг ота ёки онасига алоқадорлигини ёки аксинча, алоқаси йўқлигини геном усули билан юқори аниқликда белгилаш мумкин.

Геномика фани ҳозирги кунда жамият тарихи, этнография, лингвистика ва бошқа гуманитар-ижтимоий фанларга кириб бормоқда. Бундай соҳаларга биология фанининг тармоқлари бўлмиш антропология, палеонтология ва эволюция назариялари ҳам жалб қилинмоқда.

Тарих фанидаги баҳсли муаммолар, жумладан қадимда айрим қабила ва элатларнинг келиб чиқиш манзиллари, миллатларга алоқадорлигини аниқлашда тарихчи олимлар эмас, балки геном усуллари билан ҳал қилиниши мумкин эканлигини кўрсатмоқда. Ҳар бир миллат, элатларнинг геномида уларга тегишли муайян генлар аниқланиб (маркерли генлар), уларнинг миқдорига қараб айрим ахборотга эга бўлиш мумкин.

Кўриниб турибдики, бундай биологик режалар ҳозирги кундаги инсоният ўз олдига қўяётган фазони ўзлаштирадиган дастурдан ўз моҳияти ва аҳамияти бўйича кам бўлмасдан, унинг амалга оширилиши анча арзонга тушиши билан фарқланиб, бу режалар XXI асрда заминимиздаги ҳар бир шахсга алоқадорлиги билан қимматлидир.

Табиатда кенг тарқалган вирусларни бегона генларни ташувчи шприцга ўхшатиш мумкин. Улар ҳужайрага яқинлашиб ўз генетик ашёсини худди укол қилгандек юборади. Бегона генни қабул қилган ҳужайра касалланиб, тузалиши ёки ҳалок

бўлиши мумкин. Айрим ҳолатларда вирус гени ҳужайра геномига мустақкам жойлашиб, унинг компонентига айланиб ўзига ўхшаш вирусларни синтезловчи маконга айлантиради. Шундай қилиб вирусларга тадқиқотчи хоҳлаган генни жойлаб у туфайли ҳужайра геномига ўтказиш мумкин. Демак, вируслар бегона генларни тирик ҳужайрага трансформация қилувчи асосий омиллардан бири ҳисобланади. Бегона генларни сунъий йўл билан бактерия ва ҳайвонларнинг ҳужайраларига юборишнинг бир неча усуллари мавжуд. Масалан, рак касали билан касалланган одам шишидаги ДНКси ажратиб олиб сичқондан ажратилган ҳужайраларга лаборатория шароитида юборилганда унинг геноми ўзгариб, трансформацияга учраган ҳужайралар пайдо бўлган. Худди рак касалини тарқатувчи ҳужайралар сичқонга юборилганда уларда саратонга хос шиш пайдо бўлган.

Охириги йилларда Америка ва Европадаги айрим фирма ходимлари **трансгенли** (бегона генли) ҳайвон ва ўсимликларни яратмоқдалар.

Паразит ва зарарли замбуруғлар туфайли касаллик тарқатувчи организмларга қарши, турғун иммун тизими юқори бўлган трансгенли ўсимлик навлари етиштирилмоқда. Бактериялардан ҳашаротларга қарши синтезланувчи оқсил гени ажралиб уни нўхат геномига киритилганда унда ҳашаротларга қарши синтезланадиган оқсил ҳосил қилувчи янги нав етиштирилди. Бирор ҳашарот мазкур ўсимликнинг илдиш, поя ёки баргини кемирса ўша дақиқаларда ҳалок бўлади.

Бельгиялик тадқиқотчилар Европа бозорига ҳар қандай гербицидларга чидамли карам нави билан кирмоқдалар. Экилган майдонга ҳар хил гербицид сепилса ўсиб чиққан бегона ўтларнинг ҳаммаси ҳалок бўлиб, кўрсатилган карам нави эса бемалол ўсади. Айрим олимлар бундай карам нави қарши чиқиб, уларнинг фикрига кўра «маълум вақтдан кейин мазкур карам навининг айнан ўзи Европада бегона ўтга айланади, у билан курашиш учун янги ген муҳандислик усулларини қидириш керак», дейдилар.

1994 йили Бельгиялик олимлар Херман номли трансгенли буқа зотини етиштирдилар. Мазкур буқа геномига аёл сутидидаги оқсил генини жойлаштира олдилар. Бу буқа «қизи»нинг сут таркиби аёлларникига яқин келади ва у ёш болалар учун сифатли озуқа ҳисобланмоқда. Оддий сигир сутида темир ионларини ташувчи оқсил жуда кам. Херман номли трансгенли буқа зотидан пайдо бўлган сигирларда эса кўрсатилган протеин

етарли миқдорда бор экан. Агар ёш болани она сутидан ажратиблиб озуқа сифатида узоқ муддат сигир сути берилса, уларда темир етишмаслиги ва камқонлик касалликлари кузатилган. Бу касалликка Херман буқанинг «қиз» сигирлари ёрдам бера олиши мумкин.

Зарарли генларнинг фаолиятини тўхтатиш, бузиш ёки уларнинг маҳсулотлари бўлмиш мақсадли РНКларни мақсадсиз нусхалари билан алмаштириб, саратон ва вирусли касалликларга қарши кураш ишлари олиб борилмоқда.

Ракли ҳужайраларга алоҳида ёки генлар мажмуасини юбориб уларнинг бўлинишини тўхтатиш ёки уларни бутунлай ҳалок қилиш (апостоз) усули билан рақ терапиясини амалга ошириш ишлари йўлга қўйилмоқда.

1997 йилди Шотландиялик профессор Я. Бильмуд соматик ҳужайралардан клонлаштириш усули орқали лабораторияда бузоқни ҳосил қилганлиги ҳақида дунёда шов-шувга сабабчи бўлган хабарни эълон қилди. Мазкур бузоқ жинсий йўл билан эмас, балки соматик ҳужайрадан ҳосил бўлгани учун сигирнинг авлоди бўлмай ундан нусха кўчирилиши ёки ксереокопияси деб қаралмоқда. Бу илмий иш олимлар ўртасида кескин тортишувларга сабабчи бўлиб, бир гуруҳ тадқиқотчилар тажрибанинг тозалигига шубҳаланиб, бундай илмий изланишларни тезда тақиқлашни даъват қилмоқдалар. 1997 йилнинг охирида Хавай университетининг профессори Я. Мигучи бошчилигидаги бир гуруҳ олимлар сичқонларнинг соматик ҳужайраларидан клонлаш туфайли 7 дон сичқонни лабораторияда ҳосил қилганликларини илмий жамоатчиликка эълон қилдилар.

1998 йилнинг июн ойида Пердью (АҚШ) университетининг олимлари битта сичқондан 50 дон унинг «бола»ларини клонлаш йўли орқали етиштириб, лаборатория шароитида кўрсатилган ҳайвон бачадонида филнинг тухум ҳужайраси пишиб етилганлигини аниқлаганлар. Бошқача айтганда, филнинг дунёга келишида сичқон оналик вазифасини бажарган.

Маълумки, сичқон ва фил оила, тур бўйича бир-бирларидан жуда узоқда турувчи ҳайвонлар бўлиб, биологик қонунга кўра жинсий яқинлашиши мутлақо мумкин эмас. Ҳар бир жонзот одатда бегона, ножинс тўқимани қабул қилмайди. Сичқондаги биологик тўсиқни енгиш учун ўлган филлардан жинсий ҳужайрани ажратиб тезликда музлатадилар. Керакли жой ва вақтда музлатилган филнинг тухум ҳужайраларини эри-

тиб бир нечта сичқон аъзосига имплантация қилинган. Унлаб имплантация қилинган сичқонларнинг ичида фақат биттасида уруғ оталаниб эмбрион ривожлана бошлаган.

Олимлар «лаборатория шароитида оддий сичқон организмини ҳар қандай ҳайвонни дунёга келтириш учун «фабрика» сифатида фойдаланиш мумкин» деган фикрни амалиётда исботладилар.

Шов-шувга сабабчи бўлган илмий хабарлардан яна бири 1998 йил декабр ойида Жанубий Кореядан олинган. Сеул университетининг бир гуруҳ олимлари соматик ҳужайраларни клонлаш усули билан одам эмбрионини олганликлари ҳақида ахборот бердилар. Улар 30 ёшли аёлдан оталанган тухум ҳужайрасидаги ядрони олиб, худди шу аёлнинг соматик ҳужайрасидаги ядро билан алмаштирадилар. Натижада гибрид ҳужайра лаборатория шароитида бўлиниб одам эмбрионининг микроколониеси ҳосил бўла бошлаган. Ҳосил бўлган эмбрион ҳужайраларни бачадонга имплантация қилинса у ерда одам шаклланиши эҳтимолдан ҳоли эмас, деб ҳисобламоқдалар. Лекин тажрибаларнинг биринчи босқичида гибрид ҳужайра кўпая бошлаганда ҳукумат вакилларининг буйруғи ва ахлоқ қоидаларига риоя қилинмаганлиги учун мазкур тажриба ишлари тўхтатилган. Олимларнинг айримлари бундай ишларнинг тозалигига шубҳаланмоқдалар. Чунки изланишларнинг методикаси очиқ эълон қилинмаган.

Шундай қилиб, ҳужайранинг геномига ген инженерлиги, биотехнология усуллари билан биологик, кимёвий ва физик таъсир қилишнинг ижобий томонлари билан бир қаторда кутилмаган салбий натижаларга сабабчи бўлиши мумкин. Инсоният генетик агентлар таъсирида кутилмаган, янги касалликлар пайдо бўлишига тайёр бўлиши керак. Дунёдаги тиббиёт ходимлари ҳар қандай беморликни енгимиз деб турганда спид хасталиги жамиятга қандай «совға» келтирганини яхши биламиз. Афсуски, бу касаллик билан жиддий курашадиган методлар ҳали топилган эмас.

Мақсадга мувофиқ яратилган янги зот, нав ёки генетик агентлар тадқиқотчиларнинг назоратидан тасодифан ёки атайин чиқиб, жамият учун офатга айланиши мумкин. Масалан, 1950 йилларнинг охирида олимлар ҳаётчан, касалга чидамли, боли кам бўлган Африка асалариси билан Жанубий Америкада нимжон, касалга чидамсиз, лекин маҳсулоти кўпроқ турларини ўзаро чапиштириш натижасида одамхўр асалари зоти дунёга

келди. 1960 йилларда тасодифан фанга алоқаси йўқ одам бу ўта агрессив ҳосил жуда кам асариларга "раҳм" қилиб, уларни ташқарига чиқариб юборади. Улар интенсив равишда кўпайиб тезда Жанубий Америкадаги ерли асариларни табиатдан сиқиб чиқардилар. Ҳозир эса улар Шимолий Америкадан Канадага етиб келдилар. Олимлар бу тасодифий асарлари зотларидан қандай қилиб қутилиш йўлларини бир неча йилдан бери изламоқдалар.

Биотехнология, молекуляр биология ва ген муҳандислиги асосида дунё лабораторияларида биологик қуроолларни такомиллаштираётган олимларнинг йўқлигига ҳеч ким кафолат бера олмайди. Биологик қуроолларни тайёрлашга атом ва водород бомбаларига сарфланадиган катта миқдорда инвестиция талаб қилинмайди. Бу даҳшатли қуроолга эга бўлган давлат қарши томонга уруш эълон қилмай пинҳона рақ, вирусли ёки руҳий касалликларни тарқатувчи микрожонзотларни тарқатиб юбориши мумкин. Биологик қуроолларни кичик гуруҳлар террор ва қўпурувчилик мақсадларида фойдаланиши мумкин.

Биология фанидаги молекуляр ва ген муҳандислигининг ривожланиш жараёни 1938 йилда Австрия олимаси Л. Майтнернинг немис профессори радиокимёвий О. Ган билан биргаликда нейтрон таъсирида уран атомининг бўлинишини ихтиро қилганликларини эслатади. Уларнинг улкан изланишлари ядро қуроолларини тайёрлашга замин бўлди.

Нобель мукофотининг совриндори, Британиялик олим Д. Ротблат яқинда шундай фикрни билдирди: «Фан ва техниканинг ривож — ядро бомбаларини тайёрлашга нисбатан кам миқдорда маблағ сарфланадиган янги хилдаги ёппасига қирғин қиладиган қуроолларни биз ген муҳандислиги туфайли пайдо бўлишини гувоҳи бўлишимиз мумкин». Австралия университетининг профессори Б. Селинджер: «Келгусида инсониятга қачон, қай хилда офат келишини била олмасам ҳам, лекин уни ген муҳандислиги фанининг ютуқларидан қутиш мумкин» деган эди. Ядро қуроолларининг ихтирочиларидан бўлган АҚШнинг машҳур олими Р. Оппенгеймер ўз хотира дафтарида шундай ёзган: «Водород бомбасини портлатиш ёки портлатмаслик олимларга боғлиқ бўлмайди ва улардан бу ҳақида сўрамайдилар ҳам».

Ген муҳандислиги соҳасини ҳозирги кунда ядро энергетикаси вазиятига ўхшатиш мумкин. Ядро энергиясининг хавфхатарига қарамасдан жамият ундан бутунлай воз кеча олмаяп-

ти. Худди шунга ўхшаш молекуляр биология ютуқларидан ҳам юз ўгира олмаймиз. Аммо рус олими, молекуляр биология фанининг етакчи мутахассисларидан академик А. Спирин ўз мақоласида: «Биология фанининг тавсифий, назарий соҳа деб қарамасдан, ҳукумат раҳбарларини, жамоатчиликни ҳушёр бўлишига чақириб келгусида кутилмаган салбий воқеаларга тайёр бўлишимиз керак» дейди.

Биз биология фанининг ривожланиш жараёнида молекуляр биология, ген инженерлиги ва биотехнология соҳаларини мужассамлаштира олган халқаро «Инсон геноми» режасининг амалиётдаги тараққиётининг гувоҳи бўлиб турибмиз. Мазкур илмий йўналиш келгуси асрда биология фанидаги асосий ғоя бўлиб, унда жаҳоншумул ихтироларни очилишига шубҳа йўқ. Лекин биология фанининг ютуқларидан худди физика, кимё соҳаларида рўй берганидек қора ниятли кишиларнинг дунёга ҳоким бўлишни орзу қилувчилар учун оммавий қирғин қуроллар тайёрлашда фойдаланишлари эҳтимолдан ҳоли эмаслигини эсдан чиқармаслигимиз керак.

Атом асри жамиятга атом бомбасини «совға» қилди. XXI аср «ген асри» дейилса, у инсониятга қандай «совға»лар қилишини Яратганнинг ўзи билади.

Маълумки, Олий Мажлиснинг IX сессиясида «Таълим тўғрисида»ги қонун қабул қилингандан сўнг, давлат ўқитиш стандартлари қайта кўрилиб, амалиётга тадбиқ этилди. 1999-2000 ўқув йилидан бошлаб мактаб, лицей, олий ўқув юртлари дастурларига «ҳаёт хавфсизлиги асослари» предмети киритилди.

Талабалар учун эса бўлажак мутахассислари билан боғлиқ бўлган молекуляр генетика, биотехнология, кимё, физика ва муҳандислик хавф-хатарлари тўғрисида, ундан муҳофазаланиш чора-тадбирларини амалга ошириш йўллари бўйича маълумот берилиши керак. Бу эса «Таълим тўғрисида»ги қонуннинг амалий натижаси ҳисобланади.

Ноосфера ҳақида

Инсонни табиатга ғоятда катта таъсири ва унинг фаолиятининг кенг кўламдаги оқибатлар янги фан таълимоти — ноосферага асос бўлди. Ноосфера (юноча ноос — зеҳн, идрок) атамаси идрок этиш сфераси тарзида ўзбек тилига таржима қилинади. Мазкур атамани 1927 йилда француз олими Э.Леруа киритди.

У Тейер де Шарден билан биргаликда ноосферани, Ерни ўраб биосферадан ташқаридаги қандайдир идеал тузилма тарзида қаради.

Ноосфера тўғрисидаги таълимот унинг асосчиларидан бири бўлган В.И. Вернадскийнинг асарларида аниқ таърифлаб берилган Вернадскийнинг ишларида ноосферага таъриф ва у ҳақидаги узлуксиз тасаввур унинг ҳаёти давомида ўзгариб турган. В.И.Вернадский биосферани батафсил ўрганиб бўлгандан кейин 30-йилларнинг бошларига келиб мазкур концепциясини ривожлантира бошлади.

Сянов саволлари

1. Материянинг биологик таркибланиши ҳақида маълумот беринг.
2. Биологик молекулалар, оқсилларнинг хусусиятлари ва функциялари ҳақида нималар биласиз?
3. Ҳужайралар нима? Тўқималарнинг функциялари нимадан иборат?
4. Орган ва организмлар ҳақида маълумот беринг.
5. Биосфера нима?
6. Биологик эволюция тамойиллари ҳақида маълумот беринг.
7. Генетик муаммолар нималардан иборат?
8. Экологик ҳимоя ва атроф-муҳитни муҳофаза қилишда табиий фанларнинг роли нимадан иборат?
9. Оқсил биосинтезини ўрганишнинг қандай аҳамияти бор?
10. Оқсил синтезининг асосий босқичлари ҳақида маълумот беринг.
11. Транскрипция ва трансляция жараёнларини айтинг.
12. Генетик кодни тавсифланг.
13. Рибосоманинг динамик ҳолати ҳақида нималарни биласиз?
14. Ген ҳақида тушунча беринг.
15. Биотехнология фани ҳақида маълумот беринг.
16. Клон тушунчаси ва унинг аҳамияти.
17. Трансформация ва трансдукция тушунчалари ҳақида маълумот беринг.
18. Профаг нима?
19. Генетик муҳандислиги ҳақида нима биласиз?
20. Гидридома нима?

21. Ген муҳандислигининг халқ хўжалигидаги аҳамиятини айтинг.
22. ДНК молекуласи ҳақида янги маълумотларни айтинг.
23. Одам геномининг ўзига хос томонлари ҳақида нима биласиз?
24. Геномика фани нима?
25. ДНК молекуласининг ортиқча қисми ва унинг аҳамияти ҳақида маълумот беринг.
26. Геномика фанининг криминалистикадаги аҳамияти ҳақида нима биласиз?
27. Геномика фанининг тарихни ўрганишдаги ролини айтинг.
28. Трансгенли ўсимлик ва ҳайвонларнинг халқ хўжалигидаги аҳамияти ҳақида нималарни биласиз?
29. Ўсимлик, ҳайвон ҳужайралари орқали кўпайтириш (соматик клонлаш) нима?
30. Биология фани ютуқларининг салбий томонларини айтинг.
31. «Ҳаёт ҳавфсизлик асослари» предмети нимани ўрганади?

ҲОЗИРГИ ЗАМОН ТЕХНОЛОГИЯСИ ВА ЭНЕРГЕТИКАСИ ТАРАҚҚИЁТИНИНГ ИЛМИЙ АСОСЛАРИ

Ҳозирги замон ахборот узатиш технологияси

Ҳозирги пайтда ер шари аҳолисининг икки баробар кўпайиши учун 40 йил, олимлар сонининг кўпайиши учун 10 йил зарур бўлаётган бўлса, илмий-техник ахбороти ҳажмининг икки марта кўпайиши учун 9 йилдан ҳам озроқ вақт кифоядир. Ер шари аҳолисининг бундай тез ва узлуксиз ўсиб бориши ва уларнинг ўсиб бораётган эҳтиёжларини қондириш учун ижтимоий фаолиятнинг барча сфералари самарадорлигини кескин ошириш заруриятини туғдиради. Бунинг зарурий шarti бўлиб биринчи навбатда инфор­мацион таъминот самарадорлигини адекват кўтариш керак бўлади. «Информацион таъминот» деганда зарур информацияни ўз вақтида ва берилаётган ахборотни активлиги, толерантлик талабларига риоя қилган ҳолда зарур ахборотни узатиш тушунилади.

Маълумки, «кибернетика» деганда кўз унгимизда биринчи галда электрон ҳисоблаш машиналари келади. Дарҳақиқат, ҳисоблаш машиналари яратилмаганда кибернетика ҳам ҳаётга, ҳам амалиётга бунчалик тез кўчмаган бўлар эди. Кибернетикани фан сифатида таърифлашда «информация» тушунчаси ҳам доимо зарурий равишда қўшиб айтилади. Бу ҳам тўғридир. Чунки инфор­мацион алоқалар, информацияни узатиш, қабул қилиш ва қайта ишлаш хоссаси динамик тизимларнинг ҳаммасига ҳам мансубдир. Бусиз на машиналарни бошқариш, на тирик организмларнинг яшаш жамиятини бошқариш мумкин эмас. Шунинг учун информацияга, кибернетикага «жон» киритадиган, уни мақсадга мувофиқ ишлаш ва бошқаришни таъминлайдиган омил деб қарамоқ зарур.

«Информация нима?» деган саволга академик В.Қобулов — «Кибернетикада сезги аъзолари (кўз, қулоқ, бурун, оғиз, тери) ёрдамида бевосита қабул қилинган ҳар қандай маълумот информация дейилади» деб жавоб беради.

Информация тўғрисидаги мана шундай таърифга қўшилиш мумкин. Информация ҳақида гапирганда у ҳаққоний, объектив, аниқ ва ишончли бўлмоғи даркор. Акс ҳолда информация ноаниқ, хато бўлса, бундай шароитда на тўғри хулоса чиқариш, на оптимал бошқаришнинг бўлиши мумкин эмас. Бундай шароитда кибернетикадаги на математик воситалар-у, на ЭҲМлар кутилган натижани бера олмайди. Кибернетикада асосий ўринни эгаллайдиган, муҳим аҳамиятга эга бўлган нарса - информацияни қайта ишлаш ва сақлашдир. Асримизда информация оқимининг тез суръатлар билан муттасил ортиб ва мураккаблашиб бориши, унинг билиш ва бошқаришдаги аҳамиятини мисли қўрилмаган даражада ортиб кетиши информацияни узатиш, қабул қилиш, қайта ишлаш ва сақлаш масалаларини, шунингдек, алоқа каналлари информация ўтказувчи ва қабул қилувчи тизим воситалар масаласини бир бутун фан даражасига кўтарди – информация назариясини келтириб чиқарди.

Кўриниб турибдики, кибернетика ва унинг электрон ҳисоблаш машиналари учун информация, уни қайта ишлаш ва маълум мосламалар хотирасида сақлаш энг муҳим аҳамиятга эга бўлган масалалардан биридир.

Шунингдек, кибернетикада энг муҳим масалалардан бири – машиналарни математик таъминлашдир. Яъни ҳар қандай мураккаб масалаларни, жараёнларни машиналаштириш учун уларни акс эттирадиган математик тенгламаларга кўчириш керак ва улар ўзларининг миқдорий ифодасига эга бўлмоғи даркор.

Инсон тафаккурини ташқи оламни инъикос эттиришидаги юқори ва гоят аҳамиятли формаларидан бири – бу информация.

Кибернетика, ҳозирги даврдаги стратегик тадқиқот йўналишига назар ташласак унинг учта катта ва асосий йўналишини қайд қилиш мумкин.

Булар 1) ўз-ўзидан бошқариладиган, ўз-ўзидан уюшадиган машиналар тизимини яратиш, 2) инсон миясини моделлаштириш ва 3) «сунъий интеллект»ни яратиш йўлларида иборатдир. Ушбу муаммоларни тадқиқ этиш йўлида юзларча, мингларча турли мамлакатлар олимлари кўпгина натижаларга эришдилар.

«Сунъий интеллект» ва «инсон мияси» моделини яратиш борасида жаҳон миқёсида бир неча йўналишлар ривожлантирилмоқда. Булардан бири Киевда В.М.Глушков раҳбарлигида

олиб борилаётган кибернетика институтининг тадқиқотларидир. Ушбу институт томонидан яратилган машиналар тизимининг программаларидан бири уч-тўрт яшар бола даражасидаги «билим»ларга эга. Шу ёшдаги болалар билан қилинадиган суҳбат даражасида машина сиз билан бемалол «суҳбатлашади». Унинг деярли ёш боладан «фарқи» йўқ. Олимлар шундай ЭҲМларни яратишдики, улар ёрдамида Уайтхед ва Расселларнинг классик монографиясида тўпланган теоремаларни ҳаммасини бор-йўғи 7 минутда исбот қилиш мумкин.

ЭҲМларнинг кўпгина турлари нарсаларнинг ранги ва ҳидини ажратиш қобилиятига эга. Кўпгина мамлакатларда «ишчи роботлар» ҳам яратилди. Улар завод ва фабрикаларда деталларни тахлаш, бир жойдан иккинчи жойга олиб қўйиш, бир цехга ташиб бориш ва шунга ўхшаш функцияларни ҳам бажармоқдалар.

Информатизациялаш концепциясини ишлаб чиқишнинг муҳим масалаларидан бири шуки, фаолиятни информация билан таъминлаш учун зарур бўлган йиғиш, тўплаш, сақлаш, ахтариш, қайта ишлашлар ва барча информацияни чиқариб беришдан иборат жараёнларни қамраб олган тадбиқ этишларнинг кенг спектрини ва тўлиқ структуралашган информация теологияларни яратишдан иборатдир.

Тадбиқ этишларнинг кенг спектрида информация теологияни унификациялаштириш учун энг камида классификацион структурада кўрсатилган информация ҳақида тасаввурлар, яъни унинг асосий турларининг параметрларининг тавсифи ва классификация фаолиятини информация теологияни таъминлаш мақсадида информация оқимнинг умумий таркиби ва структураси, яъни генерациялаш, фиксациялаш ва информациянинг циркуляция жараёни; фаолиятни информация билан таъминлашнинг барча босқичларида ва ҳамма вақт информацияга ишлов беришнинг процедура (бажарадиган иш тартиби) таркиби ва рўйхати; информацияга ишлов бериш масалаларини ечиш усуллари таркиби ва рўйхати унификациялашган бўлиши керак.

Информация теологияни унификациялаш имкониятлари шу технологиянинг ўзини, шунингдек тўла информацияни қандай даражада ривожланиши учун кенг имкониятлар очиб беради. Табиий-илмий нуқтаи назар асосида ҳозирнинг ўзидаёқ информация теологиялар яратилиши мумкин. Улар шундай даражада унификация қилинганки, бир томондан фаолиятнинг турли соҳаларида қўшимча трансформациясиз ва

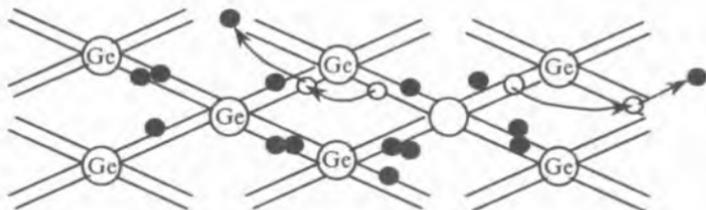
кўниқувсиз фойдаланиш, бошқа томондан эса стабил ва етар-
лича узоқ вақт мукаммаллаштиришга принципаал муҳтож
бўлмаслиги мумкин.

Юқорида баён қилинган ҳолатлар босқичма-босқич, эволю-
цион ва аниқ бир мақсадга қаратилган, яъни ягона истиқбол
режа асосида, реализация усуллари ривожлантириш ва му-
каммаллаштириш, информацийон технологияни тарқатиш ва
фойдаланиш учун асос яратади. Кўйилган масалалар
тўплагани муттасил ечиб борилишининг маъноси шуки, бунда
универсал ижро этувчи ЭҲМдан информацийон технология
техникасига эволюцион ўтишдан бошқа нарсас эмас.

Микроэлектроника.

Ярим ўтказгичлар. Ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги ва уларнинг ҳароратта боғлиқлиги

Яқин вақтларгача моддаларнинг электр ўтказувчанлигини
миқдори бўйича икки турга ажратиб келинарди: ўтказгичлар ва ди-
электриклар. XX аснинг иккинчи ярмидан бошлаб солиштирма
қаршилиги 10^4 Ом-м дан то 10^{-5} Ом-м гача бўлган махсус моддалар
мавжудлиги аниқланиб, текширилиб, улар ярим ўтказгичлар деб
аталди. Ярим ўтказгичларга Менделеев даврий жадвалининг IV
группасига кирувчи германий ва кремний элементлари мисол бўла
олади. Бу элементларнинг кристаллари ковалент боғланишга эга.
Ковалент боғланиш шундай кимёвий боғланишки, бунда панжара
туғунида жойлашган ҳар икки кўшни атомнинг валент электронлари
биргаликда шу кўшни атомлар учун электрон жуфти ҳосил қилади.
9-чизмада ковалент боғланишга эга элементнинг ички тузилиши
(схемаси) кўрсатилган.



9-чизма

Бундай боғланишга эга бўлган соф ярим ўтказгич паст ҳароратларда электр токини ўтказмайдиган изолятор ҳисобланади. Аммо бирор ташқи таъсир туфайли кристалларнинг баъзи қисмларида ковалент боғланиш бузилиши мумкин. Масалан, кристаллни қиздирганда ёки уни ёритганда ковалент панжарадаги электрон ўз энергиясини орттириб, уни ковалент боғланишни бузишга етарли қийматга тенг энергияга эга бўлиши мумкин. Бунда электрон ўз ўрнини тарк этиб эркин ҳолатга ўтиб олади. Боғланиш схемаси бузилиб электрон ўрни бўш қолади. Электрон эса панжара бўйлаб эркин ҳаракат қила олиши мумкин бўлади. Электрон бўшатган жой «тешик» дейилади. Тешик атрофида кристаллнинг электронейтраллиги бузилган бўлади, яъни бу ерда манфий заряд етишмовчилиги сезилади. Манфий зарядни электронлар оралигида бўш қолган ўрни, яъни тешикни мусбат заряд сифатида қабул қилиш мумкин. Шундай қилиб, ковалент боғланиш бузилган тақдирда ҳам манфий зарядли электрон ҳамда мусбат зарядли тешик вужудга келади.

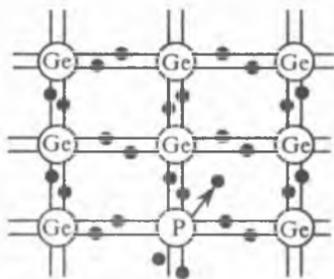
Содда шундай мисол кўриб чиқайлик. Саф тортиб турган болаларни кўрайлик. Шу сафда болаларнинг бири чиқиб кетса, унинг ўрни бўш қолади. Бу ўринни тўлдириш учун ёнидаги болалар кетма-кет кўча бошлайдилар. Бунда гўё бўш ўриннинг ўзи ҳам кўчаётганини сезиш қийин эмас. Шу каби манзара ўтказгичлар ичида ҳам содир бўлиши мумкин. Агар ярим ўтказгични электр майдонига киритсак, эркин ҳолатга ўтган электронлар майдон кучланганлиги йўналишига тескари йўналишида, уларнинг бўш ўринлари – тешиклар эса майдон йўналишида ҳаракат қила бошлайди. Бу билан ярим ўтказгич жисмда электр ўтказувчанлик ҳодисаси содир бўлади. Соф ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги хусусий ўтказувчанлик дейилади. Бундай электр ўтказувчанликда манфий зарядли электронлар ҳаракати билан боғлиқ ўтказувчанлик, ҳамда тешиклар-мусбат зарядлар ҳаракати билан боғлиқ ўтказувчанлик мавжуд бўлар экан. Ток гашувчи электрон ва тешикларнинг концентрацияси ҳароратга боғлиқ. Масалан, активлаш энергияси 1эВ бўлган соф ярим ўтказгичда 300 К ҳароратда электрон-тешик жуфти концентрацияси $n=2 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ бўлар экан. Агар ҳароратни 200 К гача пасайтирсак, $n=2 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$ бўлади. Демак, бу ҳароратда ярим ўтказгичнинг электр ўтказувчанлиги диэлектрик жисмнинг ўтказувчанлигига яқин бўлар экан. Аксинча ҳароратни 100 К гача оширсак, жуфт (электрон ва тешик) нинг концентрацияси $n=4 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ гача ортади. Бу эса электр ўтказувчанликнинг кескин

орғиниға олиб келади. Шундай қилиб, ярим ўтказгичларнинг хусусий электр ўтказувчанлиги ҳарорат ортиши билан ортиб борар экан. Қаршилиқ эса аксинча, камайиб боради.

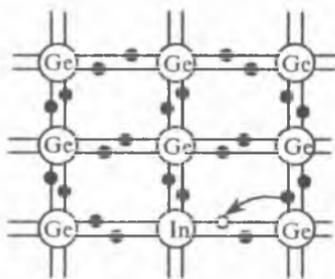
Одатда металллар қаршилиги ҳарорат 1°C га ортса 0,3% га ортади. Ярим ўтказгичларда эса бу ўзгариш 3-6% ни ташкил қилади ва бунда қаршилиқ камаяди.

Ярим ўтказгичларнинг аралашмали электр ўтказувчанлиги

Бирор ярим ўтказгичга бир оз миқдорда бошқа элемент атомлари аралашган бўлсин. Масалан, тўрт валентли германий атомларидан иборат кристалл панжаранинг баъзи тугунларида беш валентли фосфор атомлари жойлашган бўлсин. Бу ҳолда аралашма атомининг тўртта валент электрони қўшни германий атомлари билан ковалент боғланишда бўлади. Бешинчи электрон учун ўрин этишмайди. У ўз атоми билан жуда заиф боғланган бўлади. ҳатто иссиқлик ҳаракати ҳам бу электронни ўз атомидан ажратиб, эркин ҳолатга ўтиши учун етарли бўлади. Шу тариқа ҳар бир аралашма атомларидан биттадан электрон ажралиб чиқиб ярим ўтказгичларда ток ташувчи вазифасини бажаради. Бу ерда хусусий электр ўтказувчанликдан фарқли равишда тешиқ ҳосил бўлмайди. Демак, тўрт валентли элемент атомларига беш валентли элемент атомлари қўшилган бўлса, бундай аралашмали ярим ўтказгичда фақат электронли электр ўтказувчанлик юзага келар экан. Бундай ўтказувчанлик n-типли ўтказувчанлик дейилади (лотинча negative – манфий сўзининг бош ҳарфидан олинган). Бундай ярим ўтказгичлар схемаси 10-чизмада кўрсатилган.



10-чизма



11-чизма

Энди тўрт валентлик германий элементи атомларидан кристалл панжаранинг баъзи тугунларига уч валентлик индий элементи атомлари жойлашган бўлсин. Индийнинг учта валент электрони учта қўшни германий электронлари билан жуфт электрон боғланиш ҳосил қилади. Бунда битта электрон камлиги туфайли унинг ўрни бўш қолади. Бу бўш жойни қўшни германий атомининг электрони тўлдириши мумкин. Аммо бу кўчган электроннинг ўрни яна бўш қолади (11-чизма). Шу тарзда бўш ўрин-тешикнинг панжара бўйлаб кўчиши юзага келади. Энди шу ярим ўтказгичда электрон майдон ҳосил қилинса, тешик майдон йўналишида кўчиб, ярим ўтказгичда тешикли электр ўтказувчанлик пайдо бўлишига сабаб бўлади. Бундай электр ўтказувчанлик р-типли ўтказувчанлик (positive – мусбат сўзининг бош ҳарфидан олинган) деб ҳам аталади. Ярим ўтказгич эса р-типли ярим ўтказгич дейилади.

р-п ўтиш. Икки хил аралашмали ярим ўтказгич бўлсин. Улардан бири р-типдаги ярим ўтказгич бўлиб, бунда заряд ташувчи вазифасини асосан тешиклар бажаради. Иккинчиси п-типдаги ярим ўтказгич бўлиб, унда асосан электронлар заряд ташувчи вазифасини бажаради. Албатта, п-типдаги ярим ўтказгичда асосий бўлмаган заряд ташувчи-тешиклар, р-типдаги ярим ўтказгичда эса электронлар мавжуд бўлади. Аммо уларнинг сони асосий заряд ташувчиларга нисбатан анча кичикдир. Энди шу кристалларни бир-бирига шундай теккизайликки, улар орасида ниҳоятда яхши электр контакт юзага келсин. Яхши контакт бўлиши учун ярим ўтказгичларни оддий механик усул билан жипслаштириш етарли эмас. Кутилган контактни олиш учун турли усуллар мавжуд. Бунда кристалларни қиздириш ва эритиш усулларидан фойдаланилади. Масалан, п-типдаги германий кристаллнинг устига озгина индий кристаллининг парчасини қўйиб, уларни аста секин қиздирайлик. Индийнинг эриш ҳарорати 428 К, германийники эса 1215 К. Шунинг учун ҳарорат ортиши билан индий тезроқ эрийди. Сўнгра индий-германий аралашмаси германий ичига бироз кириб борган қатламни ҳосил қилади. Бу қатлам р-типдаги кристаллдир. Пастда эса п-типдаги германий мавжуд эди. Демак, бизда р-п ўтиш юзага келади. Юқори сифатли контакт мавжудлиги туфайли икки типдаги ярим ўтказгичлар орасида заряд алмашуви содир бўлади. Жумладан, п-типдаги ярим ўтказгичларда электронлар р-турдаги ярим ўтказгичга ўта бошлайди. р-типдаги ярим ўтказгичлардан эса тешиклар п-

типтаги ярим ўтказгичга ўтади. Натижада n-типтаги ярим ўтказгичнинг контакт яқин қисмида электронларнинг етишмовчилиги ҳосил бўлади. Бу эса мусбат қатлам деган мазмунга эга. Ўз навбатида p-типтаги ярим ўтказгичнинг контактга яқин қисмида тешиқларнинг n-типтаги ярим ўтказгичга ўтганлиги сабабли уларнинг етишмовчилиги юзага келади. Бу эса манфий ишорали қатлам ҳосил бўлганлигидан далолат беради. p-n-ўтишнинг соддалаштирилган схемаси 12-чизмада келтирилган.

p-n-ўтишнинг ҳосил бўлиши манфий ва мусбат қатламларнинг

n-тип	+++	---	p-тип
	+++	---	
	+++	---	

12-чизма

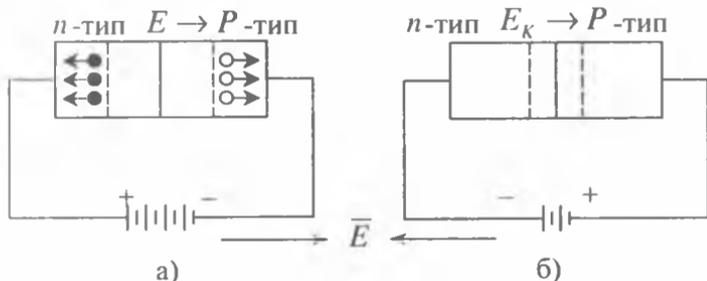
маълум қалинликка эришгунга қадар давом этади. Бунда зарядларнинг биринчи ярим ўтказгичдан иккинчи ярим ўтказгичга ўтиши билан боғлиқ потенциал тўсиқ юзага келади.

Зарядлар кўчишида бу тўсиқ ортиб боради. Бу тўсиқнинг маълум қийматида зарядларнинг ўтиши тўхтаб қолган бўлади. Ўтишда юзага келадиган манфий ва мусбат зарядланган қатламларнинг қалинлиги 10^{-6} - 10^{-7} м чамасида бўлади. Одатда, бу қатлам контакт қатлам дейилади. Нормал ҳароратда контакт қатлам ёпувчи ҳисобланади, яъни зарядларнинг ўзаро ўтишини тўхтатади.

Агар ташқаридан контакт қатламга электр майдон билан таъсир қилсак, ёпувчи қатламнинг қалинлигини ўзгартириш мумкин. Жумладан, p-n-ўтишга қўйилган ташқи электр майдон n-типтаги ярим ўтказгичдан p-типтаги ярим ўтказгич томон йўналган бўлса (13, а-чизма), яъни контакт майдони билан мос тушса, у ҳолда ташқи электр майдон n-типтаги ярим ўтказгичда электронларнинг контактдан узоқлашиш йўналишида, p-типтаги ярим ўтказгичда эса тешиқларни ўтказгичнинг ичкари томон йўналишида ҳаракатга келтиради. Натижада беркитувчи қатлам кенгайди, унинг қаршилиги ортади. Бу йўналишда электр токи деярли бўлмайди. Фақат асосий бўлган зарядли зарралар ҳисобигагина кичик миқдордаги ток ҳосил бўлади.

Энди ташқи электр майдоннинг контакт қатлам майдонга тескари йўналишда ҳосил қилайлик. Бунда электронлар ва тешиқлар p-n-ўтиш чегараси томон ҳаракат қила бошлайди. Улар ўзаро яқинлашиб рекомбинацияга киришади. Контакт қатлам қалинлиги кескин камайиб, унинг қаршилиги ҳам кичик бўлади. Демак, бу йўналишда p-n-ўтишдан электр токи оқа

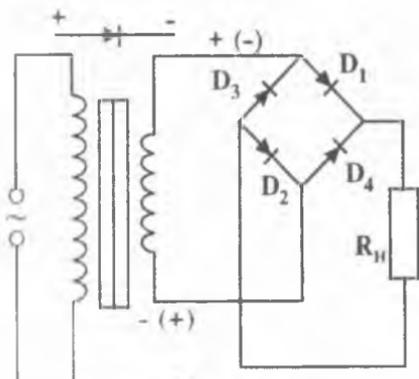
бoшлайди. Бу йуналиш тўғри (ўтказувчанлик) йуналиш дейилади (13, б-чизма).



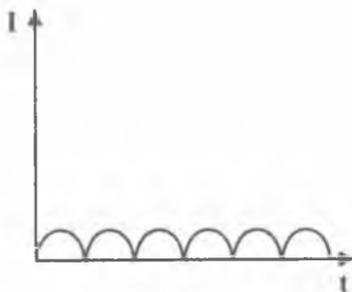
13-чизма

Ярим ўтказгичли диодлар ва транзисторлар

Ўзаро контактда бўлган иккита ярим ўтказгичнинг фақат бир йуналишида ток ўтказиш хусусиятидан ўзгарувчан тоқларни тўғрилашда фойдаланилади. Бу вазифани икки электродли электрон лампа бажарар эди. Бу лампанинг номи диод бўлганлиги учун худди шундай вазифани бажарувчи ярим ўтказгичли асбобни ярим ўтказгичли диод деб аташ одат бўлган.



14-чизма



15-чизма

Фақат биргина р-п-ўтишдан фойдаланганда ўзгарувчан тоқнинг битта ярим даврга тегишли қисмигина қолади. Бу эса

ток кучи миқдорини кескин камайтиради. Шунинг учун кўпгина ярим ўтказгичли диодларнинг бир нечтаси иштирокида тузилган кўприк схемасидан фойдаланилади. Бунда бир йўналишда бўлган иккита p-n- ўтиш билан бир қаторда тескари йўналишда бўлган яна шундай p-n- ўтишнинг схемаси тузилади. Масалани мураккаблаштирмаслик учун ана шундай тўртта диоддан ташкил топган занжирнинг ишлаш қоидасини келтириш билан чегараланамиз. Бу диодлар жуфт-жуфт бўлиб, ўзгарувчан токнинг тоқ ярим давридаги қийматини ҳам, жуфт ярим давридаги қийматини ҳам бир йўналишдаги токка айлантириб беради. Шунинг учун тўғрилагичнинг кўприк схемаси токнинг иккала ярим даврдан фойдаланиш имкониятини беради. 14-чизмада кўприк схемаси келтирилган. 15-чизмада кўприк схемаси ёрдамида тўғриланган ўзгарувчан ток графиги тасвирланган.

1948 йил 1 июлда «Нью-Йорк таймс» газетаси қисқа информация босиб чиқди. Кейинчалик маълум бўлдики, бу янги техника даври бошланганлигидан далолат берувчи хабар экан. 50 йиллар чамаси аввал газетада босилиб чиққан хабарда куйидагилар ёзилган эди: «Кеча «Белл телефон лабораториз» фирмаси биринчи марта ўзи ихтиро қилган асбобни намойиш қилди. Мазкур асбоб транзистор деб аталди ва уни баъзи ҳолларда радиотехника соҳасида электрон лампа ўрнида ишлатиш мумкин. У тез қиздиришга вақт сарфламай дарҳол ишлайди. Чунки радио лампадан фарқли равишда унда қиздириш сими йўқ. Асбобнинг ички элементлари ҳаммаси бўлиб иккита ингичка симдан таркиб топган бўлиб, у металл асосга эритиб ёпиштирилган тўғнагич бошидек катталикдаги қаттиқ ярим ўтказгич материали бўлагига келтириб уланган. Металл асосга жойлаштирилган модда битта сим орқали келган токни кучайтирса, бошқа симда эса кучайтирилган ток оқади. Америкалик физиклар Дж.Бардин, У.Браттейн ва У.Шокли томонидан яратилган ярим ўтказгичли асбобнинг афзаллик томонларини мутахассислар дарҳол пайқаб етдилар. Бунинг учун тўғнагич бошини вакуумли триод ўлчами билан солиштиришнинг ўзи етарли.

Кичик ўлчамга эгалигидан ташқари ярим ўтказгичлар бир қатор бошқа афзалликларга ҳам эга. У анча кам электр энергия истеъмол қилади ҳамда вакуумли лампаларга нисбатан тахминан ўн марта кўп хизмат қилади.

Хуш транзисторларнинг ўзи қандай тузилган ва у қандай ишлайди?

p-n-ўтишнинг хусусиятларидан фойдаланиб электр сигналларни кучайтирувчи қурилма – ярим ўтказгичли триодлар ҳам ясаш мумкин. Одатда, бундай қурилма транзистор деб аталади. Транзисторлар учта юпқа қатламдан ташкил топган бўлиб четки қатламлари бир хил ярим ўтказгичдан, ўртадагиси эса тескари ишорали ярим ўтказгичдан иборат. Масалан, четки қатламларнинг ўтказувчанлиги p-типдан бўлса, ўртадагисиники n-типдан бўлади ва аксинча.

Энди транзистор ёрдамида электр сигнал кучайтириш принципи билан танишайлик. Транзисторда иккита p-n-ўтиш мавжуд. Биринчи p-n-ўтиш эмиттер ва база билан коллектор уртасида. Ушбу транзисторни иккита қарама-қарши уланган p-n диодлардан иборат дейиш мумкин. 12-чизмадаги биринчи p-n-ўтишга тўғри кучланиш, иккинчи p-n-ўтишга (диодга) тескари кучланиш берилади. Бунда тескари кучланишнинг қиймати тўғри кучланишнинг қийматларидан бир неча марта катта бўлади. Тўғри кучланиш таъсирида биринчи p-n-ўтишдан база томонга асосий ток оқади, яъни эмиттердаги тешикларнинг ҳаракати содир бўлади. Тешиклар ўртадаги базага етиб келишгач, у ердаги электронлар билан рекомбинациялашади. Бунда тешиклар сони асосан сақланиб қолиши учун базадаги аралашма атомларининг сони эмиттердаги атомлар сонидан тахминан юз марта кичик қилиб танланади. Натижада электрон билан рекомбинациялашган тешиклар сонининг юздан бир қисмини ташкил қилади. Шу сабабли тешикларнинг кўпчилиги базани кесиб ўтиб бемалол коллекторга ўтади. Тешиклар, яъни мусбат зарядлар сони ток кучига тўғри пропорционал эди. Эмиттерда ҳам, коллекторда ҳам уларнинг сони узаро яқин бўлганлиги сабабли коллектордаги ток ҳам шу қийматдаги ток кучига тўғри пропорционал, яъни ($I_K \approx I_E$).

Коллектор занжиридаги нагрузка қаршилиги (R_K) да кучланиш тушиши қуйидагига тенг бўлади:

$$U_{\text{чик}} = I_K R_{\text{II}} \quad (1)$$

Эмиттер занжирдаги кучланишни эса:

$$U_{\text{кир}} = I_E R_K \quad (2)$$

шаклида ёзиш мумкин. Бу ерда $R_{\text{кир}}$ – занжирнинг кириш қисмидаги қаршилиги (1) нинг (2) га нисбатини кучланиш бўйича олиб, кучайтириш коэффициентини K ни топамиз.

$$K = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кир}}} = \frac{I_r R_n}{I_3 R_{\text{кир}}} \approx \frac{R_n}{R_{\text{кир}}}$$

Шу кунларда кучайтириш коэффициентини $K=1000$ бўлган германий транзисторлари мавжуд.

Вакуумли электрон асбоблар функциясига ўхшаш функцияни бажарувчи алоҳида транзистор ва диодлардан сўнг плёнкавий интеграл схемалар яратиш бошланди. Улар транзистор ва диодлар кристалл сиртига пуркалган кўп қатламли микроскопик структураларга айланиб қолдики, у гўё ўлчами микробдек ўргимчак томонидан ғоят ингичка ипдан тўқилган ўргимчак ипига ўхшайди.

Ҳозирги вақтда интеграл техника шу қадар тараққий этганки, инсон қўлининг бармоғидаги тирноқ ўлчамига тенг сиртга юз минглаб транзистор жойлаштирилиши имконияти мавжуд.

Шуни таъкидлаш керакки, ярим ўтказгичли техник қурилманинг барчаси биринчи транзисторлардан торгиб, ғоят мукамал интеграл схемагача қаттиқ жисмлар физикасининг ихтиролари, хусусан ярим ўтказгичли материалларнинг уникал хоссалари – металллар учун характерли бўлган электрон токдан ташқари тешикли ток ҳосил бўлишида ҳам фойдаланилади.

Интеграл микросхемалар – электрон аппаратурасининг миниатюр функционал узелларининг кашф этилиши туфайли эндиликда электрон ҳисоблаш машиналарининг ҳар хил қисмларини ҳам тайёрлаш ва улар системасига кирувчи туташтирувчи ўтказгичларни ҳар хил механик таъсирлардан муҳофазаланган бутун-бутун герметиклашган блоklar циклида тайёрлаш ва монтаж қилиш имкониятини берди. Интеграллашган микросхемаларнинг кашф этилишини радиоэлектроникадаги буюк кашфиёт деб атамоқ зарур. Чунки эндиликда фақатгина электрон-ҳисоблаш машиналаригина эмас, балки алоқа ва информациянинг ҳамма соҳаларида: радио ва телевидение, радиоалоқа ва космик мосламаларда, шунингдек кўпгина соҳаларда кичик, нафис, юқори сифатли ва чидамли аппаратлар, приёмник ва телевизорлар, телефон ва телеграф аппаратлари, радиолакатор ва шунга ўхшаш ўнларча ва юзлар-

ча ихчам аппаратларни яратишга кенг имкониятлар очиб берди.

Маълумки, радиоэлектрон аппаратлари ҳажми ва оғирлигини максимал даражада камайтириш, уларни енгил ва ихчамлаштириш имконияти электроника фанининг пайдо бўлиши ва ривожин билан боғлиқдир. Ушбу йўлдаги ҳақиқий ютуқлар фақатгина 1948 йилдан кўп энергия истеъмол қилувчи нозик электрон лампалари урнини эгаллаган транзисторлар пайдо бўлишидан бошланди. Лекин ярим ўтказгичли электрон тизимлари ишончлилигини оширишга борган сари ортиб бораётган эҳтиёжни қондира олмади. Бундай эҳтиёжни фақат интеграл микросхемалар бажариши мумкин эди.

Соф кремнийнинг монокристал бўлаги асосида биринчи ярим ўтказгичли микросхемани 1958 йилда америкалик олим Ж. Кибли яратди. 1962 йилда эса микросхемаларни кенг ишлаб чиқариш йўлга қўйилди. Интеграл микросхемаларнинг электрон лампалардан ва ярим ўтказгичли оддий асбоблардан нақадар устунлигини электрон-ҳисоблаш машиналари мисолида кўрсатиб ўтмоқчимиз.

Авиацияда ишлатилган радиолампар асосида қурилган электрон ҳисоблаш машиналарининг биринчи авлоди секин ишлар, фақат бир масалани ҳал қила олар эди. У катта ҳажмли, кўпол ва жуда оғир бўлиб кўп электр энергияни истеъмол қилар эди. Масалан, «Хьюз» фирмаси томонидан 1956 йилда яратилган ЭҲМ 481 радиолампа ва 3364 ярим ўтказгичли диодлардан иборат бўлиб, 1500 Вт қувватли энергия сарфлар эди, оғирлиги 100 кг, ҳажми 140 дм³ эди. ЭҲМларнинг транзисторлар асосида қурилган иккинчи авлоди унчалик кичкина эмас. У ҳам айтарлиқ тезкор эмас ва фақатгина бир масалани ечар эди. Масалан, «Дженерал пресижн» фирмаси томонидан яратилган авиация электрон ҳисоблаш машинаси қуввати 420 Вт электр энергияни истеъмол қилар, оғирлиги 50 кг бўлиб 34 дм³ жойни эгалларди.

Электрон ҳисоблаш машиналарининг учинчи авлодидан бошлаб интеграл микросхемалар асосида ихчам, чидамли, сифатли, кўп программали машина ва қурилмаларни, турли аппаратларни яратиш даври бошланди.

Масалан, «Теледайн» фирмаси томонидан микросхема асосида яратилган учинчи авлод электрон-ҳисоблаш машинасининг тезкорлиги 1 секундда 100 минг операцияни ҳисоблаб чиқади, массаси 20 кг, ишғол қиладиган жойи 23 дм³, электр

энергиянинг истеъмол қуввати бор-йўғи 20 Вт. Улкан микро-схемалар асосида қурилган электрон ҳисоблаш машиналарининг тўртинчи авлоди 1969 йилда яратилди. Ушбу машиналардаги ҳар бир схема илгариги блокли элементларнинг 100 тасига тенгдир. Микроэлементларнинг схемаларга ғоятда зич жойлаштириш туфайли электрон-ҳисоблаш машиналари ҳажми ва оғирлиги электр энергиянинг истеъмолини камайтириш ва уларнинг ишончилигини оширишни жуда юқори даражага кўтарди.

Ҳозирги кунда ишлаб чиқарилаётган машиналарнинг ҳаммаси ҳам интеграл микросхемалар асосида тайёрланмоқда. Уларнинг тезкорлиги шу қадар ошиб кетдики, эндиликда электрон ҳисоблаш машиналари 1 секундда 1-2 миллион ва ундан ортиқ операцияларни бажариш қурбига эга бўлди. Яқин келажакда электрон ҳисоблаш машиналарининг бешинчи авлоди пайдо бўлгач, улар бир секундда бир неча юз миллион, ҳаттоки миллиардгача операцияни ҳисоблай олиши мумкин. Американинг «Минитмен-2» баллистик ракетаси бортига жойлаштирилган микросхема асосида қурилган универсал ҳисоблаш машинаси жуда катта хотирага (6966 сўз) эга бўлиб, борт тизимларининг тўғри ишлашини текширишда, двигателлар ишининг оптимал режимини аниқлашда, учиш траекториясини аниқлашда ва жуда мураккаб масалаларни ҳисоблаш қобилиятига эгадир.

Унинг конструкцияси блоклардан иборат бўлиб, унда 150 микросхема жойлашган, ҳажми 11 дм³ бўлиб, оғирлиги 14,4 кг. Космосни тадқиқ қилиш, космик станцияларнинг Венера ва Ойга юмшоқ қўндирилиши, айниқса «Салют-1» орбитал станцияси билан «Союз» космик кемаларининг ҳамда «Прогресс» автоматик транспорт кемасининг космосда туташуви ва автомат транспорт кема ёрдамида киши бошқарадиган орбитал станцияга турли юкларни, шу жумладан двигател қурилмалари учун ёнилғи элтиб бериш борасидаги ноёб экспериментларнинг муваффақиятли бажарилишини аниқ ва пухта ишловчи ихчам электрон-ҳисоблаш машиналарисиз тасаввур қилиб бўлмайди. Бундай масалаларни икки томонлама, яъни космик учирини марказидаги қудратли ва ниҳоятда тез ҳисоблайдиган электрон ҳисоблаш машиналари ва космик кемалар бортида жойлаштирилган миниатюр ЭҲМлар ёрдамида мураккаб ҳисоблаш операцияларини амалга ошириш натижасида содир бўлади. Ҳар бир космик учишдан олдин электрон ҳисоблаш

машиналари математик моделлаштирилган фазода юзларча мурта назарий «учишлар»ни ҳам амалга оширади. Ҳар хил тавсифларни ҳисобга олади. Маълумки, космик кеманинг ўзи ғоятда мураккаб тизим бўлиб, унга жойлаштирилган ҳар хил тизимларнинг турлича шароитда ишлаш имкониятлари миллионлаб вариантларда намоён бўлади. Уларнинг энг оптимал вариантини ғоятда қисқа вақтда аниқлаш фақатгина электрон ҳисоблаш машиналарининг «қўлидан» келади. Бундай шароитда шу қадар кўп операцияларни ғоятда қисқа дақиқалар ичида ҳисоблаб чиқишни одам уддалай олмайди.

Интеграл микросхемалар транзистор, диодлардан иборат — актив элементлардан ва резистор, конденсатор, индуктив элементлардан иборат пассив элементлардан ташкил топган. Улар ўзаро электр сим билан бириктирилган бўлиб, умумий корпусга жойлаштирилган ва бўлинмас яхлитликка эга.

Микросхемалар технологик принципларга ва функционал вазифаларига қараб тавсифланади. Микросхемалар тайёрлаш технологиясига қараб ярим ўтказгичли ва гибридли турларга бўлинади. Ярим ўтказгичли микросхемаларда элементларнинг ҳаммаси ҳам интеграл метод асосида тайёрланади. Гибридли микросхемаларда эса элементларнинг бир қисми интеграл технология методи ёрдамида тайёрланса, қолган (одатда актив) элементлари эса мустақил конструктив шаклланган тайёр қисмларни монтаж қилиш билан тайёрланади. Булардан эса турлича масалаларда фойдаланилади.

Ҳозирги вақтдаги технологик ишлаб чиқаришда нурли метод (электроннур, ионнур, рентген) вакуум технология билан биргаликда ўлчами 10-25 нм бўлган асбобларни олиш имконини беради. Мазкур диапазонга ўтиш планар жараёнларга хос чеклашлар, асбобларнинг ишлашининг янги физик принциплар билан боғлиқлиги фундаментал масалаларни ечишни талаб этади.

Янги технологик жараёнларнинг ривожланиши туфайли структураларнинг ўлчами бактерия, вирус, макромолекулалар улчамига солиштирса бўладиган бўлиб қолди.

Тезлатилган ионлар дастасини моддалар билан ўзаро таъсирлашуви натижасида улардан мўлжалдаги физик-кимёвий ва электрон-физик тавсифли асбобларни олиш имкониятини берди.

Асримизнинг охирига келиб саноат алоҳида деталларнинг миниатюр ўлчами 0,2-0,3 мкм (200-300 нм) бўлган интеграл

схемаларни ўзлаштириши қутилмоқда. Схепада бундай элементлар сони – бир неча миллиметр квадрат ярим ўтказгич пластинканинг юзасида 1000 марта ортади. Бунда интеграл схеманинг имконияти 1000 эмас, балки ундан ҳам кўпроққа ортади.

Ҳозир ярим ўтказгичли асбобларнинг асосий материали – кремнийдир. Нанoeлектроникага ўтиш диққат эътиборни бошқа материаллар: арсенид-галлий, фосфид-индий, кадмий-симоб-теллуларга жалб этишга мажбур қилмоқда.

Нанoeлектрониканинг ривожланиши билан биргаликда ярим ўтказгичли асбобларнинг архитектураси ҳам ўзгармоқда.

Интеграл схеманинг ва умуман ярим ўтказгичли асбобларнинг ишини белгиловчи жараёнлар одатда сиртга яқин юпқа бир атом қатлами қалинлигидаги қатламда рўй беради. Бу бир ўлчамли архитектура нанoeлектроника эса уч ўлчамли – кўп қатламли структурани яратиш имконини берди. Кўп қатламли структураларни олиш технологияси ҳозирда ишланмоқда. Бу асосда электрониканинг янги фундаментал электроника деб аталувчи йўналиши ривожланмоқда. Бу биринчи навбатда оптоэлектроникадир. Оптоэлектроник структураларнинг ўлчами 100 нм га етиши алоҳида деталининг ўлчами эса 20 нм бўлиши мумкин. Биомолекуляр технология интенсив ўрганилмоқда, инсоният қаттиқ жисмли асбоблар техноло-гияси натижаларидан фойдаланмоқда.

Ўта ўтказувчанлик ва унинг қўлланилиши

Ўта ўтказувчанлик ҳодисасини эллик йиллар давомида қониқарли тушунтириш имконияти бўлмай келди. Аммо биз ҳозирги пайтда бир қатор ҳодисаларни тушунтириб берувчи, ҳаттоки уларни қисман миқдорий баҳолаш имконига эга бўлган микроскопик назарияга эга бўлдик. Бунинг натижасида ўта ўтказувчанлик ҳодисаси асосан тушунарли бўлиб қолди.

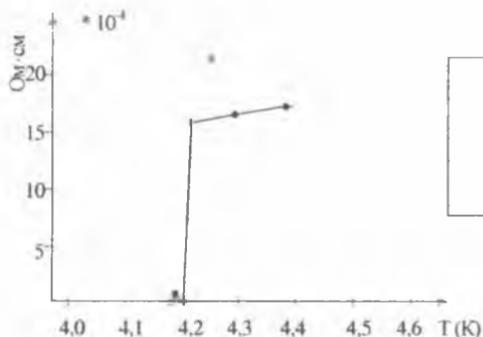
Мазкур ҳодисани техникада қўллаш катта ўта ўтказувчан электромагнитларни яратишдан бошланди. Ҳозирда ўта ўтказувчанликдан электротехникада энергияни узатишда фойдаланиш имконияти интенсив ўрганилмоқда. ўлчаш техникасининг баъзи бир соҳаларида, хусусан магнит ўлчашлар техникасида ўта ўтказувчанликни қўллаш ўлчаш аниқлигини бир неча ўн марта кўтариш имконини берди ва шу билан ҳеч бир муболағасиз ўлчаш техникасида тўнтариш ясади.

Ута ўтказувчанлик ҳодисаси келгусида фақат физикларнинггина қизиқтирмай, балки у билан кўпроқ муҳандислар ҳам тўқнаша бошлайдилар. Бу ҳодиса кенг техник жамоатчиликнинг диққат-эътиборини доимо ўзига тортиб туради.

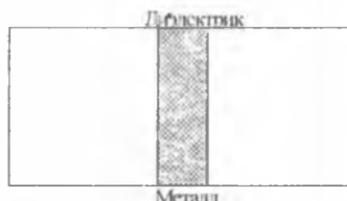
Шунинг учун ута ўтказувчанлик ҳақида асосий тасаввурларни содда, яққол математик формулаларсиз баён этишини олдимизга мақсад қилиб қўйдик.

1908 йилда Гойке Камерлинг Оннес инерт газ бўлган гелийни суюлтиришга эришди. Гелийни суюлтириш экспериментаторлар учун газ ҳароратининг абсолют ноли яқинида тахминан 1 дан 10 К гача бўлган янги соҳани очиб берди. Даставвал, Оннес металлларнинг электр қаршилигини тадқиқ қилишдан бошлади. Ўша вақтлардаги тасаввурларга кўра электр ўтказувчанликнинг механизми ҳақида жуда кўп муаммолар мавжуд эди. Дарҳақиқат, электр токи мавжудлиги электронларнинг тартибли ҳаракати туфайли юз бериши маълум эди. Жуда кўп металлларнинг қотишмаларининг қаршилиги ҳароратга боғлиқлиги ўлчанди ва хона ҳарорати соҳасида қаршилиқ билан ҳарорат орасидаги тўғри пропорционаллик мавжудлиги аниқланди. Ҳарорат пасайиши билан қаршилиқнинг жуда тез камайиб бориши тажрибада кузатилди. Бунда «жуда паст ҳароратларда қаршилиқнинг нолга интилиши ҳам мумкин» деган фикр туғилади. Бу фикр исботини Оннес дастлаб симобда кузатишни мақсад қилиб қўйди, чунки ўша вақтда фақат биргина симоб металлинин кўп марта дистиллаш нули билан ута тоза кўринишда олиш имконияти мавжуд эди. Агар суяқ гелийни қайнаш ҳароратида аппаратура симобнинг қандайдир қаршилигини қайд қилса ҳам, аммо жуда паст ҳароратларда у нолга қадар тушиши керак. Биринчи тажрибалар бу тасаввурни тасдиқлагандек бўлди, симобнинг қаршилиги 4,2 К дан паст ҳароратда шундай кичик бўлдики, ҳатто уни ўлчаш имкони бўлмади. Аммо кейинчалик мукаммаллаштирилган аппаратуралар орқали ўтказилган тажрибаларда кузатилган натижалар Оннес томонидан кутилган қаршилиқнинг пасайишига ҳеч ўхшамасди. 16-чизмада Оннес томонидан келтирилган қаршилиқнинг эгри чизиги тасвирланган. У кузатган ҳодиса тўғрисида қуйидагича ёзади: «Мазкур нуқтада (4.2 К дан озгина паст) ҳароратнинг бир неча юз улушларида қаршилиқнинг тўсатдан пасайиши кузатилади. Бу эса қаршилиқ қийматининг миллиондан бир улушидан ҳам кичик қийматга эга бўлади. Симоб тамомила янги ҳолатга

ўтади». Унинг фавкулотда электр хоссаларини эътиборга олган ҳолда бу ҳолатни ўта ўтказувчан ҳолати дейиш мумкин.



16-чизма



17-чизма

Бу янги ҳодисанинг номи ҳам шундай топилган эди.

Илмий дунёда бу ихтирога қандай аҳамият берилганини 1913 йилда Камернинг Оннесга физика бўйича Нобел мукофоти берилганлигидан билса ҳам бўлади. Аммо ўша вақтларда мазкур кузатиш қандай фундаментал муаммоларни ва жуда қизиқ имкониятларни ўзига яширганлиги ҳеч кимни тасаввурига сигмас эди. Ўта ўтказувчанлик ҳодисасини ҳеч бўлмаганда тушуниш учун ҳам камида эллик йил вақт керак бўлди.

Ўта ўтказувчанлик ҳозирги кунда ҳам «уникал» паст ҳарорат туфайли юза келадиган ҳодиса бўлиб қолди.

Ҳозирги пайтда ўта ўтказгичдан ясалган ҳалқада ҳосил бўлган токни ўлчаш туфайли металлни ўтказгич ҳолатидаги солиштирма қаршилиги 10^{-23} Ом·см дан кичик бўлганлиги маълум бўлди. Бу эса миснинг хона ҳароратидаги қаршилигидан 10^{17} марта кичикдир. Шундай қилиб, токни ўта ўтказувчанлик ҳолида биз амалда қаршиликсиз ҳаракатга ўта ўтказувчанлик деган номни оқлайдиган чексиз ўтказувчанликка дуч келамиз.

Ушбу кузатилган ҳароратдан паст ҳароратда металлларнинг ўта ўтказувчанлик ҳолатига ўтиши кузатилади, бундай ҳароратни критик ҳарорат деб атайдилар. Ўта ўтказувчанлик ҳолатида металллар қандай асосий хусусиятларга эга бўлишлари керак?

Албатта $T < T_k$ да электр қаршиликнинг нолга айланиши ажойиб хусусиятдир. Бундан ташқари, Майснер ва Оксенфельд

томонидан 1933 йилда биринчи марта аниқланишига кўра, T_k критик паст ҳароратларда магнит майдоннинг куч чизиқларини ўта ўтказгичдан тамомила итариб чиқаради. Бу ҳозир Майснер ҳодисаси деб аталади. ўта ўтказувчандан магнит оқимини итариб чиқаришнинг маъноси шуки, унда магнит индукцияси B нинг қиймати 0 га тенг бўлади, яъни:

$$B=4\pi M+H$$

Магнит $\chi=M/H$ қабул килувчанлик эса манфий ва у $\chi=-1/4\pi$ га, яъни ўта ўтказгич нафақат оддий ўтказгичдан иборат бўлиши билан бирга, балки у идеал диамагнетикка айланиб қолади, демакдир.

Майснер ҳодисаси ҳосил бўлишининг физик маъноси шуки, заиф магнит майдонга жойлаштирилган ўтказгичнинг ташқи қатламида қалинлиги $\lambda \approx 100 \div 1000 \text{ \AA}$ бўлган сиртда шундай сўнмас айланма тоқлар юзага келадики, улар ташқаридан берилган магнит майдонини тўлиқ компенсация қилади. λ_L параметр 1934 йилда ака-ука Г. ва Ф. Лондонлар томонидан киритилди ва магнит майдонининг ўта ўтказгич ичи чуқурлигига Лондонча сингиб кириши номини олди. Ўта ўтказгичлардаги (ишқаланишсиз) нодиссипатив ток ҳолати жуда узоқ вақт мумаммо бўлиб қолди. Фақат 1957 йилдан Д.Бардин, Л.Купер, Д.Шрифферлар ўта ўтказувчанликни микроскопик назариясини яратишга муваффақ бўлдилар. Ўта ўтказувчанлик ҳодисасини назарий талқин қилишнинг қийинчилиги нимада? Қийинчилиги шундаки, металлдаги ўзаро таъсирлашмайдиган электронлар ярим спинли квант зарралар ансамблидан иборат бўлиб, у ферми статистикаси билан тавсифланади. Ферми статистикасига кўра, бундай зарралар тизимининг руҳсат этилган ҳар бир энергетик сатҳида фақат иккита қарама-қарши спинли электрон бўлиши мумкин (Паулининг таъқиқлаш принципига кўра). Металларда руҳсат этилган энергетик сатҳлар кенглиги $10^4 - 10^5 \text{ К}$ бўлган зоналарни ташкил этади. Бу чегарада эса сатҳлар бир-бирларидан $\sim 10^{-17} \text{ К}$ катталиқда жойлашади. Бундай шароитда идеал ўтказувчанлик юзага келмайди, чунки электронлар энг яқин сатҳга ўтиш ҳисобига аралашма, дислокация, фононлардан сочилиши мумкин ва шунинг ўзи эса нол бўлмаган электр қаршиликка олиб келади.

Бутун спинликвант зарралар — бозонлар ўзларини бошқача тутадилар. Улар учун Паулининг таъқиқлаш принципи ишла-

майди ва $T \rightarrow 0$ бўлганда барча бозе-зарралар энг қуйи энергетик сатҳга йигилиш имкониятига эга бўлади. Агар энди бундай тизимнинг уйғонишининг энергетик спектри муайян шартларни (Ландау критерияси) қониқтирса, унда етарлича кичик уйғонишларда (таст ҳароратларда заиф электр ва магнит майдонлар) бозе-зарраларининг ҳаракати диссипативсиз бўлар экан. Бозе-системадаги талофатсиз ҳаракатга мисол тариқасида 1940 йилда П.Капица томонидан очилган. Не — суяқ гелийни $T < 2,19 \text{ К}$ ўта оқувчанлиги бўлиб у канал ва ингичка капиллярлар бўйича ишқаланишсиз оқади.

Агар металллардаги электронлар бутун спинли жуфтларга бирлаштира олинса эди, у ҳолда бундай тизимларда, асосан, электрон жуфтларнинг зарядланган бозе — зарралар ўта оқувчанлигини олиш мумкин.

Бу эса ўта ўтказувчанликни ҳосил қилиш демакдир. Аммо электроннинг жуфтлашиши ақлга сиғмайдигандек туюлади, чунки электронлар бир хил зарядга эга бўлгани туфайли улар орасида Кулон итаришиш кучи мавжуд бўлиши керак.

Лекин қаттиқ jismlарда манфий зарядланган электронлардан ташқари кристалл панжаранинг тугунларида мусбат ионлар ҳам мавжуд. Шунинг учун ўзаро таъсирлашувчи электронлар ҳақидаги масалада янги элемент — бу электронларнинг мусбат ион билан ўзаро таъсирлашуви ҳам юзага келади.

Агар электронларнинг бири панжаранинг ионларини ўзига тортиб уни деформацияласа, унда иккинчи электрон ҳам ўша деформация соҳасига тортилади. Натижада кристалл панжара тебранишларига жавоб берувчи квазизарра — фонон алмашинуви воситасида икки электрон орасида самарадор тортишиш юзага келади. Турли хил ўта ўтказгичларнинг магнит майдондаги хатти-ҳаракатини батафсил ўрганиш натижаси шунини кўрсатдики, магнит майдон томонидан ўта ўтказувчанликни бузилишининг ҳарактерига қараб, ўта ўтказгичлар икки тоифага бўлинар экан. Биринчи тоифага кирувчи ўта ўтказгичларнинг бузилиши сакраб ўзгаради, яъни у қандайдир H_K га тенг критик магнит майдонда ўта ўтказувчанлик дарҳол нормал ҳолатга ўтиши туфайли идеал диамагнетизмнинг йўқолиши натижасида магнит майдон металл ичига киради. $T=0$ бўлганда критик майдон H_K нинг катталиги максимал қийматга эришади ва у $T \rightarrow T_K$ бўлганда эса у монотон нолга ($H=0$)га интилади.

1952 йилда А.Абрикосов томонидан башорат қилинган ўта ўтказгичлар иккинчи тоифага тааллуқли бўлиб, унда икки кри-

тик майдон мавжуд – қуйи (H_{K1}) ва юқори (H_{K2}). $H < H_{K1}$ магнит майдонларда Мейснер ҳодисаси тўлиқ кузатилади. Магнит майдоннинг кучланганлик чизиқлари эса ўта ўтказгичлар ичига ғамомила кирмайди. Оралиқ магнит майдон $H_{K1} < H < H_{K2}$ да эса аралаш ҳолат реализация қилинади, унда ўта ўтказгичнинг ϵ_0 диаметри бўйлаб иплар гўё сингиб ўтади. Ипнинг ҳар бири Π майдон бўйлаб ориентирланган нормал фаза соҳасидан иборат бўлиб, у орқали металлдан магнит майдон оқимининг битта квантига тенг $\Phi_0 = 4,14 \cdot 10^{-7}$ Гс·см² оқим ўтади. Бундай ипларнинг биринчиси $H = H_{K1}$ га тенг бўлганда пайдо бўлади. Абрикосов уюрмалари сони, яъни иплар сони майдонга қараб орғиб боради. Бунинг натижасида $H_{K1} < H < H_{K2}$ да магнит майдон намуна ичига қисман киради. Шунга қарамай уюрмалар орасидаги фазода ўта ўтказувчанлик сақланади. Демак, намунанинг қаршилиги ҳали ҳам нолга тенг экан деган фикрни билдиради.

Ўта ўтказувчанликнинг феноменологик назарияси доирасида биринчи ва иккинчи тоифа ўта ўтказгичлар ҳаттиҳаракатидаги фарқ нормал ва ўта ўтказувчанлик фазаларининг ажралиши чегарасидаги сиртий энергиянинг ишораси билан боғлиқдир. Мазкур энергия $\epsilon_0 > \lambda_L \sqrt{2}$ бўлганда мусбат (1-тоифа ўта ўтказгичларда) ва агар $\epsilon_0 < \lambda_L \sqrt{2}$ шарт бажарилса, у манфий бўлади (иккинчи тоифа ўта ўтказгичларда).

Намунанинг ўта ўтказгичлигининг тўлиқ бузилишига жавоб берувчи резистив ҳолати $H > H_{K2}$ майдонда тикланади.

Ўта ўтказгич ҳалқачадаги юзага келган сўнмас токни кузата туриб уни абадий ҳаракатга ўхшатиш мумкин. Энди биз микродунёда шундай ҳодисалар рўй бериши мумкинлигига, албатта ажабланмаймиз. Масалан, атомлардаги Борнинг стационар орбиталари бўйлаб электронларнинг ҳаракати ҳам сўнмас ҳаракатдан иборат. Аммо фақат классик тасаввурларга таянадиган бўлсак, макро объектларда сўнмас ҳаракатни имкони бўлишига психологик жиҳатдан ишониш қийин. ўша ўта ўтказгичлар билан боғлиқ ҳолларда ҳам ҳақиқий квант эффектлар билан тўқнашамиз. Аммо бу галда «улар макроскопик масштабларда содир бўлади» деб тахмин қиламиз.

1962 йилда Жозефсон ғоятда юпқа диэлектрик қатлам билан бир-биридан ажратилган иккита ўта ўтказгич орқали ўта ўтказувчан ток оқишини кузатиш учун гажриба ўтказди. У гуннель контакт деб аталади ва у 17-чизмада тасвирланган. Агар туннель контактдаги металллар ҳароратини $T < T_K$ гача со-

нитселк, металллар ўта ўтказувчан ҳолатда бўлади. Бу ҳолатда ўта ўтказгичларда мавжуд бўладиган жуфт электронлар ҳам диэлектрик қатлам орқали туннел эффект туфайли чапдан ўнгга ва ўнгдан чапга ўтади. Ҳар бир ўта ўтказгичдаги жуфт электронларнинг тўлқин^о функцияси бир хил фаза – ϕ га эга. Диэлектрик қатламда иккала ўта ўтказгичдан чиқарилаётган жуфт электронларнинг когерент тўлқинлари ўзаро интерференцияланади ва у $I=I_{\text{ж}}\sin(\phi_1-\phi_2)$ га тенг экан.

Бунда ϕ_1 ва ϕ_2 – мос равишда биринчи ва иккинчи ўта ўтказгичлар чиқараётган когерент жуфт электронлар тўлқин функцияларининг фазалари. $I_{\text{ж}}$ – эса туннел контакт орқали ўтадиган токнинг максимал қиймати.

Юқорида баён этилган ҳодиса, яъни бир-биридан юпқа диэлектрик қатлам билан ажратилган икки ўта ўтказувчан ҳолатдаги металллардан иборат туннел контакт орқали электр токи оқиши Жозефсоннинг стационар эффекти деб ном олди. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, туннел контактга кучланиш берилмаганда ҳам ўтказувчанлик токи оқади. Металл пластинкалари ўта ўтказувчан ҳолатда бўлган туннел контакт (ўта ўтказгич – диэлектрик – ўта ўтказгич)ни «Жозефсон элементи» деб аталишининг боиси ҳам шунда.

Ўта ўтказгич орасига (квант интерферометр) параллел уланган заиф боғланиш орқали оқиб ўтаётган магнит майдондаги $I_{\text{ж}}$ – токнинг оқим кванти Φ_0 -га нормаллаштирилган ташқи магнит майдоннинг оқимига даврий боғланган экан. Шундай қилиб, квант интерферометр (СКВИД – ўта ўтказувчан квант интерференцион детектор) магнит майдон оқими квантини «санаши» мумкин экан.

Ўта ўтказгичларни қўллаш мумкин бўлган соҳаларини ҳаттоки юзаки санаб ўтилганда ҳам илмий-техник тараққиёт учун ўта ўтказгичларнинг амалда кенг қўлланиши қанчалик аҳамиятга эга эканлиги кўриниб турибди. Шундай бўлгач ўта ўтказгич материаллардан амалда фойдаланиш учун нима тўсқинлик қилмоқда? Бу ерда тўсқинлик қиладиган учта омил: ҳароратли тўсиқ, юқори критик майдон бўйича ва критик ток бўйича тўсиқлар мавжуд.

Ҳароратли тўсиқ ўта ўтказгични совутиш учун жуда қиммат ва «инжиқ» совитгич – суюқ гелийдан фойдаланиш заруратидир. Чунки барча мавжуд ўта ўтказгичларнинг критик ҳарорати $T_{\text{к}}$ жуда пастдир, ҳатто рекордсмен Nb_3Se аралашмасининг критик ҳарорати ҳам 23,2 К ни ташкил этади.

T_K бўйича эзгу орзу бу ерда суюқ азотнинг қайнаш ҳарорати (77K) ҳисобланади. Чунки суюқ азот арзон ва ҳаммабоп хладагентдир. Уни саноатда кўп миқдорда ишлаб чиқарилади. Юқори ҳароратли ўта ўтказгичли материални яратиш муаммоси ечимининг биринчи босқичи тарзида азот тўсиғини $T_K > 77$ К енгилдан иборатдир.

Кучли токли ўта ўтказгич ва ўта ўтказувчан магнит тизимлари учун критик майдон T_{K2} тўсиқ мавжуд. Аммо бу тўсиқлар янф боғланган ўта ўтказгичлар учун унчалик аҳамиятли эмас.

Демак, ўта ўтказгичлар физикасида биринчи навбатдаги муаммо критик ҳароратни кўтаришдан иборатдир.

Юқори ҳароратли ўта ўтказгичларнинг очилиши

1986 апрел ойида «Zeitschrift für Physik» журнали редакциясига Швейцариядан Беднорц ва Мюллернинг хабарномаси келиб тушди. У камтарона «Ba-La-Cu-O тизимида бўлиши мумкин бўлган юқори ҳароратли ўта ўтказувчанлик» деб аталар эди. Мазкур хабардан сўнг қаттиқ жисмлар физикасида янги йўналиш – оксидли юқори ҳароратли ўта ўтказгичлар физикаси пайдо бўлганлиги равшан бўлиб қолди. Бу ишнинг муҳим ўрин тутиши нафақат ўта ўтказувчанлиги мавжуд бўлган соҳа учун юқори ҳарорат томонидан чегара мавжудлиги тўғрисидаги афсонани йўқ қилганлигида ҳам эмас (Дастлаб баъзи бир назарий баҳолашлар асосида чегара 30 К деб белгиланган эди), балки металл оксидли қиритмалар худди шундай объектларки, улар орасида критик ҳарорат катта қийматга эга бўлган ўта ўтказгичларни ҳам учратиш мумкинлиги кўрсатиб берилди.

К.Мюллер ва Г.Беднорцнинг биринчи ишлари илмий дунёни шу йўналишда ҳаракат қилиш имконини берди. Оксидли қиритмалар билан бутун дунё лабораторияларида фаоллик билан шуғулана бошладилар, бирин-кетин бу соҳада ихтиролар қилина бошланди.

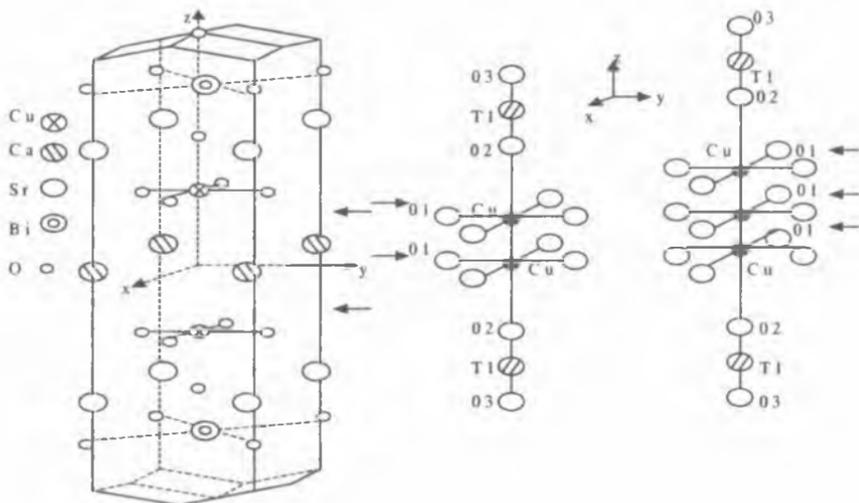
Ярим йил ўтиши биланоқ 1987 йилнинг биринчи ярмида «1 2 3 тизим» деб аталувчи $ABa_2Cu_3O_7$ синтез қилинди. Бундай тизимнинг критик ҳарорати 90-95 К ни ташкил этди ва металлнинг турига қараб А жуда озгина ўзгаради. А металл сифатида иттрий ёки бўлмаса исталган лантаноидлардан бири, масалан Gd, Ho, Ru, Lu ва бошқалар бўлиши мумкин.

Нисбатан яқинда, яъни 1992 йилда 170 К ҳароратда ўта ўтказувчанлик хусусиятига эга бўлган янги материал олинди.

Бу материалда ўта ўтказувчанлик фақат азот билан совитилганда эмас, балки ксенонда ҳам юзага келади. Берилган бирикма мис, стронций ва кальций оксидларидан таркиб топган бўлиб у нисбатан оддий структурага эгадир.

18-расмда γ $Ba_2Cu_3O_7$ нинг кристаллографик структураси келтирилган. Ундаги таркибда мис ва кислород атомлари (Cu-O) бўлган иккита текисликнинг мавжудлигига диққат-эътиборни жалб қилайлик. Улар C ўққа перпендикуляр жойлашган ва Cu-O атомлари ҳамда ўқи бўйлаб чўзилган. Мазкур аралашмадаги худди шу хоссалари аралашмада ўта ўтказувчанликнинг юзага келишига сабаб деб тахмин қилинади.

1988 йилнинг бошида бир вақтда Европа, Осиё ва Американинг лабораторияларида критик ҳарорати 100 ва 125 K бўлган янги висмутли ва таллийли аралашмалар синтез қилинди. Мазкур аралашмаларнинг кристаллографик структурасининг таркибида Cu-O дан иборат ажратилган чизиқли соҳалари йўқ бўлса ҳам, бироқ бу атомлардан ташкил топган текисликлар янгидан аниқ кўринди. Бу икки ўлчамли текислик Cu-O мавжудлиги ёки кислороднинг балки бошқа элемент билан катта критик ҳароратнинг ҳосил бўлишига шароит туғдиради, деб тахмин қилишга имкон берди.



18-чизма

Юқорида ўтказилган тажрибалар натижаси шуни тасдиқладики, кислородли текисликлар кристаллографик панжа-

ранинг асосий объектларидан иборатлиги тўғрисидаги тахминларни юқорида ўтказилган тажрибалар натижаси тасдиқлайди. Мазкур текисликлар оксидли бирикмаларнинг электр ўтказувчанлигига қандай масъул бўлса, ўта ўтказувчанликнинг унда юзага келишига ҳам шунчалик масъул экан.

Ҳозирги замон тасавурига кўра, металлларда ўта ўтказувчанликнинг юзага келиши ўтказувчан электронларнинг энергетик жиҳатдан кўпроқ қулай бўлган, конденсирланган деб аталувчи ҳолатга ўтишига боғлиқдир. Унда ўтказувчан конденсат электронларининг жуфтларга боғланиши ҳақидаги тасаввур мазкур ҳодисани тушунишнинг муҳим моментларидан бири ҳисобланади. Аниқланишича, ўта ўтказгичнинг барча қисмида ток ташувчининг заряди $2e$ га мос равишда тенг бўлган электрон жуфти юзага келади. Бунда жуфтликнинг электронлари муқаррар ёнма-ён бўлишлари керак деб ўйлаш, албатта соддалик бўлар эди. ҳақиқатда эса улар орасидаги масофа жуда катта бўлиши ҳам мумкин. У когерентлик масофаси деб аталади ва ξ ҳарфи билан белгиланади, яъни

$$\xi = h\nu_F / \Delta \quad (1)$$

(1) ифодада ν_F — ферми-электронларининг тезлиги, яъни $T=0$ да металлнинг электронлари ҳаракатланадиган тезлик.

Δ — энергетик тешик кенглиги.

h — Планк доимийси.

1987 йилдан бошлаб, янги очилган ўта ўтказгичларни ба- тафсил тадқиқ қилиш бошланди.

Мазкур ишлар натижасида янги оксидли ўта ўтказгичларнинг асосий макроскопик хоссалари илгари яхши ўрганилган “гелийли” ўта ўтказгичлар хоссаларидан фарқ қилмаслиги катта аниқлик билан белгиланди. Тажрибаларнинг кўрсатишича, у моддаларда магнит оқими кванти $\Phi_0 = hc/2e$, Шапиро зинапоялари кучланиши ҳам $U_n = h\nu_n/2e$ га $3 \cdot 10^{-4}$ гача аниқлик билан тенг. Бу янги синф ўта ўтказгичларда ҳам заряднинг кўчиши жуфтлаб равишда амалга ошишидан далолат беради.

Дастлаб кашф қилинган ўта ўтказгичлардан янги ўта ўтказгичларнинг фарқи ўта ўтказувчанлигининг бузилишига сабаб бўлувчи магнит майдон чегаравий қийматини ўлчашда намоён бўлади. Аниқланишича, бу моддаларда H_{K2} нинг $T=0$ К яқинида магнит майдоннинг фавқулодда катта (миллион эр-

стедга тенг) қиймати кузатилад экан. H_{K_2} нинг $T \rightarrow 0$ К даги ва $T \rightarrow T_K$ да dH_{K_2}/dT нинг қатор моддалар учун қийматлари қуйидаги жадвалда келтирилган. Янги ўта ўтказгичларнинг барчаси иккинчи тоифага мансуб ўта ўтказгичлардан иборат экан. Оксидлар улкан кристаллографик анизотропия магнит майдонига эга эдилар. Ташқи магнит майдон C ўқи бўйлаб ёки унга перпендикуляр йўналганлигига қараб H_{K_2} нинг қиймати ўн марталарга фарқ қилади. Шунга мос равишда (1) формулага кўра аниқланган когерентлик узунлиги C ўқи бўйлаб ва перпендикуляр бўлган йўналишда турлича бўлади. Энг катта фарқ 40 марта $Bi_2Sr_2CaCuO_6$ бирикмада кузатилади, унинг C ўқи бўйлаб когерентлик узунлиги $\xi=1E$, C ўққа перпендикуляр бўлганда эса $\xi=42E$ эга.

1-жадвал

Юқори ҳароратли оксидли ўта ўтказгичлар тавсифлари

Аралашма	T_{CK}	$\frac{dH/dT}{T \rightarrow T_c}$	H_{K_2} Максимал қиймат	ж Г-А
Ba $Pb_{0,75}$ $Bi_{0,750}$ O_2	12	50	4,5-6	70-80
$La_{1,3}$ $Sr_{1,2}$ CuO_4	35	145	35	130
Y Ba_2 Cu_3 O_7	91	165	230	230
Ba_2 Sr_2 $CaCu_2$ O_y	81		400	
Tl_2 Ca_2 Ba_2 Cu_3 O_x	125		130	

Агар C ўқни ток йўналишига перпендикуляр жойлашадиган қилиб тайёрланса, у ҳолда Y Ba_2 Cu_3 O_7 плёнкадан иборат намуналарда критик токнинг сезиларли катта зичлигини олиш мумкин экан. Бундай намунанинг 77 К даги ток зичлиги 10^6 А/см² қийматга эришади, бу охириги назарий қийматга жуда ҳам яқиндир. Критик токнинг бу қиймати энди юқори ҳароратларда ўта ўтказгичлардан амалда фойдаланишга имкон беради.

Юқори ҳароратли ўта ўтказгичлар бўйича ишларнинг шиддат билан ривожланиб бориши унга илмий қизиқишдан ташқари мазкур ҳодисадан амалий мақсадларда қўллаш имконияти билан ҳам боғлиқ. Критик ҳарорати 23 К дан юқори бўлмаган одатдаги ўта ўтказгичлардан турли амалий масалаларни ечишда авваллари ҳам қўлланилган. Энди

қўлланишларнинг ҳаммасини шартли икки йўналишга ажратиш мумкин: криоэнергетика ва криоэлектроника.

Электр энергиясининг ўта ўтказгич симлари бўйлаб ҳеч қандай йўқотишсиз узатиш жуда жозибали бўлиб туйилса, амалда уларни сарфлаш харажати жуда ҳам кўпайиб кетиши тўғрисида энергетик жиҳатидан жуда ҳам қўлай эмас. Бунинг устига ҳозирги замон электр узатиш симларида энергия йўқотишлар унчалик катта ҳам эмас. Шунинг учун ўта ўтказгичларни одатда совитиш муаммоси енгил ечиладиган ихчам тизимларда фойдаланишни афзал билганлар.

Биринчи навбатда магнитплазмовий генераторларнинг ишлаши учун зарур бўлган катта магнит майдонларни олиш зарур бўлган қурилмаларда ҳамда термоядровий синтезни бошқарадиган қурилмаларни яратишда улардан қўлланилади. Бундай қурилмаларда бир неча куб метр ҳажмда бир неча ўн минг эрстед магнит кучланганликка эга бўлган магнит майдон зарур бўлади. Ҳозирги пайтда жуда кўп мамлакатларда бундай катта қувватли магнит қурилмалар ишлаб турибди.

Криоэнергетиканинг бошқа йўналиши ўта ўтказгичли урамларга эга бўлган турли ҳил мотор ва генераторларни яратишдан иборатдир.

Криоэлектроникада, асосан, ўта ўтказгич контурида магнит майдон оқимининг квантланиш ҳодисаси ва Жозефсон ўтишининг хоссасидан фойдаланилади. Бу соҳада муҳим бир қатор йўналишларда жиддий ютуқларга эришилди. Улар жумласига ҳисоблаш техникасининг энг тез ишловчи элементларини ишлаб чиқиш ва электромагнит нурланишни ҳамда электр ва магнит майдонларининг ўзгаришини қайд қилувчи асбоблар яратишни киритиш мумкин. Бундай йўналишларда шундай қурилмалар яратилдики, улар ўзларининг параметрлари бўйича олдин маълум бўлганларнинг барчасидан устун туради.

Бу биринчи навбатда ўта ўтказувчан квантли магнитомер СКВИДларга тааллуқлидир (СКВИД деб номланишининг маъноси — ўта ўтказувчан квант интерференцион узатувчи бўлиб, у инглизча Superconducting Quantum Interference Device. СКВИД-SQUID деб аталади).

СКВИДнинг асосий элементи бўлиб бир ёки икки Жозефсон ўтишига эга бўлган ўта ўтказгичли контур хизмат қилади. Контурдаги магнит оқим квантланади ва контурнинг тавсифи гашқи магнит майдон ΔH нинг ўзгариши $\Delta H_S/\Phi_0$ га даврий боғлиқ бўлади. Бунда S — контур юзи. Контур тавсифининг

Ўзгариши у билан контактда бўлган электрон схема ёрдамида қайд қилинади.

Мазкур схеманинг ҳозирги замон шовқинлари минимал квантли чегара — $\Delta E = h = 10^{-34} \text{Ж} \cdot \text{с}$ гача камайиши мумкин. Амалда кўпичча шовқин даражаси бундан юқори $10^{-29} \text{Ж} \cdot \text{с}$ бўлган асбоблардан фойдаланилади. Аммо ушбу магнит майдон Ер магнит майдони қийматидан миллиард марта кичик бўлган магнит майдонларнинг ўлчаш учун ҳам етарли бўлар экан. Магнит майдонни кичик частотали ўзгаришларини қайд қилишда мазкур асбобларнинг сезгирлиги ўзига хос бўлиб, унга бошқа усуллар ёрдамида эришиб бўлмайди.

СКВИДларнинг юқори сезгирлиги туфайли бу асбоб ғоят нозик ўлчашларни амалга оширишда қўлланилади. Масалан, инсон мушаклари қисқаришида ҳосил бўладиган тоқлар туфайли пайдо бўладиган магнит майдонларини тадқиқ қилишда ёки тирик организмнинг фаолияти туфайли инсон миясида пайдо бўладиган токни ўрганишда фойдаланилади.

Албатта, бу асбоблар фан ва техниканинг бошқа соҳаларида (масалан, археология ва геофизикада) ҳам қўлланилади. СКВИД ёрдамида геофизик қидиришда ер қалинлигига қараб ўтказувчанликнинг қандай ўзгаришини аниқроқ ўлчаш имконияти туғилади. Масалан, бунинг учун ташқи манба ёрдамида ерда тоқлар уйғотилади ва уларни вақт бўйича сўнишига қараб, тоғ жинсларининг ўтказувчанлиги аниқланади. Лойдан ясалган археологик буюмларнинг санасини аниқ белгилаш усулларидан бири бу буюмларни тайёрлаш жараёнида юзага келган магнит майдон катталиги СКВИДлар ёрдамида ўлчанади. Кейин эса магнит майдоннинг вақтга боғлиқлигига қараб тайёрлаш жойида буюмларни тайёрлаш вақти (санаси) аниқланади.

Ўта ўтказувчанлик асосида криоэлектроника элементлари ҳам фақат критик тажрибалардан паст ҳароратларга қадар совитилгандагина ишлашлари мумкинлиги равшан. Авваллари бу мақсадлар учун суюқ гелийдан фойдаланар эдилар. Гелий Ер юзида кам тарқалган элементдир. Уни биринчи марта Куёшда мавжудлиги кашф қилинган. Атмосфера ҳавосининг фақатгина $10^{-4}\%$ ни ташкил этади. Газсимон гелий ёнилғи газдан олинади. Уни таркибида гелий 1-4% ни ташкил этади.

Янги юқори ҳароратли ўта ўтказгичлар учун $T_K = 100 \text{ К}$ совитувчи суюқлик тарзида суюқ ҳаво ёки азотдан фойдаланиш мумкин, у эса 77°К да қайнайди. Газсимон азотнинг манбаси чексиз-чегарасиздир. Ҳамма ерда гўё эски гелийли ўта

Ўтказгичларни «азотга» ўтказилса фақат бўлди, иқтисодий фойдидан бошқа нарса эмасдек туюлади. Ҳақиқатда шароит бунчалик оддий эмас.

Янги ўта ўтказгичдан ҳозирги пайтда ясалган буюмлардаги критик ток зичлигининг унчалик катта бўлмаганлиги учун криоэнергетиканинг ҳамма жойида шу материални қўллаш имконияти йўқ. Бу материалдан зарур элементларни яратишда ислида ҳозирги пайтда технологик масалаларни ечишда фақат биринчи қадамлар қўйилмоқда, холос. Криоэлектроникада ақнол бошқача. Бу соҳа учун юқори ток ташувчанлик хусусияти талаб этилмайди. Бу ерда Физика муаммолари институтининг ва Умумий физика институти олимларининг иштирокида керамикадан СКВИД яратиш масаласи ҳал этилди. Мазкур асбоб 1987 йилнинг иккинчи ярмида яратилди ва у азот ҳароратида ишлаб сезгирлиги $2\text{-}5\cdot 10^{-8}$ Гс/с га тенг. Албатта бу асбобнинг сезгирлиги худди шундай 4,2 К да ишлайдиган асбоб сезгирлигининг иссиқлик шовқинлари туфайли анча паст. Аммо шовқин жуда катта бўлса ҳам у амалий ўлчашлар учун етарли. Бу ҳолда ҳам жуда кўп ечилмаган муаммолар мавжудлигига эътибор бериш керак.

Балки кейинги муҳим қадам электрон ярим ўтказгичли қурилмаларнинг ички симларини ўта ўтказгичларга алмаштириш мумкин бўлар. Бунда уларнинг энергия сифimini камайтириш ва тезлигини ошириш имконияти мавжуддир. Аммо бу масалани ечиш учун жуда кўп технологик ишланмалар талаб этилади.

Ўта ўтказувчан ғалтак ва соленоидлар ёрдамида ҳозирнинг узида жуда катта 200 кЭ гача магнит майдонлар ҳосил қилинмоқда. Бошқарувчан термоядровий синтез муаммосини ечиш учун фавқуллодда иссиқ плазмани деворлардан узоқда ушлаш масаласини ҳал қилиш керак бўлади. Акс ҳолда бундай плазмага тегиб кетган ҳар қандай қийин эрийдиган материални ҳам дарҳол буглатиб юборади. Шунинг учун плазма махсус шаклга эга бўлган кучли магнит майдон ёрдамида ушлаб турилади.

Кучли магнит майдонли ёстиққа асосланган транспортни ва турли магнит подшипникларни ишлаб чиқариш зарурати пайдо бўлди. Япониядаги лойиҳаларнинг бирида поезднинг тезлигини 400-500 км/соатга етказишни мўлжалламоқдалар. Бундай поездлар рельслар устида 2-3 см масофага осилиб туради. Бу ҳолда унга мўлжалланган тезликка эришиш имкониятини беради.

Ядро физикаси ва элементар зарралар физикасида янги авлод тезлаткичларини ўта ўтказувчан магнит тизимларидан фойдаланиш асосида қурадилар. Чунки оддий ўтказгичлар тизимларининг имкониятлари чегараланган.

Юқори ҳароратли ўта ўтказгичлардан фойдаланиб ҳозирги вақтда азот ҳароратида ишлайдиган экранлаш муаммоси ҳал этилди. Мазкур экранлаш тадқиқ қилинаётган объектни ташқи магнит майдонидан амалда тамомила изоляция қилиш имконини беради (ташқи магнит майдондан экранлаш 10^{17} мартага этади). Бу жуда кўп тадқиқотлар учун муҳим аҳамиятга эга.

Шундай қилиб, қисқа вақт ичида юқори ҳароратли, ўта ўтказувчанликни турли соҳаларда қўллаш имкони яратилди. Юқори ҳароратли ўта ўтказувчанлик муаммоси устида барча мамлакатларнинг ўн минглаб олимлари ишламоқда. Авваллари тарихда шунга ўхшаш бирор муаммога шунча олимларнинг қизиқиши рўй берган эмас. Олимларнинг бир йўналиш бўйича бундай концентрацияси, бу соҳа интенсив ривожланади деб умид қилиш имконини беради.

Суюқ кристаллар ва уларнинг қўлланиши

Суюқ кристаллар — суюқлик ва кристалл хоссасига эга бўлган моддалардир. «Суюқ кристалл» деган атаманинг ўзида гўё қарама-қаршилик мавжуддек туюлади. Моддалар суюқ деб аталиши учун у ўзи солинган идишнинг шаклини эгаллаши керак. Кристалл эса умумий қабул қилинганига кўра қаттиқ жисмдир. Демак, суюқ кристалл модданинг ўзига хос агрегат ҳолати бўлиб, унда бир вақтнинг ўзида ҳам кристаллик, ҳам суюқлик хусусиятлари намоён бўлар экан.

Шуни таъкидлаш керакки, ҳамма моддалар ҳам суюқ кристалл ҳолатида бўла олмайди. Биз билган моддаларнинг кўпчилиги учта агрегат ҳолатда бўлиши мумкин. Мураккаб молекулаларга эга бўлган баъзи органик моддалар юқоридаги учта ҳолатдан ташқари тўртинчи ҳолатда ҳам бўлиши мумкин. Мазкур ҳолат баъзи моддалар эритилаётганида юзага келади. Улар эритилаётганида оддий суюқликдан фарқланувчи суюқ кристалл фазаси ҳосил бўлади.

Мазкур фаза кристаллнинг эриш ҳароратидан бошланиб қандайдир ундан юқори ҳарорат интервалида мавжуд бўлиб, уни айни шу интервал чегарасидан юқори ҳароратга қадар қиздирилса суюқ кристалл оддий суюқликка айланиб қолади.

Суюқ кристалл нимаси билан суюқ ва оддий кристаллдан фарқ қилади ва нимаси билан уларга ўхшайди? Суюқ кристалл худди суюқликка ўхшаб оқувчанликка эга. Шунинг учун у ўзи солинган идишнинг шаклини олади. Аммо суюқликка ўхшайдиган хусусиятига қарамасдан, унда кристалларга хос хусусият ҳам мавжуддир. Бу — кристаллни ҳосил қилувчи молекулаларнинг фазода тартибланишидир. Гарчи тартибланиш одатдагидек тўлиқ бўлмаса ҳам, аммо шунга қарамасдан у суюқ кристаллар хусусиятига жиддий таъсир кўрсатади. Шунинг билан ҳам улар оддий суюқликдан фарқ қилади. Суюқ кристаллни ҳосил қилувчи молекулаларнинг фазода (тўлиқсиз) чала тартибланиши шунда намоён бўладики, молекулалар оғирлик марказининг фазода жойлашишида гарчанд қисман тартибланиш мумкин бўлса ҳам, аммо унда тўлиқ тартибланиш кузатилмайдди. Бунинг сабаби, уларда қатъий кристалл панжара йўқ. Шунинг учун суюқ кристаллар худди оддий суюқликка ўхшаб оқувчанлик хусусиятига эга.

Суюқ кристаллни оддий кристаллга яқинлаштирадиган асосий хоссаларидан бири — улардаги молекулаларнинг фазовий ориентациясида маълум тартибнинг мавжудлигидир. Бундай тартиб масалан, суюқ кристалл намуна молекулаларнинг барча узун ўқлари бир хил ориентацияланганида намоён бўлиши мумкин.

Мазкур молекулалар чўзилган шаклга эга бўлиши керак. Молекула ўқларининг биз айтган энг оддий тартибланишларидан ташқари, суюқ кристалларнинг молекулаларида бундан ҳам мураккаб ориентацион тартибланиш амалга ошиши ҳам мумкин.

Молекулалар ўқларининг тартибланишининг кўринишига қараб суюқ кристаллар уч турга бўлинади: улар нематик, смектик ва холестерик турлардир.

Суюқ кристаллар 1888 йилда австриялик ботаник-олим Ф.Рейнитцер томонидан биринчи марта олинган ва тадқиқ қилинган. Унинг томонидан синтез қилинган янги модда холестерил бензоат иккита эриш нуқтасига эга эканлиги маълум бўлди. Мазкур қаттиқ жисмнинг ҳарорати 145°C га етганда, у лойқа суюқликка айланади. 179°C ҳароратда эса суюқлик тиниклашиб қолади, яъни ўзини оптик нуқтаи назаридан оддий суюқликдек, масалан сувдек тутати.

Холестерил бензоатнинг лойқа фазасида кутилмаган хосса-си аниқланди. Рейнитцер поляризацион микроскоп остида

мазкур фазани кузатганда у иккиланма нур синдиришга эга эканлиги маълум бўлди. Бунинг маъноси шуки, ёруғликнинг синдириш кўрсаткичи, яъни ёруғликнинг бу фазадаги тезлиги қутбланишга боғлиқ бўлар экан. Иккиланма нур синдириш ҳодисаси – бу типик кристаллга тегишли эффект бўлиб, шундан иборатки, кристаллдаги ёруғлик тезлиги ёруғликнинг қутбланиш текислигининг ориентациясига боғлиқ.

Суюқлик изотроп бўлиши, яъни унинг хусусиятлари йўналишига боғлиқ бўлмаслиги керак эди, лекин иккиланма нур синдиришнинг мавжудлиги парадоксиал бўлиб кўринди. Шунинг учун суюқликнинг хусусиятини батафсил ўрганиш мақсадида Рейнитцер немис физиги Леманни ёрдамга чақирди. Лойқа фазанинг Леман томонидан тадқиқ қилиниши шуни кўрсатдики, у икки фазали тизимдан иборат эмас экан, яъни оддий суюқлик ўзининг таркибида кристалл киритмаларга эга бўлмай, балки бу модданинг янги фазавий ҳолати экан. Бу фазавий ҳолатни Леман суюқ кристалл деб атади.

Смектиklar

Смектиklar (грекча смегма – совун) деб номланган моддалар сигарасимон шаклдаги молекулаларидан ташкил топган бўлиб у молекулаларнинг катта ўқлари бир-бирига параллел ориентацияланган қатламлар тўпламини ҳосил қилади. Баъзи смектик моддаларнинг молекулалари янада кўпроқ тартибланган бўлиб, улар ҳар бир қатламда бир тўғри чизиққа сафланади, бошқа моддаларда эса молекулалар бетартиб жойлашади. ҳар қандай ҳолда ҳам берилган қатламдаги молекулаларнинг катта ўқлари бир-бирига параллел ва қалинлиги битта молекулани ташкил этувчи қатлам текислигига перпендикулярдирлар. ҳосил бўлган (конфигурациялар) қиёфалар бир тартиб билан, иккинчиси эса тартибсиз, экилган икки хил жўхори майдонига ўхшайди (19-чизма).

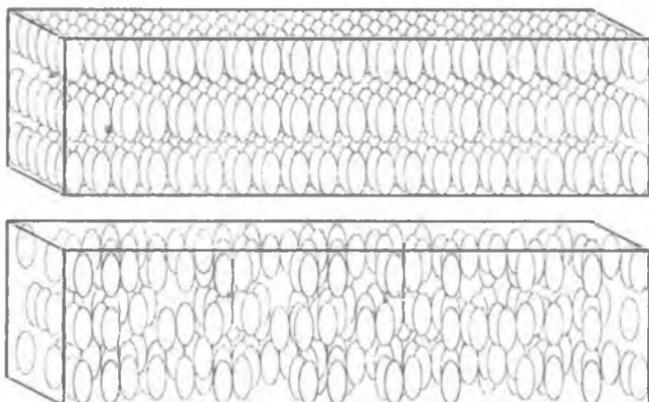
Смектик суюқ кристалл моддаларнинг энг кенг тарқалган мисоли тарзида совун кўпигини келтириш мумкин. Совун пуфакларининг ташқи ва ички сиртлари орасида сув бўлиб у смектик қатламлардан иборат бўлади. Сиртки (четки) қатламдаги совун молекулаларидан ўзаро тортиши пуфакнинг барқарорлиги учун зарур бўлган сиртий боғланишини ҳосил қилади. Суюқликда жойлашган совун кўпигининг ўлчами кат-

тиланса, у ҳолда совуннинг эркин молекулалари қатламдан жой олиб сиртий парданинг ўлчамини оширади.

Агар пуфак сиқилса, сувнинг молекулалари қатламдан сиқиб чиқарилади ва у яна қайтадан суюқлик эритмасига қийтиб утади.

Парадоксбензолга ўхшаш типик смектик моддада молекуляр қатламлар гоята серҳаракат бўлади. Агар яккаланган молекулалар қатламини тайёрлаш ва гравитацион куч таъсир этмайдиган фазога жойлаштириш имкони бўлса эди, у ҳолда қўшни молекулалар орасидаги ўзаро тортишиш кучи асосий таъсир кучи бўлиб қолганлиги туфайли мазкур қатлам ясси сирг кўринишини олган бўлар эди. Агар бундай қатлам эгриланган бўлса, унда у тўғирланиб яна ясси бўлиб қолади. Қандайдир сондаги бундай смектик қатламлар, худди китоб варрақларига ўхшаб бир-бирини устига қўйилиб дастанни ҳосил қилади, деб ўзимизча тасаввур этайлик. Бунда кейинги тартибланишга тенденция шу маънода ҳосил бўлар эдики, ундаги бир қатлам молекулаларнинг охири ёндош қатлам молекулаларининг охирига нисбатан муайян ҳарактерли шаклда жойлашади. Қаттиқ кристалл худди шундай ҳосил бўлиши ҳам мумкин. Унда зарраларнинг фазода жойлашишида ҳар бир йўналиш тартибна қайтариш билан тавсифланади. Смектик фазадаги моддаларда ҳарорат қатламлараро боғланишни сусайтириш учун старлича юқори. Аммо у қатламларнинг ўзини бузилиши учун старли эмас.

Баъзи ҳолларда берилган қатлам ичидаги кристалл структура ҳаттоки бузилиши ҳам мумкин. Бунинг натижасида қатлам ўзини худди иккиланган суюқликдек тутати. Бундай қатлам ўзига ўхшаш қўшни қатламлар устидан қаршиликсиз сирпаниши мумкин. Фақат қутбланган ёруғликни ўтказадиган микроскоп ёрдамида смектик суюқ кристалл модда кузатилганда у ўзини оптик жиҳатидан уч ўлчамлик кристаллдек, хусусан кварцга ўхшаб тутати. Демак, қатламга перпендикуляр равишда тарқалаётган ёруғлик тезлиги қатламга параллел тарқалаётганига нисбатан кичик экан. Бошқача қилиб айтганда, молекуланинг узун ўқи бўйлаб ёруғлик кўндалангига нисбатан кичик тезлик билан тарқалади. Бундай типдаги кристалл структуралар оптик мусбат структуралар деб аталади.

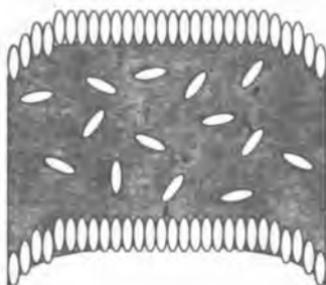


19-чизма. Сметтик суюқ кристаллар параллел қатламлар пачкасидан таркиб топган. Уларда молекулалар алоҳида қаторларга тартибланган (юқоридаги модел), тартибсиз жойлашган (пастдаги модел). Барча молекулаларининг узун ўқлари қатлам текислигига перпендикулярдир. Бир-бирининг устида сирпаниши учун қатлам етарлича эркин. Шунинг учун бундай моддаларда икки ўлчамли суюқликларнинг механик хоссалари вужудга келади.

Иккинчи гуруҳга кирувчи суюқ кристалл моддаларни Фридел нематик структуралар деб атади. Нематик грекча нема сўзидан олинган бўлиб унинг ўзбек тилидаги маъноси «ип» демакдир. Фридел бу номни шу сабабга кўра танладики, бундай моддалар таркибида микроскопик ипсимон структуралар мавжуд бўлиб уларнинг охири ёхуд эркин, ёхуд идишнинг деворига ёпишувчан бўлади. Нематик суюқ кристаллар сметтик моддалар даражасида тартибланмаганлиги маълум. Нематик фазада молекулалар шундай тартибланганки, уларнинг алоҳида узун ўқлари бир-бирига параллел бўлса ҳам, аммо улар алоҳида бир қатламга тўпланмаганлар (20-чизма). Нематик кристаллар ҳам худди сметтик кристаллга ўхшаб оптик мусбатдирлар.

1930 йилнинг бошларида нематик моддаларнинг умумий молекуляр структураси қарама-қарши мулоҳазаларнинг юзага келишига сабаб бўлди. Худди шу вақтда немис физиклари Орнштейн ва Кастлар «нематик моддалардаги молекулалар бутун ҳамж буйлаб эмас, балки фақат айрим соҳаларда параллел ўқларга эга бўлган гуруҳ ёки «уя» ларга тўпланган» деган фикрни илгари сурдилар. Улар турли хил нематик моддаларни магнит майдондаги хатти-ҳаракатига қараб ўз хулосаларини чиқардилар. Оддий нема-

тик модданинг молекулалари электр ва магнит майдонда ҳудди темир кукунлари каби таъсирлашади: жуда кичик «майдонинг ўзиёқ молекулаларнинг узун ўқларини бир-бирига параллел жойлаштиради. Энди масалан, парадоксбензолга ўхшаган нематик модданинг оқиш йўналишига перпендикуляр қилиб заиф магнит майдони йўналтирилса, унинг ёпишқоқлигига таъсир кўрсатиши мумкин. Шунга ўхшаш тажрибаларга асосланиб Орнштейн ва Кастлар «узун ўқлари параллел бўлган молекулаларнинг локал уялари мавжуд» деган хулосага келдилар.



20-чизма.

Совун пуфагининг кўндаланг кесими пуфакнинг ички ва ташқи сиртларини ҳосил қилувчи қатламлари кўрсатилган. Сиртқи қатламларида қўшни молекулаларининг тортиши (чўзилган ёруғ таёқчалар) совун пуфагида зарур бўлган сирт таранглигини юзага келтиради. Агар совун пуфаги оз миқдорда кенгайса қатламлар орасидаги суюқликда бўлган эркин молекулалар сиртқи қатламда ҳосил бўлган бўшлиқларга жойлашадилар. Бу парданинг сиртини кенгайтиради. Чизмада совун молекулаларининг ўлчами жуда катталаштирилиб кўрсатилган, аслида улар жуда кичик бўладилар.

Уларнинг тахминларича, ҳар бир уя таркибида бир миллионга яқин молекулалар жойлашган бўлади. Яқинда швециялик олим К.Озен нематик моддадаги молекулаларнинг барча ўқлари бир-бирига параллел, уларнинг ўзлари эса модда бўйлаб бир хилда жойлашганлигини исботлади. Турли нематик моддаларнинг механик ва термик хусусиятларини ўрганиш натижасида у шу фикрга келди. Ҳозирги вақтда уя назарияси гўё ишонч қозонмагандек бўлиб турибди.

Кристалларнинг учинчи гуруҳини Фридел холестерик деб атади. Таркибида холестерик мавжуд бўлган жуда кўп сондаги бирикмалар учун молекуляр тузилиш ҳарактерли бўлганлиги гуфайли улар холестерик деб аталди. Холестерик фазанинг ху-

сусияти кўп жиҳатидан смектик ва нематик фазаларнинг хусусиятига ўхшаш. Аммо Фредел нематик ва холестерик фазаларни жуда ҳам яқинлигини пайқайди.

Холестерик суёқ кристаллардаги молекулалар ҳам смектик суёқ кристаллардаги молекулалар каби қатламларга тўпланганлар. Аммо ҳар бир қатламнинг ичида молекулалар ўқининг бир-бирига нисбатан жойлашуви эса нематик фазани эслатади. Холестерик молекулаларнинг узун ўқи қатлам текислигига параллел бўлганлиги учун холестерик моддадаги қатламлар жуда юпқа бўлади.

Бу ерда ҳар бир молекула асосан ясси конфигурацияга эга бўлиб унга молекула текислиги остида ва устида жойлашган ёндош занжир тарзида CH_3 метил гуруҳи қўшилган бўлади. Бундай ғайриоддий кўриниш шунга олиб келдики, ҳар бир қатламдаги молекула узун ўқининг йўналиши қисман олдинги қатламга мос йўналишдан оғади. Мазкур оғиш ҳар бир қатлам учун ўртача 15 ёй минутни ташкил этади ва у қатламлар кетма-кетлиги ўтган сари тўпланади. Оғиш шу сабабли тўлиқ ҳолдаги оғиш спиралини ҳосил қилади. Холестерик суёқ кристаллар молекулаларининг шундай архитектураси баъзи бир ўзга соҳа оптик хусусиятларига олиб келади. Хусусан, агар чизиқли қутбланган ёруғлик молекуляр қатламларга перпендикуляр равишда йўналтирса, унда ёруғлик тўлқини электр векторларининг йўналиши пайдар-пай спирал бўйича чапга бурилади. Шунинг учун электр векторининг йўналиши ва ёруғликнинг тарқалиш йўналиши билан аниқланувчи қутбланиш текислиги ҳам ёруғликни ўтказувчи модданинг қалинлигига пропорционал бўлган бурчакка, яъни чап томонга бурилади. Ёруғликнинг қутбланиш текислигини (буровчи) айлантирувчи кристалл моддалар оптик актив модда деб аталади. Масалан, альфа-кварцнинг кристаллари ёруғликнинг қутбланиш текислигини модда қалинлигининг ҳар бир миллиметрида 20^0 чамасидаги бурчакка бурайди ва у ғоятда актив ҳисобланади. Бошқа томондан, оптик актив холестерик модда эса қутбланиш текислигини 180^0 чамаси бурчакка буради. Бу эса ҳар бир миллиметрга 50 та бурилишга мос келади. Шунга ўхшаш типдаги суёқ кристалл моддалар орасида энг оптик актив модда ҳисобланади.

Холестерик суёқликнинг типик кристалл оптик хусусиятларидан яна бири — унинг доиравий дихроизмга эга бўлишидир. Агар табиий оқ ёруғлик холестерик моддага туши-

рилса, у икки нурга ажралади. Уларнинг бирида электр вектор соат стрелкаси бўйича бурилса, бошқасида унга тескари йўналишда бурилади. Модданинг типига қараб компонентларнинг бири ўтказиб юборилса, иккинчиси эса қайтарилади. Холестерик модда учун ҳарактерли бўлган худди шу хусусият камалак рангни ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Рангларнинг у ёки бу комбинацияси модданинг турига, ҳароратга ва оқ ёруғликнинг қандай бурчак остида тушишига боглиқ экан.

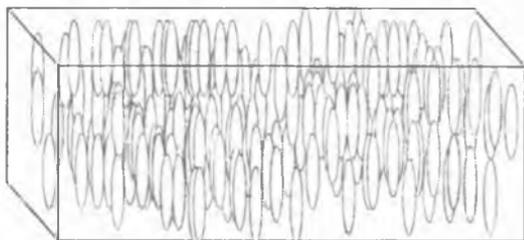
Смектик ва нематик моддаларга қарама-қарши холестерик суюқ кристаллар оптик манфийдирлар. Бунинг маъноси шуки, молекуляр қатламларга перпендикуляр тарқалаётган ёруғликнинг тезлиги максимал қийматга эга бўлади. Уччала суюқ кристалл моддаларга хос хусусият иккиланма нур синдирилишининг мавжудлигидир. Суюқ кристалл моддаларни идентификация қилишнинг энг оддий усулларидан бири уни иккиланма нур синдиришга текширишдир.

Холестерик суюқ кристалл модданинг молекуляр структураси ниҳоятда нозик мувозанатлашган ва бу мувозанатни жуда осон бузиш мумкин. Демак, ҳар қандай озгина уйғониш, молекулалар орасида мавжуд бўлган заиф кучларни бузиши мумкин. Бунинг натижасида модданинг оптик хоссаларида қайтариш, ўтказиш, иккиланма нур синдириш, айланма дихроизм, оптик активлик, рангланиш каби оптик хусусиятлари ўзгариши мумкин. Холестерик модданинг структурасидаги озгина ўзгариш туфайли ҳароратга қараб рангларнинг ўзгариши эҳтимол бу оптик ўзгаришларнинг энг таъсирли манзарасидан иборатдир. Холестерик ҳолатда модда ҳароратга қараб, дастлаб бинафша, кейин ҳаворанг, кейин кўк, кейин сариқ, қизил ва ниҳоят қайтариш максимум инфрақизил соҳага ўтганда улар яна рангсизланади. Кейинги совитиш туфайли мазкур моддаларни смектик фазага ўтказилади. Бунинг натижасида улар ҳам рангсизланади.

Шуни таъкидлаш керакки, ҳамма холестерик суюқ кристаллар ҳам ҳароратнинг ўзгариши билан бир хил тарзда таъсирланмайди (21-чизма).

Мисол учун баъзилари ўз рангини фақат қизилдан яшилгача ўзгартиради, бошқалари қизилдан яшил ва кўк ранггача ёки қизилдан яшил ранггача сўнгра янгидан қизил бўлиб қолади. Шундай суюқ кристалл моддалар ҳам мавжудки, улар ҳароратнинг ўзгаришига нисбатан таъсирланмайди. Асосийси шуки, ҳар қандай ҳолда ҳам холестерик моддалар ёки уларнинг

комбинацияси (аралашмаси) муайян ҳароратда фақат бир хил рангга эга бўладилар. Демак, холестерик моддани турли пропорцияда қўшиб, исталган ҳарорат-ранг олиниши мумкин экан (бунда исталган ҳароратда рангнинг интенсивлиги турли бошқа омиллارга суяқ кристалл фазасининг қиздириш ва совитиш тарихидан олдинги давр, модда суртилган сиртнинг турлича боғлиқлигини қамраб олади).

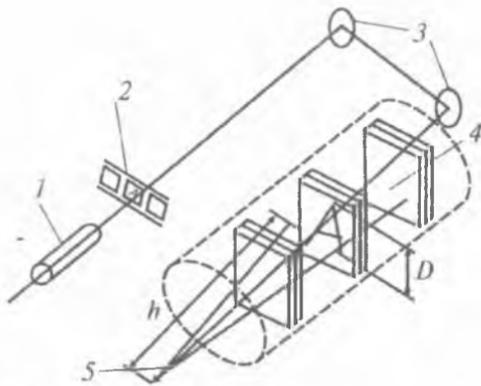


21-чизма.

Нематик суяқ кристаллар молекулалари смектик моддаларга қараганда анча тартибсиз жойлашган бўлади. Молекулаларнинг узун ўқлари ўзаро параллел бўладилар, лекин қатлам ҳосил қилмайди.

Смектик кристаллар ҳам, нематик кристаллар ҳам қаттиқ жисмларнинг оптик хусусиятларини ўзида намоён қиладилар.

Юқорида суяқ кристалларни турли хил турлари тўғрисида гапириб ўтдик. Аммо ҳар бир физик ҳодиса унинг очилишидан то техникада кенг қўлланилгунга қадар маълум йўлни босиб ўтади. Шу йўлни ўтиш учун жуда кўп амалий тадқиқотлар ўтказиш керак, алоҳида конкрет элементлар учун техник ечимлар топилиши керак. Охир оқибатда ҳалқ истеъмоли моллари технологиясини топиш ва уларни ўзлаштириш керак. Шу йўлда физик принципдан тайёр маҳсулотгача бўлган техник ва технологик муаммоларни ечишда материални танлаш, қурилмани узоқ ишлаш муддати, унинг иқтисодлиги, ишончлилиги кўпинча муҳим аҳамиятга эгадир. Шунинг учун ҳаётга йўл олган конкрет техник ечим ва қурилмалар ҳақида қисқача гапирамиз.



22-чизма. Кўз аккомодациясини ўрганувчи асбобнинг принципиал схемаси:

1-ёруғлик манбаи; 2-проекцияланган объект; 3-оптик тизим элементлари; 4-суюқ кристалл ячейкаларидаги тасвирнинг имконий урни; 5-бемор кўзи.

Электр пайвандловчи учун маска (ниқоб). Электр пайвандлаш учун одам қора ойнали ҳимоявий маска қияди. Мана пайвандлаш чоки ҳам тугади. Кейин нима қилиш кераклигини қараш керак. Бунинг учун маскани кўтариш керак, чунки қора ойна орқали эса кўп нарсани кўриб бўлмайди. Шунинг учун Германия фирмаларидан бири пайвандчилар учун янги маскани чиқарди. Унда маскадаги қора ойна, иккита суюқ кристаллдан ясалган ёруғ юпқа қатлам билан алмаштирилади. Бу биз таниш бўлган твист ячейка бўлиб, у фотоэлементдан бошқарилади. Электр ёй чақнаши билан суюқ кристаллнинг молекулалари фотоэлементдан берилган командага кўра бурилади ва ёруғликни тамомила ўтказмайди. Пайвандлаш тўхташи биланоқ молекулалар дастлабки ҳолатига қайтади ва тескарисига ўтиш секунднинг бир улушини эгаллайди, холос. Кўз учун бу бир ондан иборат. Қанчалик ишлаш қулай бўлса, ишлаб чиқариш унумдорлиги ҳам шунчалик юқори бўлиши тўғрисида гапирмаса ҳам бўлади.

Медиклар учун асбоб. Озарбайжон давлат университетиди асосий элементи суюқ кристалли ячейкадан иборат бўлган асбоб яратилди. Мазкур асбоб кўзнинг аккомодациясини тадқиқ этиш учун ишлатилади. Бу асбобнинг асосий вазифаси кўздан турли масофаларда жойлашган объектлар инсон томонидан қаралгандаги кўзнинг аккомодациясини тадқиқ қилиш, унинг вақтий тавсифини ва аккомодация жараёнида бўлиши мумкин бўлган патологик ўзгаришларни ўрганишдан иборатдир. Асбоб-

нинг ишлаш принципи 22-чизмада тасвирланган. Пациент кўзи билан қаралаётган объектнинг асбобдаги тасвири кўздан ҳар хил масофада жойлашган бир неча суюқ кристалл ячейкалар ёрдамида юзага келтирилади. Шифокор асбобнинг тумблёрини бураши билан ўз хоҳишига кўра кўздан турли масофадаги тасвири (яъни турли суюқ кристалли ячейкаларда) улаши ва махсус окуляр орқали пациент кўзининг реакциясини кузатиши мумкин.

Юқорида тавсиф этилган пайвандчининг ниқобида суюқ кристалл ячейкага қўйилган кучланиш таъсирида молекулалар қайта ориентацияланган бўлса, бу асбобда ундан фарқи - бошқа эффектдан, чунончи ячейкада ёруғликнинг динамик сочилиши ҳодисасидан фойдаланилади, ячейканинг ўзи эса экран вазифасини ўтайди. Агар ячейкага кучланиш берилмаса, унда тиниқ ва узоқ проекцияланаётган объектнинг тасвири кўринмайди. Кучланишнинг берилиши мазкур ячейкани динамик сочиш ҳолатига ўтказди. Унда худди жилосиз ойнадагидек, проекцияланаётган асбобнинг тасвири кўринар экан. Шундай қилиб берилган асбобда суюқ кристалл ячейкалар экранни кўчиш экранни вазифасини, яъни пациентнинг кўздан турли масофалардаги тасвирларни бажаради.

Матрицавий қурилмалар

Ҳар бир ячейкаси электр кучланишни узатадиган ўзининг алоҳида каналлари ёки оддий тилда айтганда ток ўтказгичлар билан таъминланган суюқ кристалл ячейкали қурилмалар тўғрисида гапириб ўтдик. Ҳозирча бизларда СК-ячейка битта ёки бир неча мисол учун қўл соати индикаторидаги ҳар бир ячейкага бошқарувчи кучланишни алоҳида узатишнинг ҳеч қандай муаммоси йўқ. Энди қандайдир қурилма учун миллион атрофидаги ячейкалар зарур бўлсин ва бу ячейкаларнинг ҳар бирининг тавсифларини бир-биридан мустақил бошқариш зарурияти туғилгандаги ҳолатини тасаввур этиб кўрайлик. Жуда катта ахборотни акс этирувчи телевизион экран ёки дисплей яратмокчи бўлсак, у ҳолда шундай шароит туғилиши мумкин. Бу ҳолда бошқарувчи кучланишни узатиш тизимини яратиш муҳим муаммога айланади.

Агар бу масалани тўғридан-тўғри ҳал қилсак, яъни ҳар бир ячейкани кучланиш узатувчиларни индивидуал каналлари билан таъминласак, у ҳолда телевизион экранни ёки дисплей учун ячейкаларга сигналларни етказувчи миллион жуфт атрофидаги

Ўтказгич керак бўлади. Масалани бундай усулда ечиш амалда мумкин эмас, демак бошқа йўлни ахтариш керак. Мана шу ерда энди СК-ячейкаларни матрицавий бошқариши қўл келади. Бунда фақат етказувчи каналнинг ўзи билан эмас, балки бир-данига жуда кўп сонли ячейкаларни бошқариш амалга оширилади. Бунинг қандай амалга оширилиши 23-чизмада тасвирланган.



23-чизма. Матрицавий дисплейнинг тузилиш схемаси:

а-энг содда кўринишда; б-ночизикли электрон элементларни қўллаш билан.

Кучланишни узатувчи ўтказгичлар тизими иккита ўзаро перпендикуляр ва бир-бирдан изоляцияланган параллел ўтказгичлар тизимчалари тўпламидан иборат бўлиб, улар квадратсимон панжарани ёки бошқа сўз билан айтганда матрицани ҳосил қиладилар. Иккита ўзаро перпендикуляр ўтказгичлардан иборат тизимча орасига суюқ кристалл материал қатлами жойлаштирилади. Ўзаро перпендикуляр ўтказгичлар кесишган жойи СК-ячейкадан иборат бўлади. Шундай қилиб, матрицавий тизим, етказувчи симлар сонини кескин камайтириш имкониятини беради. Мисол учун юқорида тавсиф қилинган усулда миллион ячейкаларнинг ҳар бирини индивидуал бошқаришда талаб қилинадиган икки миллион етказувчи урнига фақат икки минг етказувчининг ўзи етарли бўлар экан.

Амалда кучланишни бошқарадиган узатувчи тизими ток етказувчи шаффоф материал SnO_2 дан иборат параллел йўлчасимон қисм кўринишида амалга оширилади. Бунда суюқ кристалл қатламнинг икки қопламасига SnO_2 шундай суртилганки, қарама-қарши қопламалардаги йўлчасимон қисмнинг йўналиши уларга перпендикуляр равишда йўналган бўлади.

Бундай ячейкалар матрицаси қандай ишлайди? Кесишган электродларга узатиладиган бошқарувчи кучланишлар режими (катталиги ва қутби) шундай танланганки, ячейка фақат икки кесишган электродларга сигнал узатилгандагина (улар қарама-қарши қутбга эга) ўз ҳолатини ўзгартиради, электродларни фақат биттасида сигналнинг бўлиши эса ячейкани ҳолатини ўзгартрмайди. Шундай қилиб, биз қараётган матрицанинг исталган элементини ўзгартириш мумкин.

Мазкур оддий матрицавий тизимнинг ишлаши таҳлил қилиб кўрилса, унинг камчилигини осон пайқаш мумкин. Демак, бундай матрица элементларининг ҳолати тўлиқ мустақил эмас экан. Масалан, агар вақт бўйича ўзгармас бўлган кучланишлардан фойдаланилса, биз бу матрицани турли қатор ва устунларга жойлашган матрицани икки элементининг ҳолатини ўзгартирсак, яъни тўрт электродга кучланиш узатиб бизга керак бўлган элементларнинг ҳолатини ўзгартирсак таъминловчи тўрт электродга узатилган кучланиши унда матрицанинг яна икки элементи ҳолатининг ўзгариши муқаррар юз беради. Тўртта жуфтлашган параллел электродлар тўрт жойда кесишиши билан боғлиқ бўлган оддий далилдир. Матрицалар элементини бундай номустақилликдан қутилиши учун уларнинг ҳолатини ўзгариши қисқача импульсли кучланиш узатилиши билан амалга оширилиши керак. Шу сабабли матрица элементлари ҳолатининг ўзгариши вақт бўйича кетма-кет рўй беради. Шу йўл билан ҳолатларни бир-бирига ўзаро таъсирини йўқотиш имконияти туғилади. ҳар бир суяқ кристалл элемент матрицасига кетма-кет қилиб ночизиқли элементни улаш матрицавий тизимнинг тавсифини яхшилаш имконини беради. Бу ўринда кремнийли пластина суяқ кристалл қатлам қопламларидан бирининг вазифасини ўтайди. Шуниси муҳимки, матрицавий қурилмаларни интеграл схемаларда қўллаш унинг вақтий тавсифини яхшилаш имконини беради.

Электрон луғат ва суяқ кристалл телевизор

Суяқ кристалли матрицавий дисплейларни ва микроэлектрон техникасининг иттифоқи ҳозирда Японияда чиқара бошланган ҳозирги замон электрон луғатини юзага келтирди. Улар хотирасига икки тилдаги сўзлар киритилган ва матрицавий дисплей ва алфавит клавиатура билан таъминланган оддий чўнтак микрокалькулятор ўлчамидек бўлган миниатюрарий

ҳисоблаш машинкасидан иборатдир. Клавиатура буйича бир тилдаги сўз терилса, сиз дарҳол дисплейда шу сўзнинг бошқа тилдаги таржимасини кўрасиз.

Сиз тасаввур қилинг: ҳар бир мактаб ёки олий ўқув юрти бундай лугат билан таъминланса, чет тилларига ўқитиш жараёни қанчалик энгилашарди ва мукамаллашар эди. Бундай лугат таржимонларнинг мукамаллаштириш йўлини ҳам тасаввур этиш осон, фақат бир сўз таржима қилинмайди, балки бутун гап таржима қилиниши ҳам мумкин, бундан ташқари таржима товушли бўлиши ҳам мумкин. Қисқаси, бундай лугат-таржимонлар жорий қилинса тилларни ўрганишда ва таржима техникасида инқилобдан дарак берарди.

Телевизор экрани тарзида фойдаланиладиган матрицавий дисплейга талаб юқорида тавсиф этилган лугат таржимонга қўйилган талабга қараганда тез ишлаши буйича ҳам ва элементлар сони буйича ҳам анча юқори экан. Агар телевизион стандартга мувофиқ экрандаги тасвир 625 сатрдан шакланса (ҳар бир сатр худди шунча сондаги элементлардан ташкил топади), бир кадрни ёзиш вақти эса 40 мс га тенг бўлади. Шунинг учун суюқ кристалл экранли телевизорларни яшаш амалда жуда қийин масаладир. Шунга қарамай мазкур масаланинг техник ечимининг биринчи муваффақиятлари кўриниб турибди.

Ҳозир Япониянинг «Сони» фирмаса ҳажми экранининг ўлчами 3,6 см бўлган амалда кафтга сигадиған жажжи оқ-қора тасвирли телевизорни ишлаб чиқаришни йўлга қўйди. Келгусида суюқ кристалли катта экранли оқ-қора тасвирли телевизорлар қандай яратилса, рангли тасвирлиси ҳам шундай яратишига ишончимиз комил.

Бундан ташқари суюқ кристаллар тиббиётда беморларга ташҳис қўйиш учун қўлланилиши мумкин. Шу мақсадда ультратовушли рентген яратилди. Бунда инсон аъзоси рентген нури билан эмас, балки ультратовуш билан ёритилади, ультратовуш инсон учун мутлоқ зарарсиздир.

Электр майдонига жойлаштирилган юпқа суюқ кристалл қатламида дифракцион панжарага ўхшаш фазовий — даврий структуралар вужудга келади. Маълум шароитларда структура даври ва дифракцион максимумларнинг интенсивлиги намунадаги кучланишга боғлиқ бўлиб қолади. Бу ҳолдан бошқариладиган дифракцион панжаралар яратишда фойдаланиш мумкин. Анча катта электр майдонларда суюқ кристалларнинг дастлаб тиниқ намунаси, ёруғликни кучли сочилиши

туфайли у хира — лойқа бўлиб қолади. Электр майдон олингандан сунг намуна узининг дастлабки ҳолатига қайтади (ёпишқоқлиги катта бўлган смектиктан бошқалари, у тасвирири узоқ вақт «эслаб» қолади). Юқорида айтилганга кура, лазер нури билан смектикни оптик уқига кундаланг сиқиш ва уни кейинги кескин совитилиши (лазер нурининг учирилиши) смектик текисликнинг сиқилишига олиб келади. Бундаги оптик уқларни «сиқиш» дифракцион панжара тарзида намоён бўлади: нурларнинг интерференцияланиши туфайли экрандаги оптик манзара ёруғ ва қоронғи йўлларнинг алмашилишидан иборат бўлади. Смектиkning қалинлигини унинг умумий қалинлигининг мингдан бир улушига чўзсак, смектик текисликларнинг тўлқинсимон эгриланишига эришиши мумкин. Юзага келадиган эгриланишнинг даври (панжара даври) миллиметрнинг мингдан бир улушига тенг қийматдан иборатдир. Бу эса одатдаги панжаранинг 1 см узунлигига 10000 штрих чишишга мос келади.

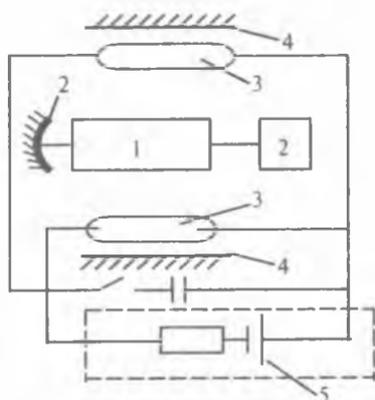
Қаттиқ жисмли лазерлар

Актив муҳити кристалл ёки шиша бўлган лазерлар қаттиқ жисмли лазерлар номини олган. Қаттиқ жисмли лазерларда инверс бандлик кристалл ёки шиша таркибидаги қоришма ионларида ҳосил қилинади.

Қоришма ионлари сифатида ташқи электрон қаватлари бўлган ҳолда ички электрон қаватлари тўлмаган. Хром, никель, кобалт, неодим, эрбий ва бошқа моддаларнинг ионлари қўлланилади. Қаттиқ жисмли лазерларда инверс бандликни ҳосил қилиш учун оптик ғамлаш усулидан фойдаланилади.

Актив муҳит бир неча шартларни қондириши керак. Жумладан у катта кучайтириш коэффициентига эга бўлиши, оптик бир жисм, механик мустаҳкамлиги юқори, иссиққа чидамли, юқори иссиқлик ўтазувчанликка эга, ўлчамлари етарли даражада катта бўлиши керак. Кўриниб турибдики, бу талабларнинг ҳаммасига жавоб берувчи моддалар сони анчагина чегараланган. Биз шулардан энг кенг тарқалганлари асосида ясалган лазерларни кўриб чиқамиз.

Қаттиқ жисмли лазернинг тузилиши 24-чизмада кўрсатилган.



24-чизма. Қаттиқ jisмли лазернинг тузилиши:

1-актив муҳит; 2-резонатор кузгулари; 3-газ разрядли лампа; 4-нур қайтаргич; 5-энергия манбаи.

Бундай лазер актив муҳит — 1, резонатор — 2, оптик ғамлаш учун газ разрядли лампа — 3, нур қайтаргич — 4 ва энергия манбаи — 5 дан тузилган. Чизмада актив муҳитнинг совитиш қурилмалари кўрсатилмаган.

Газ разрядли лампанинг нурланиши актив муҳитнинг ютиш спектрини ўз ичига олгани учун унинг энергияси қисман ютилади.

Бунинг натижасида ҳосил бўлган уйгонган атомлар нур чиқармасдан юқори лазер сатҳига ўтади ва инверс бандликни ҳосил қилади. Нур қайтаргич газ разрядли лампа нурланишини тўла актив муҳитга қайтариш учун хизмат қилади. Энергия манбаидан олинган электр энергияси разрядда, нур қайтаргичда, актив муҳит ютиш спектрига мос келган нурланишда йўқотилади. Лазер нурланишига бу умумий энергиянинг 1-5% атропофида сарф бўлади. Электр энергиясининг асосий қисми актив муҳитни қизишига олиб келади ва бу энергия совуткич томонидан актив муҳитдан чиқарилиб ютилади.

Қаттиқ jisмли лазерларнинг аксариятида импульс равишда оптик ғамлаш (лампочка) қўлланилади. Импульс ғамлаш лампочканинг нурланиши тахминан бир миллисекунддан камроқ вақт давом этган ҳолда лазер нурланиши давомийлиги 0,3-0,5 мс бўлган импульс тарзида рўй беради.

Бу иш услуги лазернинг эркин генерацияси дейилади.

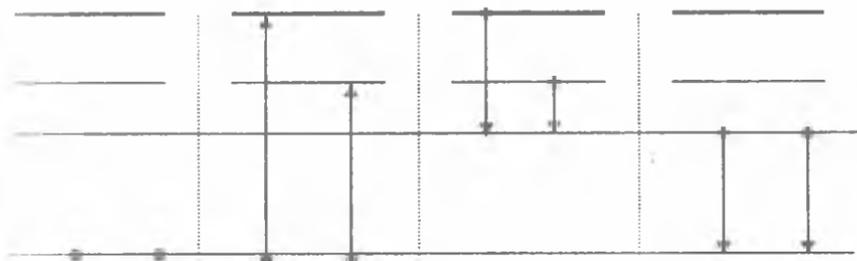
Эркин генерация нурланиш импульсининг давом этиш вақти 1 мкс ва импульслар орасидаги вақт ораллигида 10 мкс бўлган импульслар түпламидан иборат эканлиги аниқланган.

Қаттиқ жисмли лазерларнинг нурланиш қувватини ошириш ва импульснинг давом этиш вақтини қисқартириш резонатор асслигини ўзгартириш йўли билан амалга оширилади. Мазкур усул «резонатор асслигини модуляциялаш» номини олган. Бунинг учун резонаторга оптик затвор номини олган қурилма киритилади. Оптик ёпгич резонаторга қўшимча ўқ отишлар киритади, генерация ҳосил бўлишига йўл қўймай туради. Инверс бандлик энг катта қийматга эга бўлган вақтда эса оптик ёпгич қисқа вақтга очилади, натижада давом этиш вақти 10^{-3} - 10^{-9} с бўлган қисқа импульс ҳосил бўлади. Бу импульс моноимпульс деб аталади. Актив муҳитда йиғилган энергия қисқа вақт ичида нурланиш ҳосил қилгани учун унинг қуввати бир неча ўн минглаб марта катта бўлади.

Рубин (ёқут)ли лазерлар

Рубин (ёқут)ли лазер биринчи лазер бўлиб 1960 йил Т.Мейман томонидан яратилган. Актив муҳит сифатида сунъий рубин — алюминийнинг кристалл ҳолатидаги оксиди Al_2O_3 хизмат қилади. Унда алюминийнинг жуда оз улуши хром атомлари билан аралаштирилган бўлади. Одатда қўлланиладиган ёқут кристаллида Cr_2O_3 нинг миқдори умумий бирикмаларининг 0,05% ини ташкил қилади. Актив ионларнинг концентрацияси эса 10^{18} см⁻³ га тенгдир. Кристалл панжарада хром уч карра ионлашган ҳолда жойлашади, унинг ташқи электрон қаватида фақат учта валент электрон мавжуд бўлади.

Ёқут кристалл тўлқин узунлиги яшил ва кўк нурларга тўғри келадиган ёруғлик нурларини кўп миқдорда ютиш қобилиятига эга бўлиб ўз навбатида максимум $\lambda=694,3$ нм га мос келадиган қизил нурлар чиқаради. Нурланиш чизиғининг кенглиги хона ҳароратида $\Delta\lambda=0,4$ нм ни ташкил қилади.



25-чизма

Лазернинг ишлаши учун зарур бўлган энергетик сатҳлар 25-чизмада келтирилган. Газ разряди лампанинг нурланиши ёқут томонидан ютилиши натижасида хром ионидаги электрон юқорида жойлашган $4F_1$ ёки $4F_2$ сатҳга ўтади. Нур чиқармасдан ўтиш натижасида электрон 10^{-7} с вақт давомида пастки узоқ янговчи /яшаш вақти $3 \cdot 10^{-3}$ с/ $2E$ сатҳга ўтади. Ёқутда инверс баландлик уч энергия сатҳида /орасида/ ҳосил қилинади. Лазердаги қуйи энергетик сатҳ асосий сатҳ бўлгани учун ундаги зарраларнинг ярмидан кўпини уйғонган ҳолатга ўтказадиган бандлик кузатилади. Шунинг учун ёқутда генерация давомийлик энергияси 100-1000 Ж (50 Ж/см^3)ни ташкил қилади, яъни ёқут лазерда нурланиш ҳосил бўлиши учун оптик ғамлаш энергияси анча катта қийматларга эга бўлиши керак.

Ёқут учун мажбурий ўтишлар қўндаланг кесим қиймати $\sigma = 3 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$, актив ионлар концентрацияси эса $n = 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

Демак, ёқутнинг кучайтириш коэффициенти $k_0 = \frac{\sigma_0}{N_2} = 10^{-2}$

см^{-1} қийматга эга. Ёқут кристалли диаметри 10-15 мм ва узунлиги 100-240 мм бўлган цилиндр шаклида сунъий равишда устирилади. Бунда катта ўлчамга эга ёқут кристаллини бутун ҳажми бўйлаб бир текис уйғонган ҳолатга ўтказиш ҳам анча қийинчилик туғдиради. Шу билан бир қаторда ёқут кристаллининг оптик жиҳатдан бир жинслилиги юқори бўлмагани учун унинг нурланишининг дифракцион кенгайиши 10^{-3} - 10^{-2} рад ни ташкил қилади, яъни дифракцион кенгайишдан анча катта бўлади.

Ёқутли лазер эркин генерация, резонатор асллигини модуляциялаш, қайтарилувчи импульслар маромида (режимда) ишлаши мумкин.

Эркин генерация маромида импульс энергияси 1-100 Ж, давом этиш вақти $\tau=10^{-3}$ с ва қуввати 1-10 кВт бўлган нурланиш ҳосил бўлади. Резонатор асслигини модуляциялаш /1-3/ 10^{-3} с давом этувчи ва қуввати 10^7 Вт бўлган нурланишни ҳосил қилишга имконият беради. Ёқут кристалли анча юқори иссиқлик ўтказувчанликка эга. Масалан, диаметри 1 см бўлган цилиндрик актив элемент $t=0,2-0,5$ с ичида совишга улгуради.

Ёқутли лазер импульсларнинг қайтариш частотаси $\Delta\nu=2-5$ Гц бўлган такрорланувчи импульслар режимида /маромида/ ишлаши мумкин. Ёқутли лазернинг фойдали иш коэффициенти жуда кичик бўлиб, у 0,3-0,5% ни ташкил қилади, холос.

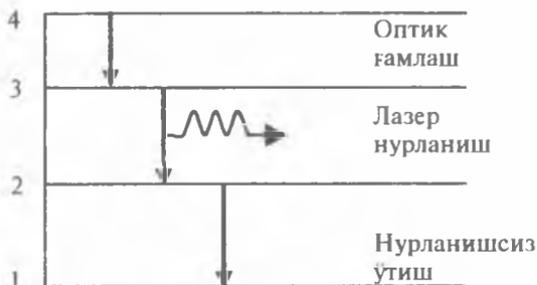
Неодим шиша лазер

Шиша асосга киритилган неодим ионлардан лазер нурланиш ҳосил қилиниши 1960 йилда Е.Снитцер томонидан тақлиф қилинган.

Неодим ионининг лазер нурланиши ҳосил қилиш учун хизмат қилувчи энергия сатҳлари 26-чизмада келтирилган. Расмдан кўринишича неодим тўрт сатҳли актив муҳитдир. Газ разрядли лампанинг тўлқин узунликлари 900-350 нм орасида ётган нурланиш неодим иони томонидан жуда осон (самарадор) ютилади. Бундан уйғонган сатҳларнинг яшаш вақти $10^{-11}-10^{-7}$ с қийматига эга бўлиб, электронларнинг $10^{-11}-10^{-7}$ с ичида нур чиқармасдан яшаш вақти $10^{-4}-10^{-3}$ с бўлган нисбатан узоқ яшовчи ${}^4F_{3/2}-{}^4I_{11/2}$ ўтишига тўғри келади ва бундаги нурланиш $\lambda=1060$ нм тўлқин узунлигига эга. Бу чизиқнинг частотавий кенглиги $\Delta\lambda = 20-40$ нм га тенгдир. Пастки лазер сатҳи ${}^4I_{11/2}$ асосий ${}^4I_{9/2}$ сатҳдан $2,2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$ юқорида жойлашган. ${}^4I_{11/2}$ сатҳ $\tau=10^{-7}-10^{-8}$ с яшаш вақтига эга бўлганлиги учун ундаги бандлик ниҳоятда кичик қийматга эга. Натижада уйғониш энергияси зичлигининг 1 Ж/см^3 қийматида инверс бандлик ҳосил қилинади.

Шу асосда неодимнинг киришма ионлари концентрацияси $(2-5) \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$, яъни 2-5% ини ташкил қилади. Неодим ионлари учун шиша асосдаги мажбурий ўтишлар кесими $\sigma_0=5 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$ бўлгани учун актив зарраларнинг 5-10% ини уйғонган ҳолатга ўтказиш натижасида осонлик билан 1 см^{-1} га тенг қучайтириш коэффициентини ҳосил қилиш мумкин.

Нурланишсиз ўтиш



26-чизма. Неодим ионининг лазер нурланишини ҳосил қилувчи сатҳлар схемаси.

Шишадан ясалган актив элементнинг асосий афзаллиги — унинг жуда катта ўлчамидир. Катта ўлчамли актив элементда катта энергияга эга нурланиш ҳосил бўлади. Неодимшиша актив элементларнинг кўндаланг ўлчамлари 5-10 см, узунлиги 2 м гача бўлиши мумкин. Ҳозирги замон неодим лазерларида эркин генерация режимида (маромда) 1000 Жоулгача нурланиш энергияси ҳосил қилинган.

Ўлчамлари катта неодим актив элементи бутун ҳажми бўйича бир текис уйғонган ҳолатга ўтказиш учун актив элемент агрофга бир неча газ разрядли лампалар ўрнатилади.

Неодимшиша лазер нурланишининг ёйилиши $\sim 10^{-2}$ рад бўлиб, у дифракция натижасида ёйилишдан ўнлаб марта кичикдир. Бунга сабаб, лазер нурланиш чизиги ичида жуда кўп тебраниш моддалари вужудга келишидир. Лазер нурланиш ёйилишини камайтириш учун актив элементнинг ён сирти ғадирбудур, яъни нотекис қилиб ясалади.

Неодимшиша актив муҳитни кучайтириш коэффициенти анча катта бўлгани учун неодим лазер генератор ва бир неча кучайтиргичдан иборат қилиб тузилади. Бунда лазер генераторида керакли параметрларга эга нурланиш ҳосил қилиб кучайтиргичлар орқали ўтказилиб кучайтирилади. Шу усул билан ишлайдиган махсус лазер қурилмаларда импульс энергияси 10^4 - 10^5 Ж, импульс давомийлиги 10^{-9} с, қуввати 10^{13} - 10^{14} Вт бўлган нурланиш ҳосил қилинган.

Неодимшиша актив муҳитнинг асосий камчилиги, унинг паст иссиқлик ўтказувчанлигидир. Масалан, диаметри ~ 1 см бўлган шиша актив элементи совитиш 50 с вақтни талаб қилади. Шунинг учун неодим шиша лазерда узлуксиз нурла-

ниш ҳосил қилиб бўлмайди. Қайтарувчан импульслар режимида (маромида) ишлатиш учун импульсларнинг қайтарилиш частотаси 0,1 Гц дан кичик қийматларга эга бўлиши керак.

Неодимшиша актив элементининг фойдали иш коэффициенти ёқутга нисбатан бир мунча юқори ва 1% ни ташкил қилади. Неодим-шишадан ясалган актив элементларнинг яна бир афзаллиги — уларнинг нисбатан арзонлигидир.

Иттрий алюминий гранат — неодим лазер (ИАГ-лазер)

Иттрий алюминий гранат кристаллидан неодим иони учун асос сифатида фодаланиш, неодим-шишали лазернинг асосий камчиликларини бартараф этишга имконият берди. Бу лазер иттрий алюминий гранат ($Y_3Al_5O_{12}$) ИАГ-лазер номини олган.

ИАГ тулқин узунликларининг 500 нм дан 300 нм гача оралигида жуда кўп ютиш полосаларига (частоталарга) эга, аксинча флуорисценция чизиқи эса жуда кичик кенгликка эга (1 нм). Метастабил сатҳининг яшаш даври 200-300 мкс ни ташкил қилади. ИАГ да неодим иони учун мажбурий ўтишлар кесими $3 \cdot 10^{-19}$ см² ва актив зарралар концентрацияси 10^{20} см⁻³ дан юқори. Натижада бу ионларнинг бир неча фоизини уйғонган ҳолатга ўтказиш кучайтириш коэффициентининг (1-3) см⁻¹ қийматларини ҳосил қилади. Бошқача сўз билан айтганда ИАГ-неодим актив элемент жуда кичик генерацияси давомийлигига эга ($\sim 0,5$ Ж/см³).

ИАГси бир жинсли кристалл бўлиб ундан диаметри 0.5-1 см, узунлиги 10 см гача бўлган актив элементлар тайёрлаш мумкин. ИАГ нинг энг асосий афзаллиги унинг жуда юқори иссиқлик ўтказувчанлиги ва бунинг натижасида катта ҳароратларга бардош беришидир.

Бу хусусиятлари ИАГ лазерларда импульс, қайтарилувчи импульслар маромидан ташқари узлуксиз генерация ҳосил қилишга ҳам имконият беради.

ИАГ элементи ўлчамлари унча катта бўлмагани учун эркин генерация маромида 1-10 Ж импульс энергияга эга. Қайтарилувчан импульслар маромида давомийлиги 0,5-10 мс бўлган импульслар 100 Гц частота билан, давомийлиги 10 мкс импульслар 100 кГц частота билан қайтарилишини ҳосил қилинган. Узлуксиз генерация маромида 400 Вт қувватли нурланиш ҳосил қилинган.

ИАГ элементи юқори фойдали иш коэффициентига эга бўлиб, узлуксиз генерация маромида унинг қиймати 2-3% га етади. ИАГ лазер нурланишининг ёйилиши кўп моддали нурланиш учун $5 \cdot 10^{-3}$ рад, бир моддали нурланиш учун 10^{-3} радни ташкил қилади.

ИАГ элементининг камчиликлари — унинг юқори нархи (қимматлиги) ва унинг ўлчамларининг катта эмаслигидир.

Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, қаттиқ жисмли лазерлар нурланиши етарлича катта энергияга ва юксак фазовий хусусиятларга эгалар. Шунинг учун улар халқ хўжалигида, фан ва техника тадқиқотларида кенг қўлланилмоқда. Ҳозирги вақтда мамлакатимизда ишлаб чиқарилаётган лазерлар, уларнинг асосий хусусиятлари ва қўлланиш соҳалари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Эркин генерация маромида ишловчи қаттиқ жисмли лазерлар

Лазер тури	Актив муҳит	Лазер импульс энергияси (Ж)	Лазер импульс давомийлиги (с)	Ёйилиш М рад
Гор-100 м	Еқут	100	$1 \cdot 10^{-3}$	40
Гор-300	Еқут	300	$5 \cdot 10^{-4}$	30
Гор-301	Неодим шиша	300	$8 \cdot 10^{-4}$	5
Гор-1000	Неодим шиша	1000	$2 \cdot 10^{-2}$	3
Лти	ИАГ Неодим	0,1	$4 \cdot 10^{-5}$	5

Резонатор асслигини модуляция қилиш усулида ишловчи қаттиқ жисмли лазерлар.

Лазер тури	Актив муҳит	Импульс энергияси Ж.	Импульс давомийлик нС	Импульс қуввати кВт	Резонатор асслигини бошқарувчи затвор
КГ-20	Еқут	0.40	20	$2 \cdot 10^4$	Электро оптик
ЛТИ-ПЧ	КАГ-неодим	2	15	$1 \cdot 10^5$	Пассив
ЛГИ-5	ИАГ-неодим	0.05	10	$5 \cdot 10^3$	фильтр Электроптик

Қайтарилувчан импульслар маромида ишловчи ИАГ-неодим лазерлар

Лазер тури	Импульс қайтарилуш частотаси кГц	Нурланишнинг ўртача қуввати Вт (Вт)	Нурланиш ёйлиши, М рад	Резонатор асслигини узгартирувчи завод
ЛТИ-501	5-50	8	1	Акустооптик
ЛТИ-502	8-50	16	2	Акустооптик
ЛТИ-504	5-25	4	2	Акустооптик
ЛТИ-701	1-25	4	1,5	Акустооптик

Узлуксиз нурланиш маромида ИАГ-неодим лазерлар

Лазер тури	Тўлқин узунлиги, мкм	Нурланиш қуввати, Вт	Нурланишнинг ёйлиши, М рад
ЛТН-101	1.06	63	10
ЛТН-102 А	1.06	125	10
ЛТН-103	1.06	250	12
ЛТН-401 А	0.53	1	10
ЛТН-401 Б	0.53	2	10

Газ лазерлари

Газ лазерларида актив муҳит сифатида қўлланиладиган газнинг босими одатда (бир неча мм симоб устуни) бўлгани учун нурланиш чизиғини газ молекулаларининг тўқнашиши натижасида кенгайиши жуда кичик бўлади. Нурланиш чизиғининг кенгайиши асосан Допплер эффекти билан боғлиқдир. Нурланиш чизиғининг кенглиги жуда кичик бўлганлиги сабабли газ муҳитларида инверс бандликни ҳосил қилиш учун оптик ғамлаш усули яхши самара бермайди. Ҳақиқатдан ҳам, оптик ғамлаш қўлланиладиган лампа нурланиши деярли узлуксиз бўлиб, ютиш чизиқлари кенглиги кичик бўлганда оптик нурланиш энергиясининг жуда кам улушига инверс бандлик ҳосил қилиш учун сарфланади.

Газ лазерларида атомларни уйғонган ҳолга ўтказиш учун асосан электр разряди қўлланилади. Бу усул электр ғамлаш номини олган. Электр ғамлашда газ орқали ток ўтиши натижасида ионлар ва эркин электронлар ҳосил бўлади. Ионлар ва эркин электрон электр майдонида тезлашиши натижасида қўшимча кинетик энергия олади ва нейтрал атомлар билан тўқнашганда уларнинг уйғонган ҳолатга ўтишларига сабабчи бўлади. Тўқнашув орқали атомларни уйғонган ҳолатга ўтказиш

жараёнида катта массали ионларга нисбатан кичик массали электронлар асосий рол ўйнайди, чунки паст босимдаги газда электронларнинг ўртача энергияси ионларнинг ўртача энергиясига нисбатан бирмунча катта бўлади. Маълум вақтдан сўнг газда электронларнинг ўртача ҳарорати T_e билан тавсифланувчи мувозанат ҳолати вужудга келади.

Газларда электр(заряд) ғамлаш икки йўл билан амалга оширилиши мумкин:

1. Фақат бир хил зарядлардан иборат газда атом фақат электрон билан тўқнашиши натижасида уйғонган ҳолатга ўтиши мумкин:



X — асосий ҳолатидаги атом.

x — уйғонган ҳолатдаги атом.

2. Икки газ /A ва B/ аралашмасида турли атомларнинг ўзаро тўқнашуви натижасида энергия резонанс равишда бир атомдан иккинчи атомга ўтилиши уйғонган ҳолатни ҳосил қилади. Бу жараён схематик тарзда 26-чизмада кўрсатилган.

A атом уйғонган ҳолатда, B атом эса асосий ҳолатда деб ҳисоблайлик. Уларнинг уйғонган ҳолатлари орасидаги энергия фарқи $E < kT$ бўлсин. Бу вақтда A ва B атомнинг тўқнашуви натижасида A атомнинг асосий, B атомнинг уйғонган ҳолатга ўтиш эҳтимоли юзага келади, яъни



E энергия атомнинг илгариланма ҳаракати энергиясига қўшилиши ёки ундан ажралиши мумкин. B атомларнинг бу жараёнида уйғонган ҳолатга ўтиш A атомнинг уйғонган ҳолати узоқ яшовчи метастабил бўлгандагина самарали бўлади. Чунки уйғонган ҳолатга ўтган A атомлар бу ҳолатда узоқ вақт сақланиб туради ва B атомларни уйғонган ҳолатга ўтказиш учун хизмат қилади.

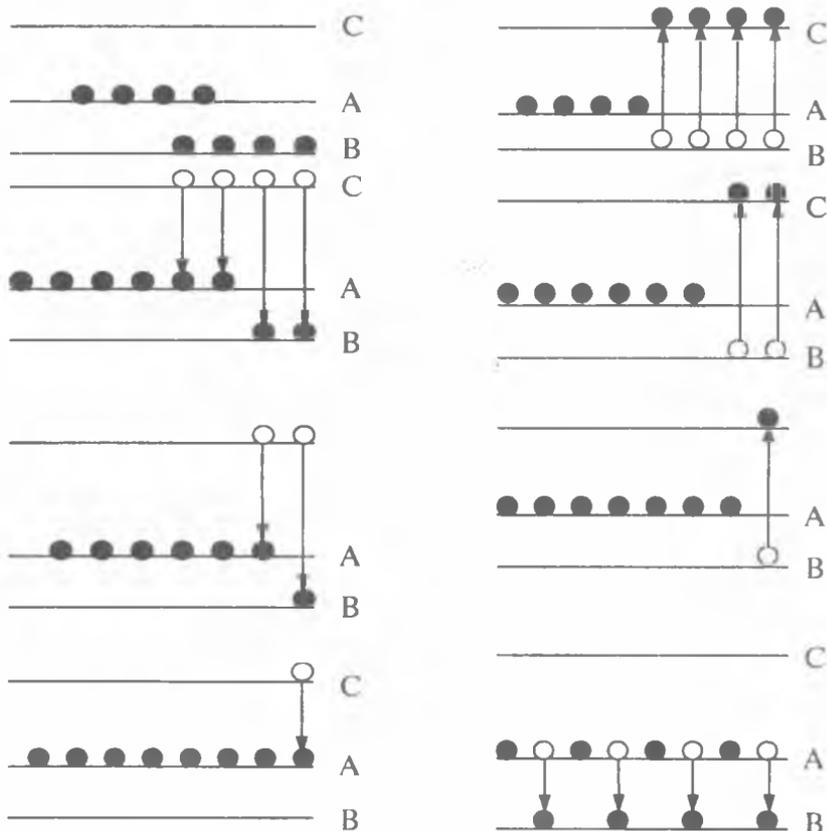
27-чизмада кўрсатилганидек рўй берадиган жараён иккинчи гур тўқнашувлар номини олган.

Атом уйғонган ҳолатдан асосий ҳолатга ёки пастки энергия ҳолатига тўрт хил йўл билан: 1) уйғонган атомнинг эркин электрон билан тўқнашувида электронга энергия бериш йўли билан, 2) бир неча газ аралашмасида бошқа тур атомлар билан тўқнашиши натижасида, 3) атомнинг газ разряди трубки де-

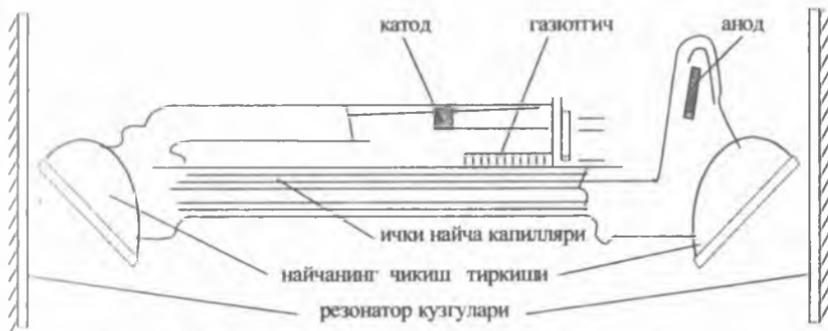
юрри билан тукнашуви натижасида, 4) уз-узидан нурланиш йўли билан ўтиши мумкин.

Газдан ўтаётган электр токининг берилган қийматида атомнинг уйғониш ва релаксация жараёнларининг тўхтовсиз рўй бериши натижасида атомларнинг (уйғонган) энергия сатҳлари бўйлаб тақсимооти — инверс бандлик вужудга келади.

Деярли ҳамма газ лазерларининг тузилиши 28-чизмада келтирилган қурилишга эга.



27-чизма. Атомларнинг энергетик сатҳлари диаграммаси.



28-чизма. Газ лазерларнинг тузилиш схемаси.

Газ диаметри бир неча миллиметрдан бир неча сантиметргача бўлган трубкада жойлаштирилади. Трубка учлари Брюстер бурчаги остида жойлаштирилган ясси параллел пластиналар билан бириктирилган. Бундай пластинка орқали расм текислигида қутбланган ёруғлик ўтганда пластинка сиртида қайтиш натижасида йўқотишлар нолга тенг бўлади. Разряд трубки ясси параллел ва сферик ёки икки сферик кузгулардан тузилган резонаторга жойлаштирилади.

Лазер термоядро синтези (ЛТС)

Бошқарилувчан термоядро синтези (БТС) инсониятни деярли беҳисоб энергия манбаи билан таъминлаши мумкин. Бу соҳада тадқиқотлар бир неча йўналишларда олиб борилиб, уларнинг энг ривожланганлари магнит майдонда плазмани ушлаб туриш ва қиздириш (ТОКАМАК қурилмалари) ва лазер термоядро синтезидир.

Атом ядроси протон ва нейтронлардан ташкил топган бўлиб, улар ядро кучлари воситасида бир-бири билан тортишиб туради. Ядро кучлари 10^{-15} м дан кичик масофаларда тортишиш хусусиятига эга бўлиб заррачалар орасидаги масофа 10^{-15} м дан катта бўлиши билан кескин равишда ўз таъсирини йўқотади. Ядро реакциялари рўй бериши учун ядролар бир-бирига ядро кучлари таъсир эта бошлайдиган масофагача яқинлашишлари керак. Бунинг учун ихтиёрий (катта) 10^{-14} м масофагача таъсир этувчи ядролар орасидаги Кулон итариш кучларини енгиб ўтиш лозим. Ядроларни бундай масофаларга-

ча яқинлаштириш учун уларни тезлатиш ва қиздириш усуллари қўлланилади.

Энг оддий ядро – водород ядроси – битта протондан иборатдир. Протон массаси $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$ кг бўлиб унинг энергияси Эйнштейн формуласига кўра $E=mc^2$, бу ерда $c=3 \cdot 10^8$ м/с – ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги. Протон энергияси $E=1,5 \cdot 10^{-10}$ Ж ёки 938 МэВ (атом физикасида энергия бирлиги сифатида электронвольт – эВ қўлланилади. $1\text{эВ}=1.6 \cdot 10^{-19}$ Ж, $1\text{МэВ}=10^6$ эВ. $T=11600$ К ҳароратгача қиздирилган заррачанинг иссиқлик ҳаракати 1 эВ га тенг бўлгани учун энергия бирлигидан ҳароратни аниқлашда ҳам қўлланилади).

Нормал шароитда 1м^3 ҳажмдаги водород $2.7 \cdot 10^{25}$ дона молекуладан ташкил топган бўлиб, уларнинг тўла энергияси $8 \cdot 10^{15}$ Ж ёки $2.25 \cdot 10^9$ кВт-соатга тенг. Бундай миқдордаги энергия мамлакатимизда барча электростанциялар бир кунда ишлаб чиқарилган энергияга тенг.

Бир неча протон ва нейтронлардан ташкил топган ядрони, масалан гелий ядросини кўрайлик. У ${}^4_2\text{He}$ сифатида белгиланади, (яъни мазкур гелий изотопи ядроси иккита протон ва иккита нейтрондан ташкил топган). Атом физикасида масса ўлчови сифатида ${}^{12}_6\text{C}$ изотопи массасининг $1/2$ улуши қабул қилинган ва бу миқдор атомнинг масса бирлиги (а.м.б.) номини олган. Атомнинг масса бирлигида электроннинг массаси $m_e=0,000548$, протоннинг массаси $m_p=1,007276$, нейтроннинг массаси $m_n=1,008665$ а.м.б. га тенг.

Текширишларда атомнинг массаси унинг таркибига кирувчи зарраларнинг массаларидан кичик эканлиги аниқланган. Масалан, ${}^4_2\text{He}$ атомини ташкил қилувчи икки протон, икки нейтрон ва икки электроннинг массалари йиғиндиси $4,0330$ а.м.б. га тенг, гелий атомининг массаси эса $4,0026$ а.м.б. га тенг. Бунга сабаб, мураккаб ядро ташкил топаётган реакцияда бир қисм масса энергия сифатида ажралиб чиқади. $\Delta E=mc^2$ формулага кўра бу ΔE – энергия боғланиш энергияси Δm – масса дефекти (етишмовчилиги) деб аталади. Бу ерда $2m_p+2m_n-m_{\text{He}}=\Delta m$.

Ядро таркибида кирувчи битта заррачага тўғри келувчи боғланиш энергияси ядронинг масса сонига қараб ортиб боради ва темир ядроси учун энг катта қийматга эга бўлиб, оғир

идроларда бу катталик секин камайиб боради. Бундан кўринишича ядро энергиясининг ажраб чиқиши учун энгил ядроларнинг бирикиб янги ядроларни ҳосил қилиш реакцияси-термоядро синтездан фойдаланиш мумкин.

Водород изотоплари иштирокида юз берадиган термоядро синтези реакциялари:



бўлиб, уларнинг барчасида энергия ажралиб чиқиши рўй беради. Юқорида айтиб утилганидай бу реакциялар рўй бериши учун водород ядролар орасидаги Кулон итариш кучларини енгиши керак бўлади. Водород изотоплари учун ядроларнинг узаро итаришиш энергияси 0.15 МэВ қийматга эга. Бундай энергияга эга бўлиш учун водород ядросини $1.6 \cdot 10^9 \text{ К}$ ҳароратгача қиздириш керак бўлади.

Демак, ҳар бир реакция учун 0.15 МэВ сарфланганда ҳам (1) реакцияларда ажратилиб чиққан энергия сарфланган энергиядан катта бўлади.

(1) реакцияларда $D + T = {}^4_2\text{He} + 17.6 \text{ МэВ}$ реакциянинг самаралорлиги бошқа реакцияларга нисбатан юзлаб марта катта бўлгани учун бу реакциянинг амалга оширилиш шароитлари энгилроқдир.

Лазерларнинг кичик ҳажмларда жуда катта энергияларни қисқа вақт ичида ажратиш қобилиятлари уларнинг бошқарувчан термоядро синтези учун қўллаш фикрини тугдирди. Бу фикр деярли лазерлар кашф этилиши билан пайдо бўлган эди. Энг оддий кўринишда ЛТС (лазер термоядро синтез)ни қуйидагича амалга ошириш таклиф этилган. Дейтерий ва тритий аралашмасини музлатиб ундан шар шаклидаги нишон тайёрланади ва бу шарга лазер нурланиши фокусланади.

Ҳисоблашлар кўрсатишича, нишон ўлчамларини 1мм деб қабул қилсак, термоядро синтези рўй бериши учун лазер импульси давомийлиги $(1-2) \cdot 10^{-9}$ с дан зиёд бўлиши керак экан.

Бу фикрлар пайдо бўлганда лазер импульси энергияси бир неча Жоулни ташкил қилади, холос.

ЛТС тадқиқотлари икки йўналиш бўйича олиб борилди. Биринчидан, лазер импульсининг давомийлигини қисқартириш ва энергиясини ошириш бўлса, иккинчидан, ЛТС юз бериши учун керакли ҳароратгача нишонни қиздириш учун маълум бир энергия миқдорини камайтириш шароитларини ҳосил қилишдир.

«Умумий физика» курсидан маълумки, модда адиабатик шароитларда сиқилганда унинг қизиши рўй беради.

Нишон сиқилиши учун унга бирдагина бир неча лазер дас-таси билан ҳар томондан таъсир кўрсатиш таклиф қилинган. Нишонга ҳар томондан нурланиш таъсир этганда бирдагина қизимасдан унинг устки қаватлари тезроқ қизийди ва буглана бошлайди. Бугланаётган молекулалар лазер нурланишига қарши йўналганлиги учун улар мўлжалнинг ички қаватларига ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига кўра реактив таъсир кўрсатади. Натижада мўлжални қисувчи бир неча юз миллион атмосфера босимига тенг босим ҳосил бўлади ва мўлжалнинг зичлиги кескин ортади. Сиқиш даражаси 10000 га тенг бўлганда мўлжалда ЛТС рўй бериши учун керакли энергия 50-100 кЖ гача етади.

Реактив куч таъсирида мўлжалнинг сиқилиши рўй бериши учун 2310 с давомийликдаги лазер импульси энергиясининг вақт бўйича ўзгариши маълум бир қоидага мос равишда бўлиши лозим. Бундай лазер импульси 2-чизмада кўрсатилган. Гап шундаки, агар катта қувватга эга бўлган лазер импульси мўлжалга бирдагина таъсир этганда кучли сиқилиш рўй бермайди. Чунки нурланиш таъсир этганда мўлжалнинг сирт қатламида зарб тўлқини ҳосил бўлиб, мўлжалнинг марказига зарб тўлқинининг сиқилиш тўлқинига нисбатан тезроқ етиб келиб уни қиздириши рўй беради ва қисилиш тўлқинига қаршилиқ қилувчи кенгайиш тўлқини пайдо бўлади. Иккинчи расмда кўрсатилган лазер импульси таъсирида мўлжалнинг сиртидаги босим секин орта бошлайди. Лазер импульси энергиясининг деярли ярми охириги $0,1 \cdot 10^{-9}$ с вақт ичида таъсир этади. Бунда лазер импульсининг бошланғич ярим энергияси мўлжални қиздириш ва термоядро реакциясини ёқишга сарф бўлади.

Мўлжалнинг қисилиши 1000 мартага етганда дейтерий-тритий аралашмасининг зичлиги 1 кг/см^3 га етади. Бундай зич-

ликда термоядро реакцияси натижасида ҳосил бўладиган нейтронлар ва α -зарралар мўлжал ташқарисига чиқиб кета олмайди ва ўз энергиясини бошқа зарраларга узатади. Лазер импульси энергияси фақат термоядро реакциясини ёқиш учун хизмат қилади. Ундан кейинги керакли ҳарорат термоядро реакциясининг энергияси ҳисобига эришилади. Ажралиб чиққан энергия термоядро реакциясини ёқиш учун сарфланган энергиядан бир неча минг марта кўп бўлади.

ЛТС тажрибалари фанлар академиясининг физика институтида академик А.М.Прохоров ва Н.Басов лабораторияларида қурилган лазерларда биринчи марта олиб борилди. Тўққизта нурланиш дастасига эга бўлган «Кельмар» лазерининг ҳар бир дастаси бир импульсда 100 Ж энергияга эга эди. Лазерлар ёрдамида 9 та нур дастаси диаметри 200 микрон бўлган полиэтилен шарча шаклидаги мўлжалга йўналтирилган (Полиэтиленда водород атомлари дейтерий билан алмаштирилган бўлиб бундай полиэтилен дейтерий полиэтиленни номини олган).

Бу биринчи тажрибаларда полиэтилен мўлжалнинг 30 марта қисилиши, мўлжал марказидаги ҳарорат беш миллион градусга етгани ва бир неча миллиард атмосфера босими ҳосил бўлгани қайд қилинди.

Қайд қилувчи асбоблар мўлжалда нейтронлар ҳосил бўлганини кўрсатди. Шундай қилиб, 1972 йилда лазер термоядро синтезини амалга ошириши мумкинлиги исботланди.

Кучли ёруғлик оқими фокусланиши натижасида мўлжал моддаси плазма ҳолатига ўтади. Плазмада пайдо бўлувчи беқарорлик ҳодисалари мўлжалда ўз-ўзидан кучли магнит майдонларнинг ҳосил бўлиши термоядро реакциясини ёқиш учун керакли энергия миқдорининг қутилгандан бир неча ўн марта катта бўлиши лозимлигини кўрсатди.

Бу энергия миқдорини камайтириш учун мураккаброқ мўлжаллар қўлланила бошланди. Полиэтилен мўлжал кейин ичи бўш парча бўлиб, унинг деворларининг қалинлиги атиги 2-3 мкм ни ташкил қилади, холос.

Бундай мўлжални ҳосил қилиш учун таркибига кирувчи моддаларнинг сувдаги эритмасидан фойдаланилади. Бу эритманинг томчилари 1-2 м баландликдан вертикал печ (иситгич) орқали оғирлик кучи таъсирида ўтади. Иситгичнинг ҳарорати гахминан 1000°C га тенг қисмидан ўтаётганда томчидаги шишани ҳосил қилувчи моддалар эриб шиша ҳосил қилади. Ке-

ракли ўлчамга эга шарлар умумий миқдорнинг 10% ни ташкил қилади.

Мазкур шарчаларни дейтерий-тритий аралашмаси билан тўлдириш учун шарчалар юқори босимдаги дейтерий-тритий аралашмаси билан юқори ҳароратгача қиздирилади. Диффузия натижасида водород изотоплари шарчанинг бир неча микрон қалинликдаги шиша деворидан ўтиб бўшлиқни тўлдиради. Совутилгандан кейин диффузия тезлиги кескин камаяди ва бўшлиқ дейтерий-тритий аралашмаси билан тўлган ҳолда қолади.

Керак бўлган ҳолларда шарча ичидаги дейтерий-тритий аралашмаси бўшлиқ деворларни 2-3 мкм қалинликда бир текис қопловчи қатлам сифатида музлатилиши ҳам мумкин.

Мазкур мўлжалларда давомийлиги 0,1 нс бўлган лазер импульслари билан таъсир қилинганда 10 тагача нейтронларнинг чиқиши кузатилган.

Кейинги тадқиқотларда мўлжалнинг массасини оширмасдан унинг қобиғининг қалинлигини оширишига эътибор берилди. Бунда қобиқнинг ташқи қавати буғланиши натижасида ҳосил бўлган реактив куч қобиқнинг буғланмаган қисмини сиқиши натижасида мўлжалнинг зичлиги катта кийматларга ошиши мумкин.

Агар лазер импульси давомида шиша қобиғи буғланмаган ҳолатини сақласа дейтерий-тритий аралашмасини юқори тезликка эга электронлар ва рентген нурларидан ҳимоя қилади. Бунинг натижасида мўлжал марказини қобигига нисбатан «совуқ»роқ сақланишига олиб келади. Бундай мўлжалларда шиша шарчани фторпласт -4, полиэтилен ва бериллийдан ясалган ташқи қобиқлар билан қоплаб кўрилди. Бундай мўлжалларда дейтерий-тритий аралашмаси суюқ водород зичлигига нисбатан 50 марта каттароқ зичликкача қисилгани кузатилди. Мўлжал ҳарорати эса 100 миллион градусга етади. Термоядро реакцияси натижасида ажралиб чиққан энергия сарфланган энергиянинг 1% ини ташкил қилди.

Мўлжалда лазер нурланиш таъсирида юз берувчи физик жараёнларни ҳисобга олган ҳолда мураккаб мўлжал модели ҳосил қилинди. Мазкур мўлжал олти қаватдан ташкил топган бўлиб, LiH қобиғи, тантал қобиқ, музлатилган дейтерий-тритий аралашмаси, бўшлиқ олтин қобиқ ва дейтерий-тритий аралашмасидан тuzилган.

ЭХМда ўтказилган ҳисоблашлар бундай мўлжалга 200 кЖ энергияли лазер импульси таъсир этганда ажралиб чиққан энергия сарфланган энергиясидан 10 марта кўп бўлиши кўрсатди.

Лазер импульси энергияси 1МЖ га етганда ажралиб чиққан энергия сарфланган энергиядан 1000 марта катта бўлади ва бу қурилма реактор сифатида қўлланилиши мумкин бўлади. ЛТС муаммоси устида ўтказилган назарий ва амалий тадқиқотлар ЛТС амалга ошиши учун керакли лазерни тавсифловчи катталиклар қандай бўлиши керак, деган саволга жавоб берди. Мазкур лазер қайтариловчи импульслар маромида ишлаб унинг қайтарилиш частотаси секундига 1-10 импульсга тенг бўлиши керак, тўлқин узунлиги $\lambda=0,2-0,6$ мкм, импульс давомийлиги 5-10 нс, импульс энергияси 1-10 МЖ ва Ф.И.К.-10% дан кам бўлмаслиги керак.

Ҳозирги вақтда бу шартларга мос келувчи лазерлар мавжуд эмас. Параметрлари мазкур шартларга энг яқин келувчи лазерлар неодим-шиша лазерлар ва CO_2 -лазерлардир. Неодим-шиша лазер импульси давомийлиги 1-2 нс, энергияси 20 кЖ, тўлқин узунлиги 1,06 мкм, қайтарилиш частотаси бир соатда 1 импульс, Ф.И.К.-0.1%.

CO_2 -лазер учун импульс давомийлиги 1 нс, энергияси 10 кЖ, тўлқин узунлиги 10.6 мкм, қайтарилиш частотаси 20 минутда, бир импульс, Ф.И.К.-2-5%.

Кўриниб турибдики, мавжуд лазерларнинг параметрлари ЛТС учун керакли шартларга жавоб бермайди. Шунга қарамай биринчидан янги лазерлар кашф этиш тадқиқотлари, иккинчидан мавжуд лазерларнинг параметрларини ЛТС учун керакли катталикларга етказиш устида тадқиқотлар давом этмоқда.

ЛТС учун жуда мураккаб лазер қурилмалари лойиҳаланиб баъзи бири ишга туширилган. ФИАН даги “ДЕЛЬФИН” лазери 216 нур дастасига эга бўлган қурилмадир. Америкада лойиҳаланган “Шива-Нова” лазери 50 каналдан иборат. Бундай қурилмалар қанчалик мураккаб эканлигини “Шива-Нова” лазерининг энергия ғамловчи конденсаторлари сони 50 минг, актив муҳитда инверс бандликни ҳосил қилувчи импульс лампалар сони 17 мингга эканлигига қараб баҳо бериш мумкин. «ЛТС ни амалий қўллаш учун яна 20 йил керак» деб тахмин қилинмоқда. Энди фараз қилайликки, ЛТС учун керакли лазер қурилган бўлсин. Лазер реактори қандай бўлиши керак?

Қуриниб турибдики, реактор импульс маромида ишлаши керак. 1 МЖ энергияга эга лазер импульси таъсирида тахминан 1000 МЖ га тенг энергия ажралиб чиқиши керак. 1 кг тротил портлаши натижасида 4 МЖ га тенг энергия ажралиб чиқишини ҳисобга олсак, ҳар лазер импульси таъсирида реакторда 250 кг тротил портлагандаги энергия ажралиб чиқади.

Демак, реактор камераси шундай портлашга бардош берадиган қилиб лойиҳаланиши керак. Ҳисоблашлар диаметри 0,65 м бўлган пулат сфера бундай камера сифатида қўлланилиши мумкинлигини кўрсатади. Лазер реактори фақат ЛТС энергиясида ишловчи «гибрид» реактор бўлиши мумкин. «Гибрид» реакторини амалга ошириш маълум сабабларга кўра энгилроқдир.

«Гибрид» реакторда мўлжал диаметри 0,6 м бўлган сфера шаклидаги пулат камера марказида жойлаштирилади. Камера реакторга тез киритилиши ва чиқарилиши кўзда тутилади. Реактор ички ва ташқи сфералардан ташкил топган бўлиб, уларнинг оралиғи $^{238}_{92}\text{U}$ билан тўлдирилган бўлади. Реактор қуйидагича ишлайди. Бир секундда 10 марта реактор марказига термоядро мўлжали камера киритилади ва лазер импульслари воситасида ЛТС содир бўлади. ЛТС натижасида ҳосил бўлган нейтронлар уран ядроларнинг бўлинишига олиб келади. Нейтронларнинг бир қисми ташқи сфера қобиғидаги литийга таъсир қилиб тритий ҳосил қилади. ($n + {}^6\text{Li} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ табиатда тритий мавжуд эмас, у сунъий равишда ҳосил қилинади). Уран ядролари бўлиниши натижасида ажралиб чиқан энергия иссиқлик алмаштиргичга тушиб буғ ҳосил қилади. Буғ турбинани ҳаракатга келтиради.

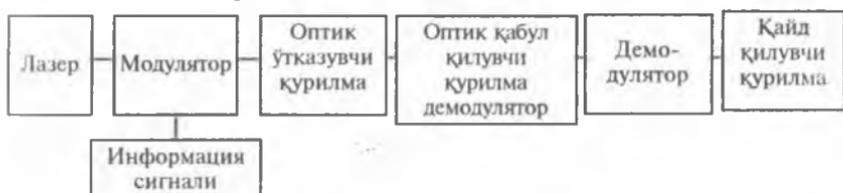
Ҳисоблашлар 50 т табиий урандан фойдаланиш 625 йил давомида $0,9 \cdot 10^9$ Вт қувватга эга бўлган реакторнинг ишлашини таъминлаш мумкинлигини кўрсатади.

Оптик алоқа

Радиоалоқа ривожланган сари унда юқори частоталар кенг қўлланила бошлади. Когерент тўлқинлар манбаи — лазерларнинг кашф қилиниши уларнинг алоқа воситасида қўлланилишини тақозо қила бошлади. Бунга сабаб — частотаси 10^{15} Гц бўлган бир ёруғлик дастаси ёрдамида 10^8 та телевизион дастур ёки 10^{11} радиостанциянинг бир вақтда ишлашининг

мумкинлигидир. Ёругликнинг тўлқин узунлиги радиотўлқинларникига нисбатан жуда кичик бўлгани учун ёруглик тўлқинларини йўналтирувчи қурилмалар, масалан, антенналар ҳам нисбатан кичик ўлчамларга эга бўлади. Диаметри $d=10-100$ см бўлган линза ёки кўзгулар воситасида тарқалиш бурчаги $0,5 \cdot 10^{-5}$ рад бўлган ёруглик дастаси ҳосил қилинади.

Оптик алоқа линиясининг асосий ускуналари модулятор ва демодулятордир. Модулятор — ёруглик тўлқинига узатилиши керак бўлган информацияни киритувчи қурилма бўлиб, одатда амплитудавий ёки частотавий модуляцияни киритади. Демодулятор ёрдамида ёруглик тўлқинига киритилган информация ажратилиб олинади. Оптик алоқа линиясининг блок-схемаси 29-чизмада келтирилган.



29-чизма

Лазер нурланишининг модулятор орқали ўтиши жараёнида унинг параметрлари модуляторга берилаётган сигнал товуши, тасвир, ёзув сигнали таъсирида ўзгартирилади ва оптик узатувчи қурилма — антеннага тушади. Мазкур ёруглик тўлқини қабул қилувчи қурилмага тушиб кучайтирилади ва демодуляторда ахборот сигнали элтувчи тўлқиндан ажратиб олинади. Ахборот сигнаolini қайд қилувчи қурилма микрофон, телевизион трубка, телефаксда қайд қилинади. Ёруглик тўлқинини икки хил усулда: 1) ички ва 2) ташқи усулларда модуляциялаш мумкин.

Ички модуляциялашда лазер нурланиши жараёнида унинг параметрларининг керакли ўзгаришига эришилади. Ички модуляция лазер резонаторига берилган энергия миқдорини ёки резонаторнинг асллигини ўзгартириш йўли билан амалга оширилади. Ярим ўтказгичли лазерларда ички модуляция когерент нурланиш ҳосил қилувчи ток кучини ўзгартириш натижасида амалга оширилади.

Ёругликнинг бирор муҳит билан ўзаро таъсирига асосланган ташқи модуляция усуллари ҳам кенг тарқалган. Ташқи мо-

дуляцияда нурланиш параметрлари лазер генераторидан кейин ўзгартирилади. Ҳозирги вақтда механик, магнитооптик, электрооптик, акустооптик модуляторлар кенг қўлланилмоқда.

Ёруғлик йўлига киритилган айланувчи, тез бурилувчи, ёруғлик йўлини гоҳи-гоҳида ёпиб-очиб турувчи қурилмалар механик модуляторлар номини олган бўлиб, улар ёрдамида 10 кГц частотагача модуляция ҳосил қилиш мумкин.

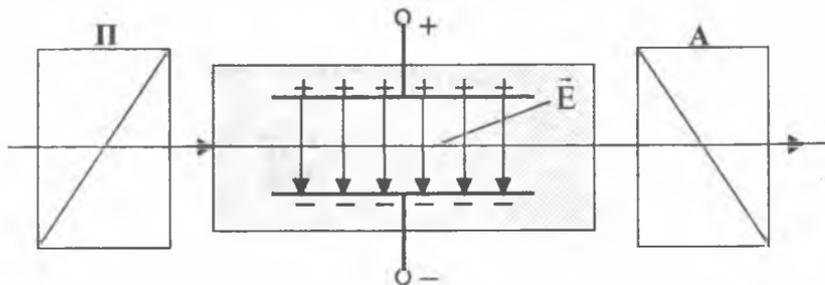
Албатта, бундай модуляция частотаси етарли бўлмаганлиги учун бошқа турдаги модуляторлар кўпроқ аҳамиятга эга. Электрооптик модуляторнинг ишлаши кутбланган ёруғликнинг муҳит билан ўзаро таъсирига (Керр ва Поккейлс эффектига) асосланган.

Баъзи бир суюқ диэлектриклар электр майдонига киритилганда сунъий анизотропия ҳосил бўлиб, уларда бир ўқли иккиланиб синдирувчи кристалл хусусиятлари ҳосил бўлади (Керр эффекти). Бундай сунъий кристалл муҳитнинг ўқи электр майдонининг кучланганлиги бўйлаб йўналади. Бу ўққа перпендикуляр равишда йўналган ёруғлик тўлқини бир йўналиш бўйича тарқалувчи оддий ва ғайриоддий нурга ажралади. Диэлектрикда L масофани босиб ўтган оддий ва ғайриоддий фазалар фарқи

$$\Delta\varphi = V_K L E^2$$

ифода билан аниқланади. Бу ерда: V_K -Керр доимийси, E — электр майдон кучланганлиги. “Керр ячейкаси” деб аталувчи қурилмани ўзаро перпендикуляр поляризатор ва анализатор орасига жойлаштирилганда бундай қурилма орқали ўтаётган ёруғлик интенсивлиги Керр ячейкасига берилган кучланганликнинг квадратага мос равишда ўзгаради.

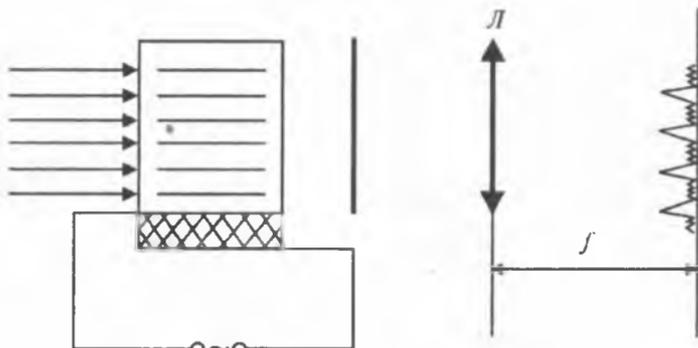
Керр модуляторида нитробензол, сероуглерод C қўлланилади (30-чизма). Унинг ёрдамида 10^9 - 10^{10} Гц частота билан модуляциялаш мумкин. Керр модуляторининг асосий камчилиги — унинг юқори кучланиш 10-50 кВ да ишлатилишидир.



30-чизма. Керр модулятори.

Поккельс эффектига асосланган модуляторда бир ўқли кристалнинг ўқи бўйлаб электр майдони қўйилганда кристалнинг симметрияси бузилиб у икки ўқли бўлиб қолади. Поккельс эффектида оддий ва ғайри оддий нурларнинг фазалари фарқи электр майдон кучланганлиги E га мос равишда ўзгаради (Керр эффектида E^2 га мос равишда ўзгарар эди). Поккельс модуляторининг кўриниши худди Керр модуляторига ўхшаш бўлиб фақат унда аммоний дигидрофосфат (АДП) $H_4NH_2PO_4$, калий дигидрофосфат KH_2PO_4 (КДР), литий ниобат ($Li Nb O_3$) калий титанил фосфат (ктр) Kt, OPO_4 каби кристаллар қўлланилиши билан фарқ қилади. Поккельс модуляторининг модуляция частотаси қўлланилаётган кристалл молекулаларнинг хусусиятларига боғлиқ бўлиб, бир неча гигагерцни ташкил қилади. Электрооптик модуляторда 100% ли модуляцияни ҳосил қилишда 1 мГц модуляция частота кенглигига 1-10 мВт бошқарувчи қувват мос келади.

Акустооптик модуляторнинг ишлаши муҳитда ҳосил қилинган акустик панжарада ёруғлик тўлқинларининг дифракциясига асосланган. Суюқ ёки қаттиқ ҳолатдаги муҳитда акустик турғун тўлқин ҳосил қилинганда босим ўзгариши натижа-сида муҳитнинг синдириш кўрсаткичи ҳам ўзгаради. Синдириш кўрсаткичининг вақт бўйича даврий равишда ўзгариши бундай муҳит орқали ўтаётган ёруғликнинг фазовий ва вақтий модуляциясини ҳосил қилади. Акустооптик модуляторнинг тузилиши 31-чизмада кўрсатилган.



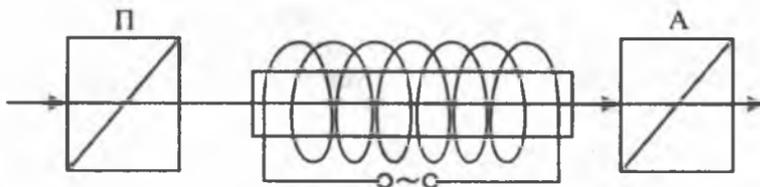
31-чизма. Акустооптик модулятор.

Акустооптик модулятор ёрдамида 10 мГц частотага эга тўлқинни модуляция қилиш мумкин.

Магнитооптик модулятор Фарадей эффектига асосланган (32-чизма). Баъзи бир моддаларнинг кучли магнит майдонида магнит куч чизиқлари бўйича тарқалаётган ёруғликнинг қутбланиши текислигининг бурилиш хусусияти Фарадей эффекти дейилади. Бурилиш бурчаги:

$$\theta = V_B LB$$

ифода билан аниқланади. Бу ерда: V_B — Верде доимийси, L — ёруғликнинг муҳитда тарқалиш узунлиги, B — магнит майдон индукцияси. Магнит майдонида чизиқли қутбланган ёруғликнинг қутбланиши текислигини буриш шундай кўриниши тушунтирилади. Чизиқли қутбланган ёруғликни чап ва ўнг доира бўйлаб қутбланган ёруғликларнинг йиғиндиси сифатида қараш мумкин. Магнит майдон таъсирида муҳитда қарама-қарши доира бўйлаб қутбланган ёруғликнинг тарқалиш тезлиги бир хил бўлиб қолиши натижасида қутбланиш текислигининг бурилиши юз беради. Бу йўналишда Верде доимийси катта бўлган моддалардан темир итрий гранат ($Y_3Fe_3O_{13}$) кенг қўлланилмоқда.



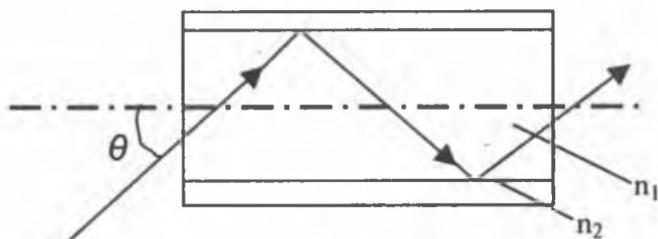
32-чизма. Магнитооптик модулятор.

Бундай модуляторларда 200 мГц модуляция частотасига эришилди. Модуляцияланган ёруғлик модулятордан ёруғликни қабул қилувчи қурилмага оптик алоқа линияси орқали узатилади. Оптик алоқа линияси сифатида атмосфера ёки йўналган ёруғликнинг узатувчи қурилмалари хизмат қилиши мумкин.

Алоқа линияси сифатида атмосфера қўлланилган линиялар «очиқ оптик алоқа линияси» номини олган. Очиқ алоқа линияси ахборотни фақат бир неча км масофагина ишончли равишда узатиш имконини беради. Лекин очиқ алоқа линиялари ер ва космос орасида алоқа ўрнатишда аҳамиятлидир. Масалан, лазер нурланиши ёрдамида ахборотни 10^8 км масофага 10^5 бит/с ахборот узатиш тезлиги билан узатиш мумкин.

Солиштиринг: ўта юқори частотали тўлқинлар ёрдамида шу масофага фақат 10 бит/с тезликда узатиш мумкин, холос.

Ёрнинг сиртида оптик алоқа ўрнатиш учун диаметри 20-40 мкм бўлган шишатолалар, оптик тўлқин ўзгартиргичлар кенг қўлланилмоқда. Оптик толанинг кесими 33-чизмада кўрсатилган.



33-чизма. Оптик толанинг кесими.

Тола икки қават шишадан ташкил топган бўлиб унинг иккинчисини синдириш кўрсаткичи ташқисиникидан каттадир $n_1 > n_2$. Толага θ бурчак остида тушаётган ёруғлик икки шиша муҳит чегарасида тўла ички қайтиши натижасида кўп марта қайтиб толанинг иккинчи учидан ўз энергиясини деярли йўқотмаган ҳолда чиқади. Энергия йўқотишлари бунда фақат толанинг моддасида ёруғликнинг ютилиши натижасида юз беради. Ge, P, В. Қўшилган кварц шиша толаларда йўқотишлар 1 дБ/км бўлишига эришилган. Бундай оптик тўлқинли узаткичлар ахборотни 10^7 - 10^8 бит/с тезлик билан 100 км масофагача узатиши мумкин.

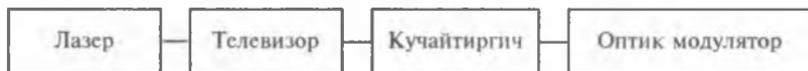
Узоқроқ масофага бундай толалар ёрдамида ахборотни узатиш учун ҳар 100 км га оптик сигнални кучайтирувчи ретранслятор қўйилади. Оптик толаларнинг алоқа линияларида қўлланилиши узатиш симлари учун ишлатиладиган рангли металлларни тежайди, алоқа симлари енгил, ихчам бўлиб, ташқи электромагнит майдоннинг таъсири информация узатилишига ҳалақит бера олмайди. Жуда кўп мамлакатларда телефон алоқаси ҳозирги вақтда оптик толалар ёрдамида ўрнатилган.

Ёруғлик сигнални қайд қилиш учун ички ва ташқи фотоэффект ёрдамида ишловчи фото қабул қилгичлар қўлланилади. Мазкур қурилмалар ёруғликнинг элтувчи частотасида юқори сезгирликка, модуляция частотасидан юқори бўлган частотавий тавсифга эга бўлиши керак.

Ташқи фотоэффектга асосланган қурилмалардан кенг тарқалгани фотоэлектрон кўпайтиргичлар ФЭУ бўлиб, улар фототокни 10^5 - 10^7 марта кучайтириш коэффициентига эга.

ФЭУ ларнинг қабул қилиш частоталари кенглиги 100 мГц га етади. Ички фотоэффект асосида ишловчи оптик детекторлар сифатида фотоқаршилиқлар, фотодиод ва фототранзисторлар, кўчки фотодиодлар охириги вақтда кенг қўлланилмоқда. Уларнинг ҳаммасида ёруғликнинг ютилиши натижасида электрон-ковак жуфти ҳосил бўлади. Натижада ёруғлик сигнали мос равишда ўзгарувчи электр сигналга айлантирилади.

Ҳозирги вақтда оптик канал бўйлаб телевизион тасвирни узатувчи бир неча қурилмалар ясалган. Энг биринчи лазер телевизион тасвирни узатувчи қурилма саноатда чиқарилувчи тайёр ускуналардан йиғилган. Унинг тузилиши 34-чизмада кўрсатилган.



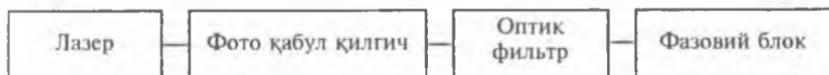
34-чизма. Лазер телевизион қурилманинг тузилиши.

Лазер телевизион қурилма лазер, иккита телевизор, кучайтиргич, оптик филтър модулятордан ташкил топган. Телевизорнинг тасвири кучайтирувчи каскаддан олинган сигнални кучайтириб модуляторга берилади. Модуляторга берилган сигналга мос равишда лазер нурланишини амплитудавий модуляциялайди. Лазер нурланиши узаткич қурилма ёрдамида кам ёйилувчи ёруғлик дастасига айлантирилиб узатилади ва пара-

оолик кўзгу сифатидаги оптик қабул қилгич орқали қабул қилиниб фотоэлектрон кучайтиргичга тушади. ФЭУда электр сигналига айланттирилган ёруглик сигнали кучайтиргич орқали телевизорнинг кириш қисмига берилади. Мазкур қурилма узатилган тасвирнинг тиниқлиги оддий телевизор тиниқлигидан устунлиги, ташқи электромагнит халақитларнинг таъсири бўлмаслиги билан устун туради. Қурилмада Пококельс эффекти асосида ишловчи КДП кристалли электрооптик модулятор қўлланилди. Модуляторга кирувчи лазер нурланиши дастаси диаметри 1 мкм бўлгани туфайли модуляциялаш учун 18 В кучланиш етарли бўлган.

Кейинги тажрибаларда бир лазер нурланиши орқали бир вақтда бешта телевизион тасвир узатилади. Бунда оптик қабул қилгич сифатида кремний фотодиоди қўлланилди. Тасвирни узатиш 66-75, 76-82, 182-186, 198-204, 210-216 мГц каналларда амалга оширилди.

Лазер нурланиши ёрдамида тасвирни узатувчи телевизион камеранинг блок схемаси кўриниши 35-чизмада келтирилган.



35-чизма. Лазер телевизион камеранинг блок-схемаси.

Мазкур қурилма лазер нурланиши орқали бир вақтда телевизион тасвир, музика ва рақамли информацияни узатиш имконини беради. Қурилма аргон лазер, фото қабул қилгич, оптик филтър, нурланиш фазовий ҳолатини ўзгартирувчи блокдан гузилган. Телевизион тасвирни ҳосил қилиш учун тасвирни айланаётган призмалар ёрдамида икки ўзаро перпендекуляр ўқлар бўйича ўзгартирилаётган лазер нурланиши томонидан ёритилади. Горизонтал ўқ бўйича лазер нурланишини ёйиш учун 60000 айл/мин тезлик билан айланувчи 16 қиррали призма қўлланилади. Нурланишнинг вертикал ўқ бўйича ҳаракатини 1500 йўл/мин тезлик билан айланувчи 26 қиррали призма таъминлаб беради. Бу иккала ҳаракат натижасида бир секундда 60 та тасвирни алмаштириш ҳосил қилинади. Тасвири ҳосил қилинаётган жисмлардан қайтган лазер нурланиши оптик қабул қилгич орқали телевизорга берилиб, тасвирни ҳосил қилади. Мазкур қурилма лазер нурланишининг фазовий ҳолати механик қурилмалар ёрдамида амалга оширилиши қурилманинг асосий камчилигидир.

Лазерларнинг қишлоқ хўжалигида қўлланилиши

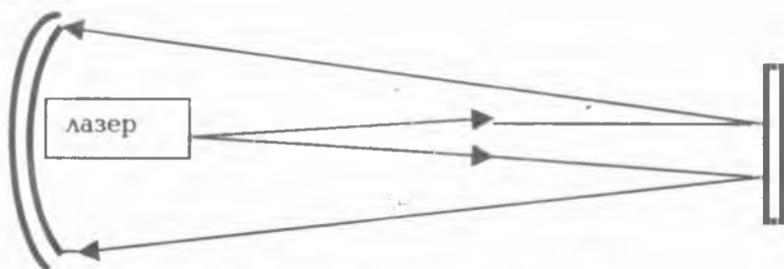
Лазер нурланишининг хусусиятлари уларни қишлоқ хўжалигида ҳам қўллаш имконини беради. Когерент нурланиш биологик жараёнларнинг тезлатиш хусусиятига эга эканлиги турли ўсимликларнинг уруғларига экишдан олдин лазер нурланиши қўллаш бир неча йўналиш бўйлаб ривожланмоқда (ўсимлик уруғларини экишдан олдин лазер нурланиши билан ишлаш, ўсимликларнинг ўсиш жараёнини, сифатини лазер нурланиши воситасида назорат қилиш, об-ҳаво шароитларини олдиндан тадқиқ қилиш ва ҳоказо).

Бугдойни экишдан олдин лазер нурланиши билан ишлашнинг Бошқирдистон, Қозоғистон, Украина хўжаликларига қўлланилиши ҳосилдорликни 10% дан 21% гача ошганини кўрсатди. Бугдойни экишдан олдин лазер нурланиши билан ишлаш учун "Львов-1" қурилмаси яратилди. Мазкур қурилмада гелий-неон ва аргон лазерларининг нурланишидан фойдаланилган. Қурилма бир соатда етти тонна донни ишлаш имкониятини беради ва бир киши томонидан бошқарилади. Донни лазер нури билан ишлашда унинг биологик активлигини ошириш аниқланди. Худди шундай тадқиқотлар Ўзбекистон Фанлар Академиясининг Экспериментал биология институтида пахта чигити устида олиб борилиб, у пахта ҳосилдорлигини 10-12% га оширишга олиб келди.

Ўсимликлар экилган майдонларни самолётдан лазер нурланиши воситасида назорат қилиш, ўсимликлардан қайтган нурланиш хусусиятларига асосланган ҳолда экинларнинг ёввойи ўтлар билан зарарланганлигини, ўсимлик баргларида хлорофилл миқдорини, ўсимлик массасини, етилиш даражасини, сувга муҳтожлигини, ҳосилдорлигини аниқлаш имконини беради. Бундай тадқиқотлар учун махсус қурилмалар — лидарлар яратилди. Лидар — лазер локатори бўлиб, атроф муҳитни лазер нурланиши воситаси ёрдамида назорат қилиш имконини беради. Лазер узатувчи, қабул қилувчи ва ахборотни ишловчи ва пульс маромида ишловчи лазер нурланишини кузатилаётган майдонга йўналтиради. Лазер нурланишини ютган ўсимликда флуосеценция ҳодисаси — қисқа вақт давомида ўсимликнинг нурланиши рўй беради.

Флуосеценция нурланишининг спектри ва кутбланишини рўй бериш тезлиги ўсимлик таркибидаги органик моддалар эритмаларнинг концентрациясига улардаги люминесценция

марказларига боғлиқ бўлади. ўсимлик флуосеценциясининг интенсивлиги, тўлқин узунлиги, спектри, кечикиш вақтига асосланган ҳолда унда юз бераётган биологик фотосинтез жараёнларини ўрганиш мумкин. Флуосеценция сигнали диаметри бир неча метргача бўлган оптик телескоплар ёрдамида қабул қилинади. Мазкур оптик сигнал фотоэлектрон кўпайтиргичларга тушиб электр сигнаliga айлантирилади. Олинган электр сигналлар ЭҲМ билан таъминланган анализаторда ишланади. Олинган информацияга асосланиб ўсимликнинг ҳолати ҳақида тасаввур ҳосил қилинади. Лидарнинг тузилиши 36-чизмада келтирилган.



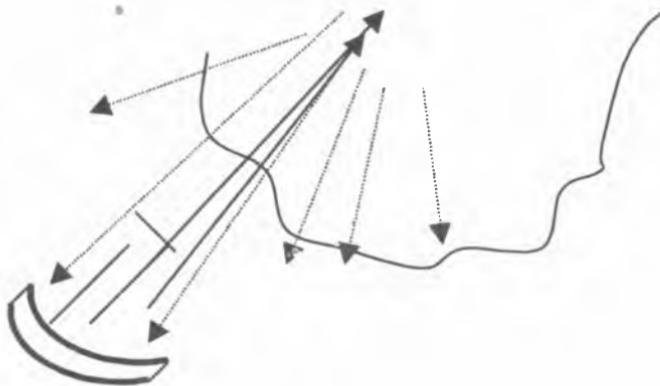
36-чизма. Лидарнинг тузилиши.

Лазер нурланиши ўсимликларда рўй берувчи фотосинтез ҳодисаларини ўрганиш имконини беради. Фотосинтез — ёруглик таъсирида ўсимлик баргларида, денгиз ўтларида, баъзи бактерияларда рўй берувчи мураккаб биологик жараёнлардир. Фотосинтез хлорофилл молекулалари ва пигментлар томонидан ёругликни ютишдан бошланади. Кейин ютилган энергия таъсир марказлари деб аталувчи марказга узатилиб, у ерда электр зарядларнинг ажралиш таъсирида оксидланиш-қайтарилиш реакциялари учун замин яратилади. Бу жараёнлар 10^{-9} - 10^{-12} с давомида содир бўлгани учун лазерлар кашф этилгунча буларни ўрганиш имкони йўқ эди. Лазер ёрдамида таъсир марказларининг тузилиши, фотосинтезнинг ўткинчи ҳолатлари, ёруғликнинг ютилиш жараёнлари тадқиқ қилинди.

Лидарлар фақат ўсимликларнинггина эмас, атмосферани ҳам тадқиқ қилишга имкон берди. Атмосферани лидар ёрдамида тадқиқ қилиш схемаси 37-чизмада кўрсатилган.

Лазер нурланиши тадқиқ қилинаётган соҳага йўналтириб, фотоприёмник ёрдамида бу соҳадан сочилган нурланишни

қабул қилиб олди. Қайтган нурланишнинг спектрал таркибига қараб атмосферадаги мавжуд бирикмаларнинг концентрациясини аниқлаш мумкин.



37-чизма. Лидар ёрдамида атмосферани тадқиқ қилиш.

Атмосферани ифлослантирувчи кимёвий бирикмаларни аниқлаш учун ёруғликнинг комбинацион сочилиш ҳодисасидан фойдаланилади. Маълумки, атом ва молекулалар тебранма ҳаракатда бўлиб, тебраниш частоталари кимёвий бирикма учун хосдир. Энг содда, икки атомли молекула бир тебраниш частотасига эга бўлади. Бундай молекулага частотали нурланиш частотаси $\nu - \nu_m$ ёки $\nu + \nu_m$ қийматга эга бўлиши мумкин. Бу ҳодиса ёруғликнинг комбинацион сочилиши дейилади. Масалан, атмосфера тўлқин узунлиги $\lambda = 694$ нм бўлган нурланиш йўналтирилганда сочилган нурланишда тўлқин узунликлари 798 нм ва 785 нм бўлган нурланиш кузатилган бўлсин. Тўлқин узунликларининг қийматига силжиши $798 - 694 = 104$ нм, ва атмосферада $785 - 694 = 91$ нм CO ва NO молекулалари мавжудлигидан далолат беради.

Атмосферадаги газларнинг таркибини ўрганиш учун одатда рубин лазери нурланишининг иккинчи гармоникаси $\lambda = 347$ нм қўлланилади.

Лидарларда ёруғликнинг комбинацион сочилишидан ташқари люминесценция нурланиши частотаси мазкур бирикма учун аниқ қийматларга эга. Люминесценция нурланишининг спектрал таркибини ўрганиб, атмосферадаги бирикмаларнинг концентрацияси аниқланади.

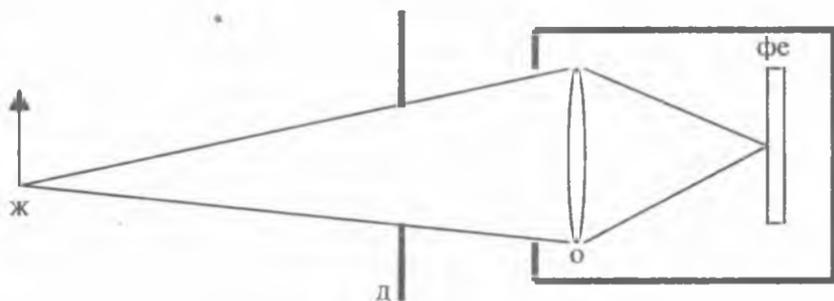
Лазер нурлар метеорологияда ҳароратга, намлик, зичлик, шамолнинг тезлиги ва йўналишини аниқлашда катта аҳамиятга эга, чунки улар ёрдамида узоқдан туриб керакли соҳадаги катталиклар ўлчаб олинади.

Голография

Голография — ёруғлик интерференцияси воситасида жисмларнинг уч ўлчамли ҳажмий тасвирини ҳосил қилиш усулидир. Голография сўзи грекча «holos»-тўла, «grapho» — ёзаман сўзларидан олинган. Голография асослари 1948 йилда Д.Габар томонидан таклиф қилинган. Д. Габар электрон микроскопларнинг ажратиш қобилиятини ошириш учун электрон тўлқинларнинг фақатгина амплитудасигина эмас, фазасини ҳам қайд қилишни таклиф қилган. Бунинг учун жисмдан қайтган нур таянч когерент тўлқин билан устма-уст туширилди. Габарнинг тажрибалари голографияга асос солди. Лекин юқори интенсивликка эга бўлган когерент манбаларнинг мавжуд эмаслиги сифатли голографик тасвирларни ҳосил қилишга имконият бермади.

Юқори интенсивликка эга когерент манба — лазернинг кашф этилиши голографиянинг ривожланишига ва кенг қўлланишига олиб келди. Голограммаларни ҳосил қилишда лазер нурланишидан фойдаланишни 1962-63 йилларда америкалик олимлар Э.Лейт ва Ю.Упат-ниекс таклиф этдилар. Ю.Н. Денниук биринчи бўлиб уч ўлчамли муҳит голограммасини ёзиб олиш имкониятини кўрсатди. Голограммани тушуниш учун аввал жисмларнинг фотографик тасвирини ҳосил қилишни кўриб чиқайлик. Бирор жисмнинг фотографик тасвирини ҳосил қилиш учун унинг аниқ тасвирини фотоэмульсия текислигига туширилади. Бунинг учун йиғувчи линза сифатида объектив қўлланилади. Фотоэмульсияга жисмнинг еруғроқ қисмидан кўпроқ ёруғлик, қоронғулик (қорароқ) қисмидан эса камроқ ёруғлик тушиши натижасида жисмнинг ёруғлик нуқтаи назаридан тескари тасвири — негативи ҳосил бўлади (негативда жисмнинг оқ қисми қора кўринишга эга бўлади ва аксинча). Бўшқача сўз билан айтганда, жисмнинг тасвирини ҳосил қилишда (худди кўз билан кўришдагидек) қайтган ёруғликнинг амплитудавий қиймати қайд қилинади. Жисм 25 м дан узоқда жойлашганда фотоэмульсияни текисли-

гида тасвирни ҳосил қилиш учун объектив (линза) билан фото-эмульсия орасидаги масофа ўзгартирилади.



38-чизма

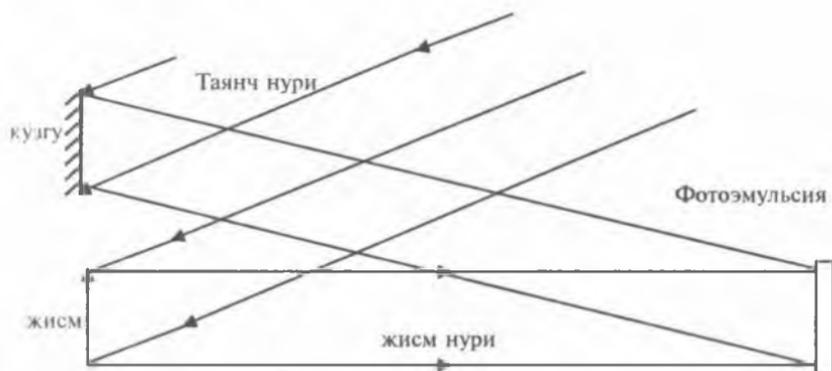
Агар жисм ясси бўлмаса, унинг турли нуқталари объективдан турли масофада жойлашган бўлади ва эмульсияда жисмнинг объективдан тенг масофаларда ётган нуқталаргина аниқ тасвирга эга бўлади. Бошқа нуқталарнинг тасвири хира ва ёйилган бўлади. Уч ўлчамли ҳажмий жисмларнинг тасвирини ҳосил қилиш учун объективнинг ёруғлик ўтказувчи қисми диаграмма ёрдамида кичрайтирилади. Бунда объектив фокуси чуқурлиги ортади ва ҳажмий жисмнинг етарлича аниқ тасвири ҳосил бўлади, лекин тасвир ясси кўринишда бўлади.

Ҳажмий тасвирни жисмнинг табиий кўринишига яқинлаштириш учун стереографиядан фойдаланилади. Бунда жисмнинг сурати орасидаги масофани инсоннинг икки кўзи орасидаги масофага тенг масофада жойлаштирилган икки камера ёрдамида олинади. ҳар бир камера жисмнинг ўзи турган нуқтадан кўринишини суратга олади. Олинган суратлар стереоскопга жойлаштирилганда чап кўзимиз чап камера олган суратни, ўнг кўзимиз ўнг камера олган суратни кўриши ва бу суратлар тасвири миямизда устма-уст тушиши натижасида жисмнинг тасвири деярли табиий кўринишга яқин бўлади. Стереокамера воситасида ҳам тўла ҳажмий тасвир ҳосил қилиш мумкин эмас. Сабаб шундаки, жисмнинг тасвири фақат камералар турган нуқтадан кўринишга қайд қилинади. Жисмнинг орқа қисми ёки бошқа жисмлар билан тўсилган қисмини кўриб бўлмайди.

Голографияда фотография ёки стереофотографиядагидек жисмнинг тасвири эмас, жисмдан қайтган ёруғлик

гулқинининг тузилиши қайд қилинади. Шунинг учун голограммани олишда ҳеч қандай объектив, фокусловчи кўзгулар қўлланилмайди.

Голограммани ҳосил қилишнинг энг оддий схемасини кўриб чиқайлик.

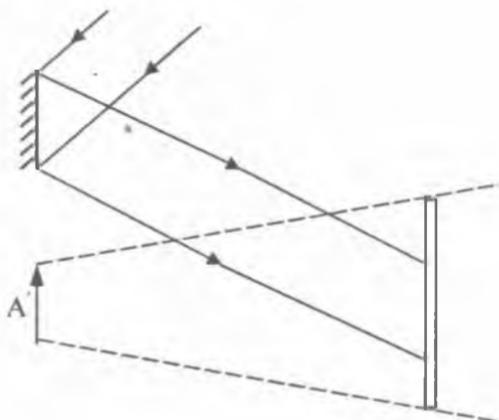


39-чизма. Голограмма ҳосил қилиш схемаси.

Ясси когерент нурланишнинг бир қисми ясси кўзгудан қайтиб таянч нурни ҳосил қилади. Жисм нурли ва таянч ва жисм нурлари устма-уст тушиши натижасида ҳосил бўлган интерференцион манзара қайд қилинади. Фотопластина кимёвий эритмаларда қайта ишлангандан кейин унда коронғу ва ёруғ йўлчалар, яъни чизиқлар ҳосил бўлганини кўрамиз. Мазкур ҳосил бўлган тасвир голограмма дейилади. Голограмма жисмдан қайтган ёруғликнинг амплитудаси ва фазасини ўзида муржа сарғайтирган бўлади.

Қайта ишланган голограммани оддий ёруғлик манбаларида кузатганимизда жисмни эслатадиган ҳеч қандай тасвирни кўрмаймиз.

Голограммада тасвирни ҳосил қилиш тасвирни қайта тиклаш дейилади. Тасвирни қайта тиклаш схемаси 40-чизмада келтирилган.



40-чизма. Тасвири қайта тиклаш схемаси.

Тасвири қайта тиклаш учун голограмма таянч нур билан ёритилади. Бундан таянч нурга нисбатан маълум бурчак остида жисмнинг тасвири А ҳосил бўлади. Кузатувчи жисмни фазода муаллақ турган ҳолда кўради. Тасвири голограмма ўлчамлари билан чегараланган ҳолда турли ҳолатлардан кузатиш мумкин. Бунда биз жисмнинг ўзини айланиб кўрганда қандай тасвир ўзгаришини кўрсак, голограмма кузатганда ҳам шуни кўрамиз. Мисол учун бирор қисми бошқа жисмлар томонидан берк бўлса, бошқа ҳолатда жисмнинг ўша қисми очиқ эканлигини кўриш мумкин. Таянч ва жисм тўлқинлари учрашган фазода тургун тўлқинлар ҳосил бўлади. Учрашаётган тўлқинларнинг фазалари бир хил бўлган нуқталарда максимум, қарама-қарши фазада бўлган нуқталарда эса минимумлар кузатилади.

Интерференцион манзаранинг фазавий частотаси (бирлик узунликда нечта максимум ва минимумлар жойлашишини ифодаловчи қиймат) таянч ва жисм тўлқинларининг учрашиш бурчаги α ва тўлқин узунлиги λ га боғлиқ бўлади.

$$v = 2\vartheta \sin \frac{\alpha}{2} / \lambda$$

Габор таклиф этган схемада таянч нури ва жисм голограмма ўқида жойлашган. Бундай схема учун α нинг қиймати нолга яқин жуда кичик қийматга эгадир. Бундай голограмма бир нури голограмма номини олган. Чунки бунда нурнинг бир

қисми таянч нурларни, бошқа қисми эса жисм нурина ҳосил қилади.

Лейт ва Упатнейкс оғма таянч нури алоҳида шаклланади (шунинг учун бу метод икки нурли голограмма номини олган). Икки нурли голограмма учун ν нинг қиймати анча катта ва бу усул юқори ажрата олиш қобилиятига эга фотопластиналардан фойдаланишни тақозо қилади.

Таянч ва жисм нурлари фотопластинага икки томондан тушадиган усулни, яъни қарама-қарши нурлар усулини олган. Мазкур усул $\alpha=180^\circ$ ва 360° қийматга, яъни энг катта бурчак қийматига эга. Қарама-қарши нурлар усулида интерференцион максимумлар фотопластина сиртига параллел текисликларда фотоэмульсия қатламида жойлашган бўлади (Денисюк схема-си). Фотоэмульсия қатлами қалинлиги δ ҳосил бўлган интерференцион максимумлар орасидаги масофа α дан жуда катта бўлганда бундай голограмма ҳажмий голограмма дейилади. Агар $\alpha \approx \delta$ бўлса, бундай голограмма ясси голограмма дейилади. Ҳажмий голограмма учун $\delta \geq 1.6 \frac{d^2}{\lambda}$ шарт бажарилиши керак.

Фотопластинкага ёзиб олинган голограмма узоқ вақт давомида ўз хусусиятини йўқотмайди. Тасвирни қайта тиклаш жараёни уни ёзиб олиш жараёни билан боғлиқ эмас, бундай голограммалар стационар голограммалар дейилади. Лекин шундай муҳитлар мавжудки, улар ёритилганликнинг фазавий ва амплитудавий ўзгаришларини дарҳол сезиш ва қайд қилиш хусусиятларига эгадирлар. Бундай муҳитларга бўёқ моддалар, кристаллар, металл буғлар мисол бўла олади. Мазкур муҳитларда голограммани ёзиб олганда, голограмма фақат ёзиб олиш жараёнида мавжуд бўлади. Демак, голограммани қайд қилиш (тасвирни қайта тиклаш) жараёни билан бир вақтда олиб борилади. Бундай голограмма динамик голограмма номини олган. Динамик голограммалар ЭҲМларнинг катта тезликда ишловчи (10^{-12} с) логик элементлари, голографик эслаб қолувчи қурилмаларни ҳосил қилишда, тез ўтувчи жараёнларни қайд қилувчи қурилмаларда, голографик лазерларда ва ҳоказоларда кенг қўлланилади.

Голограмманинг хусусиятлари

Юқорида айтилганидек, голограмма жисм сиртидан қайтган тўлқинларнинг ҳам амплитудаси, ҳам фазасини қайд қилади. Тўлқин амплитудаси ҳақидаги ахборот интерференцион манзаранинг контрасти (кескин фарқ қилиши) сифатида, фазаси ҳақидаги ахборот ва шакли сифатида қайд қилинади. Голограмма учун «негатив» ёки «позитив» тушунчаси ўринли эмас. Чунки негатив ёки позитив голограмма ёритилганда ҳам позитив (ҳақиқий) тасвир ҳосил бўлади. Бунинг сабаби шундаки, амплитуда ҳақидаги ахборот интерференцион ўлчамлар контрасти (кескин фарқ қилиши) орқали ифодаланади. Негатив ёки позитивдаги контраст бир хил бўлгани учун иккала ҳол ҳам қайта тиклашда бир хил тасвирни беради. Негатив позитив билан алмаштирилганда фазанинг Π га силжиши рўй беради, холос. Бу эса тасвирни кўз билан кўришда сезилмайди. Голограмма ёзиб олинаётганда жисмнинг ҳар бир нуқтасидан қайтган ёруғлик голограмманинг бир сиртига тушса, голограмманинг ҳар қандай кичик қисми жисмнинг тўла тасвирини тиклаш имконини беради. Демак, голограммани бир неча бўлакка бўлганда унинг ҳар бир бўлаги ёрдамида жисмнинг тасвирини ҳосил қилиш мумкин. Голограмма жуда кичик бўлақларга бўлинганда қайта тикланган тасвир яққол бўлмай хирароқ ёйилган бўлиши кузатилади.

Фотография усулида ёритилганликларнинг фарқи бир неча юз мартагача фарқ қилувчи ҳолларни суратга олиш мумкин. Ёритилганликлар кўпроқ фарқ қилувчи ҳолларни суратга олганда фотоэмульсияда тўйиниш рўй бериши кузатилади. Голограмма ёритилганликлари бир неча юз минг марта фарқ қилувчи жисмларнинг тасвирини ҳосил қилиш имкониятини беради. Голограммани ажратиб олиш қобилияти аксарият ҳолларда фотоэмульсиянинг ажрата олиш қобилияти билан чегараланган.

Голограммани қайд қилувчи моддалар

Голограмма қайд қилинадиган интерференцион йўлақчаларнинг орасидаги масофа $1/v$ нинг қиймати $\lambda/2$ га тенг. Ёруғликнинг ўрта тўлқин узунлиги $\lambda=0,5$ мкм учун интерференцион йўлақчалар бир-биридан $d=0,25$ мкм масофада жойлашган. Бундай манзарани қайд қилувчи моддалар бир

миллиметрда бир неча минг чизикнинг фарқ қилиш хусусиятига эга бўлиш керак.

Бошқача сўз билан айтилганда, голограммани қайд қилувчи моддаларнинг ажрата олиш қобилияти бир миллиметрга бир неча минг чизик бўлиши керакдир. Голографияда қайд қилувчи моддалар сифатида фотоматериаллар қўлланилади. Фотоэмульсия шаффоф желатин асосига киритилган $AgBr$ зарралардан иборатдир. Ёруғлик таъсирида кумуш тикланиб, унинг зарралари қорайиб қолади. Шунинг учун ишлатилган фотоэмульсия микроскоп ёрдамида қаралганда унинг алоҳида зарраларидан иборатлиги кўринади. Агар қайд қилинаётган интерференцион йўлчалар фотоэмульсия зарраларидан кичик бўлса, бир зарра юзасига бир неча йўлча жойлашиб уларни бир-биридан ажратиш бўлмаслиги мумкин. Демак, фотоэмульсия зарралари қанча кичик бўлса, унинг ажрата олиш қобилияти шунча ортиб боради. Аммо ҳам сезгир, ҳам юқори ажрата олиш қобилиятига эга фотоматериаллар тайёрлаш анча қийин муаммодир. Ҳозирги вақтда юқоридаги талабларга жавоб берувчи ВРЛ, ЛОИ ва ПЭ фотопластинкалари ишлаб чиқарилган, уларнинг ажрата олиш қобилияти бир миллиметрга 5000 чизикдан ортиқ.

Бундан ташқари ФПГВ фотоплёнкалари ҳам қўлланилади. Улар учун $v \approx 3000$ чизик/мм га тенг. Мазкур фотоматериалларнинг сезгирлиги 10^{-2} Ж/см² қийматга эга.

Фотоматериалларнинг асосий камчиликлари — улардан фақат бир марта фойдаланишгагина мумкин эканлигидир. Голограммани ёзиш, ўчириш ва яна қайта ёзиш хусусиятларига эга бир неча моддалар бўлиб, фотохром моддалар, суяқ кристаллар, термопластик пардалар мисол бўлади. Улар голограмма ёзилгандан кейин фотоматериалларга ўхшаш кимёвий иш-лашни талаб қилмайдилар.

Термопластинкаларга голограмма ёзилишини кўриб чиқайлик. Термопластинкалар унча юқори бўлмаган ($50^{\circ}C$) ҳароратларда юмшайдиган шаффоф диэлектриклардир. Голограмма термопластинка сиртининг рельефи кўринишида ёзилади. Голограмма ёзиш учун қоронғида термопластик сирт электр разряди ёрдамида бир текис зарядланади. Бунда термопластик қатлам ва ўтказувчан пардадан ташкил топган конденсатор юзага келади.

Кейин термопластик сиртга жисм тўлқинлари туширилади. Ярим ўтказгич қатламини ёритилган қисмининг электр

Ўтказувчанлиги кескин ортади ва ярим ўтказгичнинг бундай қисмларида ҳосил қилинган конденсатор қопламлари орасидаги масофа камаяди. Конденсатор қатламлари майдон кучланганлиги ўзгармаганлиги сабабли қопламлар орасидаги потенциаллар айрмаси пасаяди. Бошқача қилиб айтганда, термопластинканинг ёритилган қисмининг потенциали пасаяди. Термопластинка яна қайтадан зарядланса, потенциали унинг барча қисмида бир хил бўлиб қолади. Термопластинканинг ёритилган қисми илгариги потенциални тиклаш учун қўшимча заряд қабул қилар эди. Энди термопластинка юмшагунча қиздирилса, Кулон итариш кучлари таъсири остида у деформацияга учраб унинг сиртидаги рельефи интерференцион манзарани ифодаловчи ҳолатни қабул қилади (Ёритилган йўлчаларга термопластик сиртнинг дўнгликлари, қоронғи йўлчаларга чуқурликлари мос келади). Мазкур рельеф термопластик совилтилгандан кейин сақланиб қолади.

Термопластик голограмма ёруғлик кучи учун шаффофдир. Лекин у орқали ўтаётган ёруғлик термопластинканинг турли қисмларида турли фаза ўзгаришларига дучор бўлади ва жисм тўлқинининг тўлқин фронти тикланади. Термопластинкаларнинг ажрата олиш қобилияти 1000 чизиқ/мм ни ташкил қилади, сезгирлиги 10^{-3} Ж/см² га тенг.

Голографияда қўлланиладиган ёруғлик манбалари

Голограмма ёзиб олишда қўлланиладиган ёруғлик манбалари юқори когерентлик ва равшанликка эга бўлиши керак. Ёруғликнинг вақтий когерентлиги қанча юқори бўлса, таянч ва жисм тўлқинларининг оптик йўллари фарқи L интерференцион манзаранинг контрасти сақланган ҳолда шунча катта бўлади. L нинг қиймати ёруғликнинг спектрал чизиги кенглиги $\Delta\lambda$ га боғлиқ бўлиб $L = \lambda^2 / \Delta\lambda$ га тенг. Юқори вақтий когерентликка бир қўндаланг моддага узлуксиз маромда нурланувчи гелий — неон ($\lambda = 632.8$ нм) ва аргон ($\lambda = 488$ нм, 514,5 нм) лазерларининг нурланиши эга бўлиб, қўзгалмас жисмлар голограммасини ёзиб олишда қўлланилади. Тез содир бўлувчи жараёнлар голограммаси импульс маромида ишловчи рубин ($\lambda = 694,3$ нм) лазерини нурланиши воситасида ёзиб олинади.

Голографиянинг қўлланиши

Голограммани тиклаш натижасида ҳосил бўлган тасвири худди ҳақиқий жисми кўраётгандек тасаввур ҳосил қилади. Голограмманинг ўлчами билан чегараланган турли ҳолатлардан жисми кузатиш мумкин бўлади. Голограммани кузатиш кичик дарча орқали жисми кузатиш тасаввурини беради. Дарча олдида ўз ҳолатимизни ўзгартирсак жисми бошқа бурчак остида кўрамир.

Голограммани бундай хусусиятлари янги йўналиш - санъат обидаларининг график нусхаларини ҳосил қилишни юзага келишига сабабчи бўлди. Москвадаги кинофотоинститутнинг голография лабораториясида Москва Кремли қурол-аслаҳа палатасидаги, Олмос фондидаги обидаларнинг голограммалари ёзиб олинди. Бу голограммалар Денисюк усули билан ёзиб олинган бўлиб, уларни тиклаш учун оддий ёруғлик манбалари — Кўёш нури, люминесцент лампа нури қўлланилади. Тикланган голограмма жисмининг фақат тасвиригина эмас, рангини ҳам акс эттиради. Олинган голограммалар ўлчами 60x80 см ни ташкил қилади. Қимматбаҳо санъат обидаларининг нусхаларини дунёнинг ҳамма нуқталарида кўриш имконияти туғилди.

Агар голограммани маълум кетма-кетликда ёзиб олиб шу кетма-кетликда алмашинишни таъминласак, биз ҳаракатдаги жонли жисмларнинг голограммаси — голографик кинони ҳосил қиламиз. Бундай кинони кўрган одамда, худди ўзи юз бераётган ҳодисаларда иштирок этаётганлигининг тасаввури пайдо бўлади. Кино учун қўлланиладиган голограмма кўплаб кўриши учун жуда катта ўлчамга эга бўлиши керак. Бундай голограмманинг тез алмашинишини таъминлаш керак бўлади. Ҳозирги вақтда олимлар голографик кино ва телевидение устида гадқиқотлар олиб бормоқдалар.

Голограммалар асосида голографик эслаб қолувчи қурилмалар пайдо қилинган. Голографик эслаб қолувчи қурилмаларда ахборот турли кўринишда (тасвир сифатида, алфавит-рақамлар воситасида) ясси, ҳажмий, амплитудавий ёки фазавий голограмма сифатида ёзилиши мумкин. Голографик эслаб қолувчи қурилмалар юқори хотиралаш зичлиги 10^5 бит/мм² га эга бўлиб бу жиҳатдан магнит эслаб қолувчи қурилмаларга нисбатан устунликка эга. Ҳажмий голограммаларини, ёзиб олиш учун электрооптик кристаллар LiNbO_3 , $0,75\text{SrO} \cdot 0,25\text{Nb}_2\text{O}_5$ қўлланилади. Ҳажмий голограммалар асосидаги

эслаб қолувчи қурилмаларга бир геометрик ҳажмда турли ахборот ёзилиши мумкин. Ҳар бир ахборотга таянч ва жисм нурларининг ўз йўналишлари мос келади. Голограммани тиклаш учун уни ёритувчи нурга нисбатан бурилади. Тикловчи нурнинг йўналиши голограммани ёзишда қўлланган таянч нурининг бирор йўналишига мос келганда, шу йўналишда ёзилган информация тасвири ҳосил бўлади. Голографик хотира қурилмаларига ахборотни ёзиб ва "ўқиб" олиш учун лазер нури, акустооптик ёки электрооптик воситалар ёрдамида ўз йўналишини тез ўзгариши таъминланади. Бир йўналишдаги ахборотни "ўқиб" иккинчисига ўтиши учун жуда кичик вақт интервали (10^{-6} с) керак бўлади, холос. Тикланган тасвир ёруғликка сезгир бўлган экран (масалан, суюқ кристалл экран) га йўналтирилиб уни электр сигналига айлантирилади. Голографик хотира қурилмалари тез ишловчи оптик ҳисоблаш машиналари тадқиқ қилишда катта аҳамиятга эгадир. ҳаракатдаги жисмларнинг голограммаси импульс лазерлар воситасида ёзиб олинади. Доимийлиги 20 нс бўлган рубин лазери нурланиши учиб кетаётган ўқ, суюқлик ва газлар оқимини ҳаракати, учаётган ҳашоратларнинг голограммасини ҳосил қилиш имкониятини беради. Голограммаларни тиклашда гелий-неон лазеридан фойдаланилади. Импульс голограммалар газ ва суюқлик оқимлардаги тез содир бўлувчи ҳодисаларни тадқиқ қилиш имконини беради.

Голографик интерферометрия жисмлар сиртининг деформациясини пайвандланган сирти сифатини текширишда, жисмларда кучланиш таъсирида ёриқлар ҳосил бўлишини текширишда, жуда кичик (бир неча микрон) силжишларни ўлчашда қўлланади.

Голографик интерферометрнинг энг оддий усули икки марта голограмма ёзиб олиш усулидир. Бунда биринчи марта ҳеч қандай таъсирга учрамаган жисм голограммаси, иккинчисида таъсир остидаги (деформацияланган, қиздирилган) голограммаси ёзиб олинади.

Икки қайта ёзиб олинган голограмма тикланганда жисмнинг тасвирига интерференцион йўлчалар устма-уст тушган бўлиб, уларнинг кўриниши жисмнинг ташқи таъсир остида қандай ўзгарганини ифода қилади.

Голографик интерферометриянинг бошқа усулида таянч нури жисмнинг ўзини ёритади. Улардан қайтган нурлар интерференцион манзарани ҳосил қилади. Мазкур усул жисмлар-

ни "идеал" жисм билан солиштиришда жуда кўл келади. Масалан, минглаб суратлар орасида бизга керакли суратни шу усул билан "таниб" ажратиб олишимиз мумкин.

Акустика ва радиоголография

Голографик усул — тўлқинларнинг амплитуда ва фазасини ёзиб олиш усулини товуш, ультратовуш ва радиотўлқинлар учун ҳам қўллаш мумкин. Мазкур усул товуш, ультратовуш тўлқини майдонининг тасвирини ҳосил қилиш имконини беради.

Оптик голографиянинг ривожланиши керакли когерент ёруғлик манбалари мавжуд бўлмаганлиги натижасида 15 йилга кечиккан бўлса, ультратовуш голография учун ҳамма тажриба имкониятлари етарли эди. Деярли ҳамма ультратовуш манбалари — когерент манбалар бўлиб, мавжуд микрофон ва гидрофон товуш тўлқинларининг фазаси ва амплитудасини қайд қилиш имконини беради. Акустик голограммани ёзиб олиш узун бир товуш генераторидан ишловчи иккита ультратовуш манбаи қўлланилади. Уларнинг бирини тўлқинлари жисмга туширилади. Жисмдан қайтган тўлқин иккинчи манба тўлқини билан учрашади. Уларнинг интерференцияси натижасида суюқлик сиртида интерференцион манзарани такрорловчи рельеф ҳосил бўлади. Мазкур голограммага лазер нурланиши йўналтирилса жисмнинг товуш тўлқини воситасида ёзиб олинган тасвири ҳосил бўлади. Ультратовуш голографияси оптик шаффоф бўлмаган муҳитларнинг ичини кўриш имконини беради. Ультратовуш голографияси денгиз туби рельефи, Ер қаъридаги фойдали казилмаларни ўрганишда, археологияда, медицинада катта аҳамиятга эга. Бу усул билан Хеопс пирамидасининг ички қисмида бўшлиқ мавжуд эканлиги аниқланган. Ультратовуш голографияси инсоннинг ички органларини ўрганиш имконини беради.

Материалларга лазер нури билан ишлов бериш

Катта қувватли лазер нури моддаларга қандай таъсир кўрсатади?

Ҳам илмий, ҳам амалий аҳамият касб этувчи ушбу масалани ечиш учун қандайдир металл сиртига лазер нурини йўналтирайлик. Лазер нурланиш интенсивлиги борган сари ор-

тиб боради, деб тасаввур этайлик. Бунга лазер қувватини ошириш ҳамда нурланишнинг фокусировкасини яхшилаш усули билан эришиш мумкин. Нурнинг қувватини орттириб бориб у 10^4 Вт/см² чамаси қийматга эга бўлиши бундай қувватда ҳар қандай металл учун эриш ҳароратига эришилади ва биз кузатган металл эрий бошлайди. Сиртга яқин, ёруғлик нури тушаётган жойда металлни суюқ (эриган) соҳаси юзага келади. Металлнинг қаттиқ қисмидан ажратиб турувчи бу сирт қисми одатда эриш сирти дейилади. Металл, нурланиш энергиясини янада кўпроқ ютган сари эриган қисм шу металлнинг ички қатламига кириб бораверади. Металлнинг иссиқлик ўтказувчанлиги юқори бўлганлиги сабабли, иссиқлик металлнинг қуйи қатламлари ичига интенсив сингиб бориши давомида сиртнинг эриш юзаси ҳам албатта, ортади. Натижада (нурланишнинг берилган интенсивлиги учун) эришнинг ўзгармас сирти юзага келади. Лазер нурининг интенсивлигини 10^6 - 10^7 Вт/см² га қадар орттирайлик. Мазкур қувватда эриш билан бир вақтда материалнинг шу эриган қисмининг интенсив буғланиши (қайнаши) бошланади. Металлнинг шу қисмининг буғланиши туфайли унинг сиртида чуқурча юзага келиб, маълум вақтдан сўнг у тешик ёки кесимга айланади. Нурланишнинг интенсивлиги янада орттирилиб тахминан 10^9 Вт/см² чамасида бўлганда модда буғининг кучли ионланиш жараёни бошланади, бунинг натижасида буғ плазмага айланади. Плазма лазер нурини интенсив ютганлиги туфайли у нурланишнинг металл сиртига лазер нури билан ишлов берилганда плазма ҳосил бўлмаслигига аҳамият бериш керак. Нурланишнинг моддага таъсири тўғрисида фикр юритганда биз фақат ёруғлик қувватини фазодаги концентрацияси ҳақида гапирдик, холос. Аммо қувватнинг вақт бўйича ўзгаришини ҳам эътиборга олиш керак, албатта. Уни яккаланган лазер импульси давом этиш вақтини ёки импульс кетма-кет келиши частотасини ўзгартириш йўли билан бошқариш мумкин.

Фараз қилайликки, нурланиш интенсивлиги металлни на фақат эришига, балки уни буғланишига ҳам старли бўлсин. Бунда лазер нурланиши алоҳида яккаланган импульсдан иборат бўлиб, у 10^{-7} с чамаси давом этсин. Бу ҳолда жуда қисқа вақт ичида материал сиртида жуда катта ёруғлик энергияси ютилади. Мазкур жараён кичик вақт ичида металлнинг ташқи сиртида содир бўлиб ички қатламига сингишга улгурмайди. Натижада модданинг муайян массаси эригунга қадар унинг ин-

тенсив бугланиши бошланади. Бошқача сўз билан айтганда, модда ютаётган ёруғлик энергиясининг асосий қисми модданинг буткул эришига сарфланмай, балки унинг бугланишга ҳам сарфланар экан. Амалда, лазер импульсининг муайян энергиясида уни давом этиш вақтини узайтириш мақсадга мувофиқ бўлиб қолади. Шу туфайли эриш сиртининг намунанинг ички қатламларига кучиш имконияти тугилади. Шундай қилиб материалга ишлов беришда шу материалнинг хусусиятига асосланиб нурланишнинг ҳам энергиявий, ҳам вақтий тавсифини танлаш мақсадга мувофиқдир. Хусусан пайвандлашда интенсивлиги унча катта бўлмаган нисбатан узоқ вақт давом этувчи импульслардан (давом этиш вақти 10^{-2} - 10^{-3} с) тешик ҳосил қилиш қулай бўлиб чиқди. Аксинча, материални жадал буглантириш учун эса кўпроқ интенсивликдаги, ammo қисқа вақт давом этувчи (10^{-4} - 10^{-5} с) импульслардан фойдаланиш лозим бўлар экан. Лазер тешгичлар қандай хусусияти билан афзалликка эга? Қўл соати «Повет» нинг цифрблатида «23 та гош» деган ёзув бор. Бундай ёзувлар бошқа механик тарзда юргизиладиган соатларда ҳам мавжуд. Улар нимани англатади? Гап рубин тошлари устида бориб, улар соат механизмида сирпанувчи подшипниклар сифатида ишлатилади. Бундай подшипниклар тайёрлаш учун рубинда аниқ шаклдаги цилиндрсимон тешик ҳосил қилиши керак. Ушбу цилиндри нисбатан жуда кичик (0.1-0.05 мм) атрофида бўлишини ҳамда ишлов берилувчи материал — рубиннинг ўзи ҳам ниҳоятда мўрт ва қаттиқ модда эканлигини назарда тутсак, бажарилажак вазифа қанчалик мушкул эканлигини англаш қийин эмас. Жуда кўп йиллар давомида мазкур операция парма ёрдамида бажарилар эди. Бунинг учун диаметри 40-50 мкм бўлган роял симдан парма ясалган. Мазкур парма бир минутда 30000 гача айланади, шу вақт ичида у 100 марта илгариланма-қайтувчи ҳаракат қилади. Битта тошни тешиш учун 10-15 минутгача вақт сарфланар эди.

1964 йилдан бошлаб соат тошларида тешикларни механик усул билан ҳосил қилиш ўрнига лазер «парма» ишлатилади. Лазер нури материални механик тарзда пармаламайди, балки у материални интенсив буглантириб тешади.

Ҳозирги вақтда «лазер парма» дан соатнинг рубин тошларини тешишда фойдаланиш оддий иш бўлиб қолди. Бу мақсадда импульсли қаттиқ жисмли лазердан, хусусан, неодим шиша лазердан фойдаланилади.

Қалинлиги 0.5-1 мм бўлган тайёрланажак детал асосининг энергияси 0.1-0.5 Ж, давомийлиги 10^{-4} с бўлган лазер импульслари серияси тешади. Автоматик маромда ишлайдиган қурилманинг унумдорлиги секундига биттадан иборат. Мазкур қурилманинг унумдорлиги механик тешгичга нисбатан минг маротаба юқоридир.

Вольфрам, мис, бронза ва бошқа материаллардан ниҳоятда ингичка сим олиш учун кичик диаметрли тешик орқали симни тортиш технологияси ишлатилади. Бундай тешикларни ҳосил қилиш учун ўта қаттиқ қотишмалардан фойдаланилади. Шулар орасида энг мустақками қаттиқ олмос ҳисобланади. Шунинг учун энг ингичка симлар олиш олмосда ҳосил қилинган тешиклар ёрдамида амалга оширилади. Бундай мақсадда фойдаланиладиган олмослар «фильер» дейилади. Фильерлар диаметри жуда кичик, яъни 10 мкм бўлган симларни олиш имконини беради. Аммо бундай тешикни олмосдек ўта қаттиқ материалда қандай ҳосил қилиш мумкин? Механик йўл билан бундай тешик ҳосил қилиш учун 10 соат вақт талаб қилинади. Аксинча, бу тешикни катта қувватли лазер импульслари серияси билан осонгина ҳосил қилиш мумкин экан. Худди соат тошларидагидек бу операция қаттиқ жисмли лазерлар ёрдамида амалга оширилади. Олмос филтёрдаги судраш канали мураккаб кўриниш (профиль) га эга. Лазер импульси ёрдамида тайёрланадиган олмосда даслабки хомаки тешик ҳосил қилинади. Сўнгра канал ультратовуш билан ишланиб, силлиқланиб, сайқал берилиб, унга зарур бўлган кўриниш берилади. «Лазер парма» фақат қаттиқ ва ўта қаттиқ материалларда ишлатилмай, балки ўта мўрт материалларда ҳам ишлатилади. Мисол тариқасида аммоний оксидли керамикадан ясалган микросхемалар таглигини келтириш мумкин. Керамиканинг ниҳоятда мўртлиги туфайли механик усулда пармалаб тешилганда, одатда «хом» материал пармаланиб, сўнгра қиздиргичга материал тушириш учун хумдон қўлланилади. Бунда буюмлар бироз деформациялангани учун тешиклар орасидаги масофа силжиши мумкин. «Лазер парма»дан фойдаланилганида хумдондан чиққан керамик таглик билан дарҳол ишлаш имконияти тугилади. Бу усулда юқорида қайд қилинган ҳодисалар рўй бермайди. Керамикада «лазер парма» билан диаметри 10 мкм бўлган ўта ингичка тешик ҳосил қилиш мумкин. Механик пармалаш йўли билан бундай тешикни ҳосил қилиб бўлмайди.

Керамик тагликни тешишда CO_2 импульс лазерларидан фойдаланилади (диаметри 0.1 мм ва ундан катта ҳоллар учун).

Рубинли импульсли лазерлар ёки гранит неодимли лазерлар ўта кичик диаметрли тешиклар ҳосил қилиш учун ишлатилади. Юқорида келтирилган мисоллардан лазер пармалашнинг афзалликлари ҳақида аниқ тасаввур ҳосил қилиш мумкин.

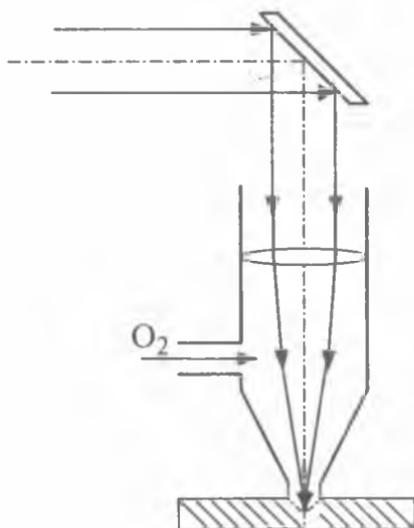
Лазер нурунинг яна бир муҳим афзалликларидан бири шундаки, бу нур ёрдамида шиша тўсиқ орқали ҳам пайвандлаш операциясини ўтказиш мумкин. Масалан, электрон нур трубканинг ичида қандайдир сими узилган ёки контакти бузилган қисми ўлсин. Натижанда трубка ишга ярамай қолади. Биринчи қарашда мутлақо тузатиб бўлмайдиган нуқсонга дуч келинди, ҳақиқатдан ҳам, бузилиш шиша баллон ичида (вакуумда) рўй берган. Ҳеч қандай пайвандчи буни оддий усул билан тузата олмайди. Аммо шу ўринда лазер нури ёрдамида бажара олади. Керакли жойда лазер нурини йўналтириб, нури фокуслаб шиша балон ичидаги зарур пайвандлашни амалга ошириш мумкин. Бу ерда лазер нурунинг бошқа усулларидан устунлик хусусияти ёруғлик учун тиниқ бўлган тўсиқлардан ўтиб ҳавоси олинган объектларда тузатиш ишларини амалга ошира олиши намоён бўлмоқда.

Амалиётда микроэлектрониканинг у ёки бу элементларни инерт газ билан тўлдирилган камерада жойлаштириш катта қизиқиш туғдиради. Чунки бу ҳолда оксидланиш реакциясининг олди олинади. Микроэлементларнинг ривожини микросхемаларни тайёрлаш технологияси билан чамбарчас боғлиқ. Бунда лазер нури ўзининг баракали ҳиссасини қўшиши мумкин.

Даставвал, лазер нуридан фақат микропайвандлашдагина фойдаланиб келинарди. Бунда ёқутли лазер ёрдамида кремний пластинкаларининг контактларини пайвандлаш, шунингдек, ингичка симларни юпқа плёнкаларга пайвандлаш амалга оширилди. Кейинчалик CO_2 -лазерлар ёрдамида микросхемаларнинг керакли таглигини тешишда фойдаланилди.

Ҳозирги вақтда лазер нури схеманинг алоҳида қисмларини тайёрлашда ҳамда юпқа плёнкали схемаларнинг параметрларини мослаштиришда ишлатилмоқда. Шунингдек, лозимки, ҳозирги вақтда лазер нури ёрдамида резистор, конденсатор, индуктивликлардан иборат плёнкали (пардали) схемани тайёрлаш мумкин.

Микросхемаларни едириш учун мўлжалланган фотошаблон микросхема компонентларини тагликка пуркаш учун мўлжалланган. Бу шаблонни тайёрлашда ҳам лазер нуридан фойдаланиш ҳам мумкин. Юқорида кўрилган ҳолларда материаллар катта қувватли лазер нури билан буғлантирилади. Фараз қилайликки, микросхеманинг диэлектрик таглигига юпқа металл плёнка (парда) пуркалган бўлсин. Парданинг сирти бўйлаб кўча оладиган фокусланган лазер нурини йўналтириб, шу пардани муайян қисмларини буғлантириш орқали микросхеманинг зарур бўлган «расми» ҳосил қилинади. Мисол тариқасида узлуксиз ишловчи лазер гранат-неодимли муайян лазер қурилмасини келтирамыз. Лазер частотаси 400 нм/с бўлган ёруғлик импульсларини мунтазам генерациялайди. ҳар бир импульснинг давом этиш вақти 10^{-7} с, максимумдаги қуввати 1 кВт. Лазер нури шундай фокусланганки, унинг ҳосил қилган доғининг диаметри 1мм га тенг. Мазкур нур дастаси кучиш чоғида металл пардада ин-



41-чизма. Газолазер қирқиш қурилмасининг схемаси.

гичка йўлчани буғлантиради. Лазер нури дастасининг кучиш тезлиги 2мм/с ни ташкил этади. Таглик сиртида ҳосил қилинган йўллар металлдан тўлиқ тозалана экан.

Лазер нури ёрдамида қирқиш ишларини ҳам кенг кўламда амалга ошириш мумкин. Мазкур нур воситасида амалда барча материаллар – мармар, фанера, пластмасса, керамика, ойна, тунока ва ҳоказолар қирқилади.

Қирқиш натижасида жуда мураккаб шаклдаги кесимлари ҳам катта аниқлик билан ҳосил қилинади. Бу нур ёрдамида кесганда материал алангаланмаслиги учун кесилган жой инерт газлар

(оқими) билан шамоллатилади. Бунда кесилаётган жой текис, силлиқ бўлиб чиқади. Шу билан бирга, кесимда узлуксиз импульслар генерацияловчи лазерлар ёки ёруғлик импульслари жуда катта частота билан келмаслиги зарур. Нурланиш қуввати кесиладиган материалга ва унинг қалинлигига боглиқ. Маса-

лан, қалинлиги 50 мм бўлган тахтани қирқиш учун қуввати 200 Вт ли CO_2 -лазери қўлланилади, бунда кесимининг кенглиги 0,7 мм ни ташкил этади. Қалинлиги 10 мм ли ойнани қирқиш учун қувватлироқ, яъни тахминан 20 кВтли нурланиш талаб этилади. Металлни лазер нури билан қирқиш учун (агар кесилётган материалл кислород оқими билан совитилиб турилса) нурланиш қуввати 100-150 Вт атрофида бўлиши керак экан.

Газ лазер қирқиш учун қўлланиладиган қурилманинг схемаси 41-чизмада кўрсатилган. Қирқиш учун лозим бўлган энергиянинг кўп қисми экзотермик реакция ҳисобидан олинади. Бундай реакция кислород билан металлнинг ўзаро қисқаришида юзага келади. Бунда иссиқлик металлнинг кислород оқимида ёнишидан ажралади. Лазер билан қирқишда кислород оқимидан фойдаланиш на фақат лазер қувватига қўшимча энергия берибгина қолмай, балки қирқиш чуқурлигини ва қирқиш тезлигини ҳам орттиради. Шу билан бир қаторда текис чегара олиш имконини беради.

Лазер нуридан ҳалқ ҳўжалигида кенг фойдаланилаётганлигини намоиш қилиш учун қуйидаги икки мисолни кўрайлик. Биринчи мисол тариқасида лазер нуридан тўқимачилик фабрикасида матоларни қирқиш ва бичишда фойдаланилишни келгириш мумкин.

Қурилма қуввати 60 Вт ли узлуксиз ишловчи CO_2 лазер, фокусловчи ва қўшувчи система, ЭХМ ва матоларни таранглаш ва кўчириш системасидан иборатдир. Матоларни қирқиш жараёнида лазер нури мато сирти бўйлаб 1 м/с гача бўлган тезлик билан кўчади. Фокусланган ёруғлик дастасининг диаметри 0,2 мм га тенг. Лазер нурини ва матонинг кўчиши ЭХМ ёрдамида бошқарилади. Шунга ўхшаш қурилма ёрдамида 1 соат ичида 50 дона костюмли матони бичиш мумкин. Бунда бичиш жараёни фақат тезлик билан эмас, балки жуда катта аниқлик билан ҳам бажарилади. Шу билан бирга қирқилган матонинг зихи ҳам текис бўлади. Бошқа мисолга мурожаат этайлик. Энди лазер нурининг авиация саноатида қўлланилиши хусусан, космик фазовий учувчи аппаратларини ишлаб чиқаришда улардан фойдаланишни кўриб чиқайлик. Лазер нури ёрдамида титан, пулат, алюминий тахталари қирқилади. Қуввати 3 кВт бўлган узлуксиз генерацияловчи CO_2 -лазер қалинлиги 5 мм бўлган титан тахтасини 3,5 м/мм тезлик билан, қалинлиги 50мм бўлганда 0,5 м/мм тезликда қирқади. Агар кислород оқимидан фойдаланилса, худ-

ди шу натижа қуввати 100-300 Вт бўлган лазер билан ҳам эришиш мумкин.

Ҳозирги замон лазер технологиясини қандай тасаввур этиш мумкин?

Биз лазер технологиясини дастлабки қадамларининг гувоҳи бўлиб турибмиз. ҳозирги замон лазер технологияси материалларни қирқиш, тешиш, пайвандлаш, тамғалаш каби материалларга турли хил ишлов бериш усулларини ўз ичига олади. Бу ерда ишлов бериладиган материалларнинг хилма-хиллигина эмас, балки ишлов бериш жараёнларининг хилма-хиллиги ҳам ҳайрон қолдиради. Лазер нури билан амалда исталган материалга исталган тарзда ишлов берилиши мумкин.

Лазер пайвандлаш

Лазер пайвандлаш икки босқич орқали бажарилади. Дастлаб шишали неодим ва рубинли қаттиқ жисмли импульсли лазерлар асосида нуқтавий пайвандлаш амалга оширилади. Узлуксиз нурланиш берувчи ёки нурни тез такрорловчи импульслар кетма-кетлиги тарзда нурланувчи катта қувватли CO_2 ва неодимли гранат лазерлар ихтиро этилгандан кейин материалнинг бир неча миллиметр чуқурликка эриши билан борувчи чок пайванд усули ривожлана бошланди. Баъзан бунда пайвандлаш чуқурлиги бир неча сантиметргача етиши ҳам мумкин.

Нуқтавий лазер билан пайвандлашга мисол қилиб транзистор асосидаги никел контактни, никел қотишмасидан ясалган клеммага улашни, ингичка мис симларни бир-бирига ёки клеммаларга улашни ҳамда микроэлектрон компонентларни ўзаро улашни келтириш мумкин.

Чок лазер пайванд қуввати 100 Вт чамасида бўлган узлуксиз нурланишдан герметизация (ҳаво ўтказмасдан) пайвандлашда, газ турбиналарининг паррагига училигини маҳкамлашда қўлланилади. Бунда пайвандлаш тезлиги минутига бир неча метрни ташкил қилган ҳолда, чок кенглиги эса 0,5 мм гача тенг бўлади.

Ҳозирги вақтда нурланиш қуввати 1-10 кВт бўлган нурланиш чок пайвандда қўлланила бошланди. Бунда пайвандланган чокнинг мустаҳкамлиги, чокнинг кенглиги материалнинг бир неча миллиметрни ташкил этса ҳам пайвандланаётган материалнинг мустаҳкамлигидан қолишмайди. Автомобил кузовлари-

ни ясаш автоматик лазер пайвандлаш ёрдамида амалга оширилмоқда. Лихачёв номидаги завод (ЗИЛ) да 5 кВт ли CO_2 лазер қурилмаси ёрдамида автомобилнинг қардан валлари автоматик тарзда пайвандланмоқда. Бунда валларнинг хизмат муддати уч маротаба ортди. Оддий шиша деталларни (булакчаларни) пайвандлашда эса қуввати 100 Вт бўлган кварцни пайвандлашда қуввати 300 Вт ли лазерлар ишлатилмоқда.

Термоишлов берувчи лазер. Лазер нури металл сиртига тушганда нур йўналган жойнинг сиртга яқин қатлами тез қизийди. Нур сиртининг бошқа қисмига кўчирилиши биланоқ қизиган жой тез совийди. Бундай усул сиртий қатламларни тоблашда кенг қўлланиб, у металлнинг мустақкамлигини жуда ҳам оширади. Лазер тоблаш сиртни худди шу чекланган қисмини ёки ишланган деталнинг ўзини мустақкамлигини ошириш имкониятини беради. Шу мақсадда қилинган тоблаш усули машиналарни тез ишдан чиқадиган айрим қисмлари ёки унинг деталларининг мустақкамлигини ниҳоятда оширади. Лазер тоблаш автомобил саноатида кенг қўлланилмоқда. Жумладан, автомашина деталлари, цилиндрнинг головка (қалпоқча) сидаги йўналтирувчи клапан, цистерналар (тишли гилдираклар) ни тақсимловчи вални мустақкамлашда кенг қўлланилмоқда. Материаллар сиртининг мустақкамлигини оширишда лазер легирлаш усули қўлланилади. Ишлов берилётган сиртга дастлаб кукун ҳолатидаги сепки сочилади. Лазер нури таъсирида эриш ва кукун билан детал материалларнинг юпқа сирт қатламида аралашув рўй беради. Бундай термоишлов одатда қуввати 1 кВт бўлган узлуксиз генерацияловчи CO_2 лазер ёрдамида амалга оширилади. Кейинги пайтда термоишлов йўналишида янги лазер технологияси юзага келди. Бундай термоишлов жараёнларидан бири – металлларни лазер ойналаштиришдир. Мазкур жараёнда металл сирти лазер билан қиздирилиб тез совитилса юпқа сиртида аморф (ойнасимон) қатлам юзага келади. Бу қатлам катта мустақкамлиги ва зангбардошлиги билан бошқалардан фарқ қилади. Бундай сирт металлда ҳосил бўлиши учун сирт совитилиши 10^8 град/с тезлик билан содир бўлиши керак.

Кетма-кет нур импульсларини генерацияловчи лазердан фойдаланиб зарбали тўлқинлар ҳам металл сиртини мустақкамлаши ҳам мумкин. Нурланиш интенсивлиги 10^9 - 10^{10} Вт/см² бўлганда метал сиртида плазма қатлам ҳосил бўлади.

Плазма лазер нурининг тарқалиши йўналишига тескари йўналишда тарқалади. Натижада зарбавий тўлқин ҳосил бўлади. Нур импульслари кетма-кетлигидан иборат бўлганлигидан зарбавий тўлқинлар кема-кетлиги вужудга келади. Ҳосил бўлган зарб тўлқинининг энг катта босим қиймати 100 атмосфералар чамасида бўлади. Бу ҳолда металлдан ясалган бирор деталга тўлқиннинг таъсири худди совитилган металлларга босим билан ишлов берилганига ўхшайди. Шундай қилиб, лазер технологиясининг қўлланиш чегараси жуда кенгдир.

Бу технологияни қуйидаги қисмлардан иборат дейиш мумкин:

1. Ишлов берилаётган металлларнинг хилма-хиллиги.
2. Металлларга катта тезлик билан ишлов бериш имкониятининг мавжудлиги.
3. Ишлов бериш жараёнининг автоматлаштириш имконияти юқори эканлиги ва шу сабабли меҳнат унумдорлигининг ниҳоятда ортиши.
4. Ишлов бериш сифати ниҳоятда юқори эканлиги, ишлов берилаётган сиртнинг ифлосланмаслиги.
5. Материалларга маълум масофадан туриб ишлов бериш имконияти мавжудлиги ва ҳоказо.

Шу билан бир қаторда лазер технологиясининг ютуғи ва келажаги ҳақида гапирганда лазер нурлари ва унинг технологиясининг баъзи камчиликлари ҳақида ҳам тўхтаб ўтиш керак.

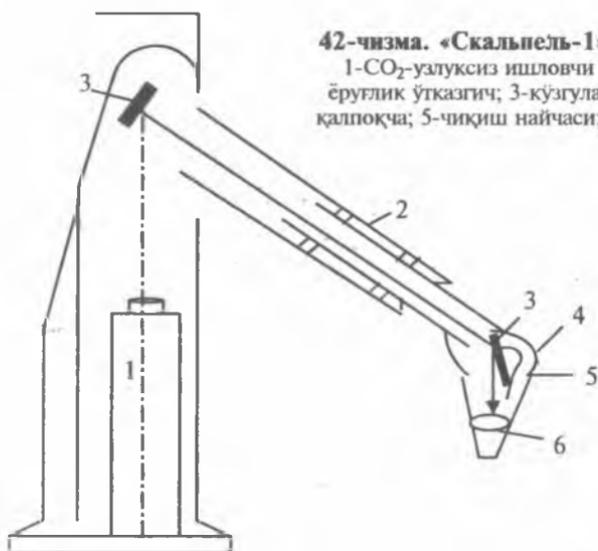
Лазернинг энг катта камчилиги — унинг нисбатан кичик фойдаланиш коэффициентига эгалигидир. Шунингдек, катта қувватли лазерларнинг ишончли эмаслиги ва лазер қурилмаларини яратиш ҳам қиммат туришини кўзда тутиш керак. Шу камчиликлар тугатилиб борган сари лазер технологияси ривожланиб бораверади.

Лазерларнинг тиббиётда қўлланилиши

60-йилларнинг иккинчи ярмидан бошлаб жарроҳликда скальпель тарзда лазер нури ишлатила бошланди. Лазер скальпели деганда нима тушинилади ва унинг ўзига хос қандай хусусиятлари бор?

Операция хонасида операцион стол билан бир қаторда лазер қурилмаси ҳам жойлаштирилади. Медицинада кўп ҳолларда узлуксиз маромда ишловчи қуввати неча ўн ватт бўлган CO_2 -лазеридан фойдаланилади. Лазер нурланиши шарнирли

ёруғлик узатгичга тушади. Бир неча ёрдамчи қурилмалар воситасида у чиқиш трубкасига ўтиб, ундан кейин интенсив ёруғлик нурланиши тарзида ташқарига чиқади. Операция вақтида жарроҳ чиқиш трубкасини қўлида ушлаб, уни фазода лозим бўлган йўналишлар бўйича эркин кўчира олади. 42-чизмада медицинада қўлланиладиган лазер қурилмасининг схемаси тасвирланган.



42-чизма. «Скальпель-1» лазер қурилмаси:

1-СО₂-узлуксиз ишловчи лазер; 2-шарнирли ёруғлик ўтказгич; 3-кўзгулар; 4-оптик (головка) қалпоқча; 5-чиқиш найчаси; 6-фокусловчи линза.

Стрелкалар билан ёруғлик нурунинг йўли кўрсатилган. Лазер нурунинг фокусида энергия тўпланган бўлиб, у биологик тўқималарни қиздириб буғлантириш учун етарлидир. Жарроҳ лазер скальпелни секин-аста кўчириб, тўқимани кесиб боради. Кесим чуқурлиги ва кесим тезлиги тўқиманинг қон билан таъминлаши даражасига боғлиқ. ўртача кесим чуқурлиги 2-3 мм чамасида бўлади. Кўпинча тўқималарни кесиш бир маротаба бажарилмай, балки скальпельнинг бир неча марта юргизиши билан амалга оширилади. Бунда тўқима гуё қатламлаб кесилади. Жарроҳлик скальпели тарзида лазер бир қатор афзалликларга эга. Биринчидан, бу нур қон чиқармай қирқади, чунки у унчалик катта бўлмаган қон томирларини шу вақтни ўзидаёқ улаб қўяди. Бу хусусияти билан у электр пичоққа ўхшайди. Иккинчидан, лазер скальпели кесиш хусусиятининг узгармаслигига ва ишда ишончлилиги билан фарқ қилади.

Учинчидан, шаффофлиги, яъни соя ҳосил қилмаслиги туфайли жарроҳга операция қилинаётган қисмини кузата бориш имконини беради. Одатдаги скальпелнинг тиғи эса ҳосил қилган уз сояси туфайли иш жойини жарроҳдан тўсади. Туртинчидан, лазер нури тўқимани маълум масофадан туриб унга босим бермай кесади. Бешинчидан, лазер скальпели мутлоқ стерилликни (тозаликни) таъминлайди. Ҳақиқатан, нурдан ташқари тўқимага бирор нарса билан тегмайди. Тўқима билан фақат нурланиш ўзаро таъсирлашади. Тозаликнинг яна бир сабаби кесиши жойида юқори ҳарорат ҳосил бўлади. Олтинчидан, лазер нури локал (муайян жойга) таъсир кўрсатади. Тўқиманинг бугланиши фақат фокус нуқтасидагина рўй беради, холос. Унинг ёнидаги тўқималар, механик ёки электр скальпелга нисбатан камроқ жароҳатланади. Еттинчидан, клиник тажрибаларнинг кўрсатишича лазер скальпелдан ҳосил бўлган яра асло оғримайди ва нисбатан тез тuzалади. Лазер нури ёрдамида қандай жарроҳлик операциялари ўтказиш мумкин?

Совет иттифоқида лазер нуридан тиббиётда фойдаланиш 1966 йилда А.В.Вишневский номидаги хирургия институтида бошланди. Лазер скальпели қорин ва кўкрак бўшлиғидаги ички аъзоларни операция қилишда қўлланилади. Ҳозирги пайтда лазер нури ёрдамида терипластик операциялари, овқат йўли, ошқозон, ичак, буйрак, жигар ва бошқа ички аъзолар операция қилинади. Лазер скальпелдан кўп томирли жойларни операция қилишда фойдаланиш жарроҳларни жуда қизиқтирган муаммодир. Хусусан, жигар, ичак, юрак, талоқни операция қилиш тиббиётнинг жуда катта муваффақиятидир. СО₂-лазер ёрдамида ошқозон ва ичакда 13 турли хил операциялар (қирқиш, резекция) ўтказилади. Йўғон ва ингичка ичакни кесиш учун лазернинг чиқишидаги қуввати 9-11 Вт бўлганида нурни бир марта ўтказиш, йўғон ичак учун икки марта, ошқозонни кесиш эса 2-3 марта ўтказиш етарли экан. Масалан, ичакнинг девори осон кесилиб, кесилган жойи текис ва қуруқ бўлиб, усти юпқа жигарранг парда билан қопланган. Ичакнинг деворидан ҳеч қандай қон оқиш юз бермайди. Ошқозоннинг девори ҳам лазер нурида осонгина кесилади. Ошқозон ва ичакнинг кесилган жойи 25-30 кунда битиб кетиши билан у соғ терилардан жуда кам фарқланади. Лазер нурида тўқималарни қирқишдан ташқари териларни бириктиришда ҳам фойдаланилади.

Қирқиш фокусланган нур ёрдамида амалга оширилади. Нурланишнинг қуввати 20 Вт ва фокусланган доғ 1 мм бўлганда ин-

тенсивлик $2,5 \text{ кВт/см}^2$ га тенг бўлади. Бунда нурланиш тўқиманинг 50 мкм чуқурлигига киради, демак, тўқимани қиздириши учун тушаётган қувватнинг сирт зичлиги эса 500 кВт/см^2 гача етади. Бу биологик тўқималар учун жуда катта миқдордир. Бунда нурланган тўқимани жуда тез қирқиш ва буғланиши содир бўлади. Агар лазер нурини фокуслантириб нурнинг интенсивлигини 25 Вт/см^2 гача, яъни олдинги ҳолдагига қараганда 100 маротаба камайтирсак тўқима буғланмайди, балки сиртий каогуляция содир бўлади. Бундай жараён қирқилган тўқималарни улашда фойдаланилади. Биологик пайвандлаш қирқилаётган аъзонинг девори таркибида мавжуд бўлган ва уланаётган тўқималар оралигига махсус сиқиб келтирилган суюқликнинг каогуляция ҳисобига амалга оширилади.

Юрак операциясининг энг мураккаб ва масъуллиги кўпчиликка маълум. Лазер скальпели бундай операцияларда қўлланилиши кенг қулоч ёймоқда. Бундай операцияларда лазер нуридан қандай фойдаланиш мумкинлиги тўғрисида қуйида бир мисол келтирайлик. Маълумки, юрак клапанининг дарчаси худди икки япроқчага ўхшайди. Баргларнинг бир чети юракнинг ички деворига маҳкамланган бўлади. Мазкур барглар эркин қирралари билан юракнинг иш циклига мос равишда гоҳ бир-бири билан зич ёпишиб тешикни очиб қонни бир йўналишда қуйиб юборади. Юракнинг баъзи бир хасталиклариди мазкур «барглар»нинг четлари қисман бирга қўшилиб кетади. Худди шу бирлашиб кетган йўл чизиғи бўйича жарроҳ беморнинг юрак клапанлари дарчаларини ажратишига тўғри келади. Шундай операцияларни ўтказишда лазер скальпели жуда қўл келади.

«Скальпель-1» қурилмаси ва шунга ўхшаш қурилмалар ёруғлик энергияси лазердан олиниб операция қилинаётган аъзога ковак найчалар тизими ёрдамида узатилади. Найчалар тизими ўрнида диэлектрик толадан ясалган эластик ёруғлик узатувчидан фойдаланиш мумкин. Одатда толалардан эшма тузилади. Эшма кўндаланг кесимнинг диаметри 1 мм атрофда, эшмадаги ҳар бир толанинг диаметри эса $10\text{--}100 \text{ мкм}$ ни ташкил қилади. Эластик нур узатгич ёрдамида жарроҳ лазер скальпели билан анча эркин ҳаракатлана олади. Асосийси шундаки, ингичка эшма орқали ёруғликнинг катта миқдордаги, энергиясини узатиб, жарроҳ операция ўтказишни мутлақо янги типи яратилди.

Лазерлар офтальмологияда қандай қўлланилади?

Кўз касалликлари билан боғлиқ медицина соҳаси — офтальмологияда лазер нури жуда кенг қўлланилади. Ҳозирги вақтда медицинада янги йўналиш — лазер микрохирургияси жадал ривожланмоқда. Бу йўналишдаги тадқиқотлар Одессадаги В.Л. Филатов номидаги институтда, Москвадаги Л.Ф. Гельгольд номидаги кўз касалликлари илмий-тадқиқот институтида, шунингдек кўз микрохирургияси илмий-тадқиқот институтида ва шу йўналишдаги бошқа институтларда олиб борилмоқда. Кўз ожизлигига олиб келувчи касалликларнинг асосийлари — глаукома, катаракта, тўрсимон парданинг қатламланиши ва ҳоказолардир. Лазер нури кўз касалликлари орасида дастлаб тўрсимон парданинг қатламланишини даволашда қўлланила бошланди. Кўзи ожиз ҳолларнинг энг кенг тарқалгани глаукомадир. Мазкур хасталик мамлакатларнинг 40 ёшдан ошган аҳолининг тахминан 2-3% ида қайд қилинган. Глаукомани анъанавий (традицион) усуллар билан даволаш жуда мураккаб жараён бўлиб кўз унда кучли жароҳатланиши мумкин. Шунингдек, даволаш натижаси тамоман ижобий бўлишига ишониш қийин. Шу ўринда лазер нуридан фойдаланиш айна мақсадга мувофиқ эканлиги аниқланди. Лазер нури билан кўзни рангдор пардасида тешик очиб, шу йўл билан унинг дренаж хусусиятини тиклаб кўздаги суюқликнинг нормал оқимиغا имкон туғиладию, аммо рангдор пардани жуда тез куйдириб тешик очиш шамоллашга олиб келар ва натижада ҳосил бўлган тешик яна бекилишига сабаб бўлади. Академик М.М.Красновнинг тадқиқотлари натижаси шуни кўрсатадики, рангдор пардани куйдириш эмас, балки уни уриб тешиш керак экан. Бошқа сўз билан айтганда, лазер импульслари пардага иссиқ таъсири эмас, балки механик таъсир кўрсатилиши лозим. Бунинг учун лазер импульси фавқулодда қисқа бўлиши талаб этилади. Глаукома хасталигини даволашда чиқарадиган лазер нури импульсининг давомийлиги 10^{-7} с га тенг. Шундай импульсли нурдан фойдаланилса кўз пардасида каогуляция ва шамоллаш ҳодисаларининг юзага келиши эҳтимоллиги жуда кичик бўлар экан. Лазер нури глаукома операциясини ҳайрон қоларли даражада осонлаштирди, операция муддати 1-15 минут давом этади, холос. Бундай операциялар одатда амбулатория шароитида ўтказилади. Ҳозирги вақтда лазер нури юқорида қайд қилинган кўз касалликларининг деярли барчасини даволашда қўлланилади.

Даволаш ва лазер нурининг бошқа касалликларга қўлланилиши

Ўзбекистонда жуда кам кишини тиш касаллигига йўлиқмаган дейиш мумкин. Тиши касалланган бемор бор машина (тишни даволашда қўлланиладиган стоматологик асбоб) билан учрашишдан қўрқиб, имкони бўлса даволашга бормасликка ҳаракат қилади. Аммо лазер нуридан фойдаланиш мазкур муаммони маълум даражада энгиллаштирган бўлар эди. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, лазер нури соғлом ва касал тишларга турлича таъсир қилар экан. У қорайиб қолган (касал) тиш қисми томонидан ютилиб соғлом оқ тиш томонидан қайтарилади. Лазер нури билан касалланган тиш тўқимасини емириб, унга қўшни соғ тиш қисмларини емирмайди, келгусида лазер нуридан нафақат тишни даволашда, балки кариеснинг олдини олишда қўлланилиши мумкин. Агар тиш эмали инфрақизил нур билан ёритилса, у кариесга бардошли бўлар экан. Ҳозирча стоматологлар лазер нуридан оғиз бўшлиғидаги касалликларни даволашда фойдаланишмоқда. Бу мақсадда гелий-неон лазери қўлланилиши мақсадга мувофиқ.

Терапевт-шифокорларнинг лазер нурига қизиқиши нимада?

«Лазер нуридан терапияда фойдаланиш мумкинми?» деган саволига «ҳа!» деб жавоб бериш мумкин. Ҳозиргина биз оғиз бўшлиғидаги шиллиқ парда касалликларини даволашда лазер нуридан фойдаланилганлиги тўғрисида гапирдик. Аммо мўъжиза бу билан тугамайди. Қадимги шифокорлар учун синган суякларни ўстириш, шунингдек улаш катта муаммо бўлиб келган.

Гелий-неон лазери суякларнинг уланиб битишини жуда тезлаштирар экан. Куввати 10 Вт атрофида бўлган гелий-неон лазери билан уланган жойнинг 1-15 маротаба нури билан касалликни даволашда жуда тез ўсиши кузатилди. Вена томирларининг касаллиги, кўпинча тропик тери ярасини ҳосил қилади. Бунда оёқ териси қизаради, қичийди, қонай бошлайди. Шу вақтгача қўлланилган хирургик муолажалар кам таъсир кўрсатиб келган. Аммо, кутилмаганда, гелий-неон лазери шу касалликни даволашда ёрдамга келди. Даволаш курси 20-25 марта 10 минутлик сеансдан иборат. Худди шунингдек, куйгандан ва узоқ битмаётган жароҳатнинг яраларини кам қувватли гелий-неон лазерлари билан муваффақиятли даволаш мумкин экан. Юқорида кўрсатилган касалликларни даволашда

қўлланиладиган гелий-неон лазерининг қизил нури киши та-насидаги биологик жараёнларни тезлаштирар экан. Шу сабаб-ли «лазер биостимуляцияси» деган махсус атама юзага келади. Биостимуляция механизми ҳали аниқланган эмас.

Лазерлар эртага тиббиёт учун нима беради?

Биз юқорида санаб ўтган лазернинг тиббиётга қўллаш им-конияти ҳали поёнига етгани йўқ. Аммо ушбу келтирилган ми-соллар ҳайрон қоларли даражада ажойиб. Баъзан «тиббиёт хо-димлари шу даврга қадар лазер нури ёрдамисиз қандай ишлаш-ган эканлар?» деган фикрга бориш ҳам мумкин. Айниқса, ла-зерларнинг жарроҳликда, кўз микрохирургиясида тутган ўрни, шунингдек терапиядаги бу нурларнинг хизмати беқиёсдир. Аммо булар биринчи санаб кўриш учун қўйилган қадамлардир. Кўпинча бу қадамлар тусмоллаб қўйилган.

Келгусида лазер нури биологик объектларга таъсир этиш механизмини батафсил атрофлича ўрганишимиз керак. Албатта физика қонунларига таянган ҳолда тўқималарга нурнинг ис-сиқлик ва зарбали таъсирини тушунтириш мумкин. Аммо ти-рик тўқималарда нурланишдан сўнг юзага келадиган шишиш ва шамоллашларни тушунтириш учун бу қонунлар етарли эмас. Биз ҳали у ёки бу клиник мақсадлар учун лазер нурининг қайси тўлқин узунлиги мос келади, генерация режимининг ва нурланиш қандай энергиясининг мос келишини аниқ билмай-миз. Келгусида ҳар бир клиникада махсус кабинетлар бўлиб уларнинг эшигига бундай ёзувлар (табличка) битилган бўлади. («Кўз лазер микрохирургияси», «лазер операцияси», «лазер биостимуляция хонаси» ва ҳоказо). Умумий ҳолда лазер меди-цинасининг келгусида шундай тасаввур этилади. Аммо яқин келажақда ҳам қилиниши мумкин бўлган алоҳида муаммоларга эътиборни жалб этиш лозим.

Келгусида лазерни диагностика (ташҳиз)да кенг қўллаш режалаштирилмоқда. Масалан, ҳозирги вақтда 1 Вт ли гелий-неон лазери ёрдамида қўлнинг қон томири фотонусхасини олиш мумкинлиги аниқланди. Қизиғи шундаки, рентген нури ёрдамида бундай расмни олиб бўлмайди. Балки келгусида бар-ча қон томирларни ёритиш имкони бўлар. У ҳолда турли ка-салликларни аниқлаш имкони туғилиши мумкин.

Лазер нурлари бўйича олиб борилаётган ишларнинг ривожланиши ҳамда бу нурларнинг турли соҳаларда қўлланиш истиқболлари

Квант электроника, айниқса, лазер физикаси унинг жуда кенг қўлланиш имконияти мавжудлиги туфайли бу соҳадаги ишлар тез авж олиб кетган. Мазкур ишлар суръати жиҳатидан микроэлектрониканинг ривожланиши билан рақобат қила бошлади. Лазер нурларининг кенг қўлланиши дастлаб турли технологик жараёнларни мукамаллаштиришда ўз аксини топа бошлади. Бундан ташқари толавий оптик алоқа лазер манбалар нурланишлари мавжудлиги туфайли юзага келди ва у ҳозирги вақтда ривожланмоқда. Умуман олганда лазерлар фан ва техниканинг турли соҳаларига кириб бориб янги йўналишларнинг юзага келишига ва ривожига катта ҳисса қўшмоқда. Ҳозирги вақтда лазерларни ишлаб чиқариш узлуксиз ортиб бормоқда. Унинг ўсиш суръати микроэлектроника қурилмаларини ишлаб чиқариш суръатидан катта бўлишига қарамай ҳозирча ҳажм жиҳатидан унга ён беради. Аммо, юқори самарадорликка эга бўлган кристалларнинг янги авлодининг яратилиши лазерларни аҳамиятини янада оширди. Мазкур ҳол бутун дунёда катта қизиқиш уйғотди. Бутун дунёда кўп лабораториялар бундай кристалларни интенсив ишлаб чиқара бошладилар. Бу соҳада Россия олимлари илғор позицияларни эгаллаб турадилар. Улар томонидан катта самарадорликка эга бўлган кристаллар яратилди. Хусусан, неодим ва хром билан активлаштирилган итрий-скандий-годолиний гранат кристаллининг фойдали иш коэффициентлари 10% га тенгдир. Ривожланган мамлакатларнинг фирмалари шу кристаллар асосида лазерлар ишлаб чиқарувчи янги фирмалар ташкил қилишни таклиф қилмоқдалар. Айниқса, қаттиқ жисмли лазерлар ишлаб чиқариш кучайди, чунки уларнинг қўлланиш имконияти жуда кенгдир. Шу ривожланган мамлакатларда қаттиқ жисмли лазерларни фан ва техниканинг турли соҳаларида қўллашга катта эътибор берилмоқда. Бундай лазерлар машинасозликда қўлланилса, улар жуда иқтисодий самара беради. Қаттиқ жисмли технологик лазерларнинг самарадорлигини қуйидаги мисол билан тушунтириш мумкин. Қуввати 100 Вт бўлган импульс даврий ишловчи лазер 1 мм қалинликдаги молибден тунукани 5 мм/с тезлик билан қирқади. Мазкур лазер унчалик

катта бўлмаган ҳажм ва оғирликка эга бўлганлиги учун уни станокнинг ўзига жойлаштириш ҳам мумкин.

«ЭҲМлар учун элемент базаларини яратиш» деганда, биринчи навбатда оптик машиналар учун элемент базаларни ихтиро қилиш назарда тутилмоқда. Бу муаммони лазерларнинг кенг иштирокисиз ечиб бўлмайди. Албатта толавий алоқа линиялар тўғрисида қисқа тўхтаб ўтайлик. Ёруғлик узатгич бўйлаб узатилаётган ахборотнинг ҳажми узатилаётган ёруғлик импульсининг қанчалик кучли кенгайишига боғлиқ бўлади. Импульснинг кенгайиши шу билан белгиланадики, унинг турли спектрал компонентлари ёруғлик узатгич бўйлаб турлича тезлик билан тарқалади. Ночизиқли ҳодисаларни ўрганишга бағишланган жуда кўп мақолалар чоп этилган.

Америка олимлари ёруғлик узатгичлар ва дисперцияловчи элементларнинг ночизиқлигидан фойдаланиб, кўзга кўринувчи диапазонда даври 6 фс (фентосекунд) бўлган импульсни олишга муваффақ бўлдилар. Бунинг маъноси шуки, бу ёруғлик импульси таркибига бир неча ёруғлик импульслари киради, холос. Россия олимлари ҳам инфрақизил диапазонда даври рекорд қийматга эга бўлган импульсни олишга муваффақ бўлдилар. Узунлиги 1,6 мкм тенг бўлган тўлқинда импульс даври 18 фс га тенглаб олинди. Бунинг маъноси шуки, бундай импульс таркибида ҳам бир неча ёруғлик тебранишлари мавжуддир. Фентосекундлик диапазонини ўзлаштириш жуда тез суръатлар билан амалга оширилмоқда. Мазкур йўналишнинг муҳимлиги тўғрисида эътирозга ўрин йўқ. Чунки у компьютерларнинг янги авлодини бунёд қилиш билан чамбарчас боғлиқ.

Иқлимнинг ўзгариши ва инсон

Охириги бир-икки ўн йилликда фақат мутахассис олимлар орасидагина эмас, балки авваллари иқлимшуносликка алоқаси бўлмаган кенг илмий жамоатчилик орасида ва бутун жамиятда ҳам иқлимнинг жамият ҳаётидаги ролига муносабат ўзгарди. Бизнинг сайёрамизда авваллари кузатилмаган шароитда аҳолининг ўсиши, илмий-техник жараёнга таянган ижтимоий-иқтисодий ўсиш жамиятнинг иқлим ва унинг ўзгаришига, атроф-муҳитнинг ҳолатига ўсиб борувчи боғлиқлиги билан ҳисоблашмай иложи йўқ ва шунингдек, инсон фаолиятини ва вужудга келган янги технологияларни иқлимга ва атроф-муҳитга таъсирини эътиборга олиш зарурати кун сайин сезилмоқда.

Инсоннинг атроф-муҳит билан ўзаро таъсирлашув характери шундайки, локал ёки регионал даражадаги ҳар қандай ҳаракатнинг иқлим ва атроф-муҳитга таъсири оқибатини баҳолашда глобал ёндошиш талаб этилади. Афсуски, бу омилни англаб етиш вақт бўйича анча узоққа ўхшайди.

Шуни таъкидлаш керакки, биз гувоҳи бўлиб турган илмий-техник революция ўзининг масштаби, ихтиролари, ишлари билан ҳақиқатан ҳам ҳайрон қолдиради.

Аммо унинг ютуқлари илмий-техник тараққиётнинг шакл-шубҳасиз муваффақиятлари билан бир вақтда, англамаган ҳолда атроф-муҳит билан ҳақиқий «технологиялар жанги» бошландики, мазкур жанг қисман эмас, балки у Ердаги ҳаётнинг мавжудлик асосини ва ҳаётнинг зарурий замини - бизнинг сайёрамизда шаклланган иқлимга хавф солмоқда.

Ер сайёраси Куёш тизимидаги ўзининг иқлим шароити жиҳатидан ягона ва уникал оазисдан иборатдир. Куёш тизимининг сайёраларида, яқин Коинотда, Ердаги цивилизация битта ва уни сақлаш керак.

Табиий геологик, физик-кимёвий ва биологик жараёнлар туфайли Ердаги иқлим жуда муҳим эволюцияга учради, у ҳозир ҳам давом этмоқда. Инсоннинг ўзи англамаган ҳолда табиат ҳаётига баъзан аниқ бир мақсадга қаратилган аралашини иқлимнинг номувофиқ ўзгаришига олиб келишига сабаб бўлмоқда. ҳозирги давр учун бунга жуда кўп мисоллар келтириш мумкин. Аммо улар қадимги замонларда ҳам, ўрта асрларда ҳам бўлган.

Қазиб олинган органик ёқилғини ёндириш туфайли ҳозирда атмосферага ҳар йили 5,8 миллиард тонна углерод чиқарилмоқда.

Фотосинтез ва карбонат ангидрид газининг атмосферадан ютилиши жараёнида бундай миқдордаги углерод газини йиғиши учун табиатга бир миллион йил чамасида керак бўлади. Ҳисоблашларга кўра, илмий-техник революция вақти давомида, яъни 1860 йилдан бошлаб келиб чиқиши органик бўлган ёқилғини ёқиш ҳисобига 150 миллиард тонна углерод атмосферага чиқарилди.

Энергия ишлаб чиқариш бундай маромда давом этса, 30-50 йил ичида Ер юзидаги барча нефть ва газ захиралари тугайди. Тахминан 200 йил ўтгандан сўнг эса барча қидириб топилган тош кўмир захиралари ҳам тугайди. Ҳозирги замон цивилизациясининг ривожланиш даврига нисбатан жуда кичик вақт

оралиғини табиат инсониятга ақлини йиғиб олиши учун ажратган.

Ядровий қурол ёппасига Ерда қўлланса бир ва бир неча ой ичида жуда совуқ муз даврга мос иқлим шароити вужудга келади. Мазкур шароитни иқлим шароит коллапси тарзида тавсифлаш мумкин. Атмосферага фреон ва таркибида хлори, бромиди, йодиди бор баъзи бошқа аралашмалар чиқарилиши ердаги ҳаётни ҳимояловчи озон қатламини қисман ёки тўлиқ бузилишига, бу эса ҳалокатга олиб келади. Афсуски бундай мисолларни жуда ҳам кўп келтириш мумкин.

Инсон ва жамиятни, табиат ва иқлимни ёқимсиз ҳодисалардан ҳимояланганлигининг ортганлиги, яъни технологияларни об-ҳаво, иқлимдан мустақил деб ҳисоблаш аслида адашишдан бошқа нарса эмас. Бундай мустақиллик бундан кейин ҳам бўлмаслиги тобора равшанлашиб бормоқда. Энг ачинарлиси — бунинг тескариси ҳақида қатъий фикр туғилмоқда. Чунончи баъзи ҳозирги замон янги технологияларининг (масалан, радиоактивликқа биотехнология, энергетика) жамиятнинг ўзгараётган иқлимий шароитларига боғлиқлиги ортада ва жамият ишлаб чиқаришининг ўсишини давом этиш билан янада ортиб боради. Шунинг учун илмий-техник прогресс жамиятнинг ижтимоий-иқтисодий ривожланшидаги прогресс содир бўлиши учун энг аввало алоҳида ҳудуд, мамлакат ва бутун сайёранинг иқлимий потенциали билан ҳисоблашмай иложи йўқ. Иқлим жамият ишлаб чиқаришига, технологик циклни ишлаб туришига, жамиятнинг ижтимоий ҳаётига яхши таъсир кўрсатишини ҳам ва кўрсатмаслиги ҳам мумкин. Шу туфайли иқлимий потенциални ҳисобга олиш жамият ишлаб чиқаришининг самарадорлигини оширишнинг реал қуроли тарзида қараш керак.

Иқлимий омилларни писанд қилмаслик ўрнига янги технологияларни, илмий техник революциянинг гуллаб-яшнагани даврида янги техника ва инсонни об-ҳаво ва иқлимдан мустақиллиги ҳақида тасаввур ўрнига, ҳушёр тортиш ва шундай нотўғри фикрнинг ҳавфлилигини тушуниш учун ўн йиллар талаб этилди.

Бизнинг мамлакатимизда бундай «ҳайкаллар» хусусан ўрмонлар йўқ қилиниб, саҳроланишнинг давом этиши тупроқнинг таназзули ва шўрлашиши, дарёларнинг биологик ўлими, асосан кичик сув ҳавзаларининг ўлиmidан иборатдир. Орол денгизининг амалдаги ўлими, Азов денгизи, Каспий ва

Қора денгизлар, Ладога кўли, Байкал кўллари­нинг ҳалоқатли ҳолатларини, ўсимлик ва ҳайвонот дунёсининг жуда кўп турларининг йўқолиши Орол олди ва Каспий олди, Бошқирдистонда Шимолий денгизнинг оролларидаги экологик ҳалоқатлари худди шу қаторда туради.

Энг ажабланарлиси шундаки, инсоният тарихида, Россия тарихида ҳам иқлимий омилларни ҳисобга олишда, хусусан қишлоқ хўжалик ишлаб чиқариши соҳасида ҳам соғлом ёндо­шишлар бўлган.

Ҳозирги ҳисоблашларнинг кўрсатишича МДҲ ва АҚШ га ухшаш мамлакатларда иқлимий шароит ва об-ҳаво ноқулайлиги туфайли кўриладиган бевосита зарар йилига 10-12 миллиард долларни ташкил этади. Мазкур ҳодисаларнинг ва бевосита алоҳида оқибати туфайли кўриладиган қўшимча зарар йилига бир неча ўн миллиардни ташкил этади. Собиқ СССРда фақат 1951 йилдан 1975 йилгача бўлган даврда 14 марта қурғоқчилик рўй берди, ундан кўрилган зарар эса 42 миллиард сўмни ташкил этди. Режалаштириш ва бошқаришда иқлимий ахборотларни тўғри ҳисобга олиш туфайли олинадиган иқтисодий фойда жамоат ишлаб чиқаришнинг бир фоиздан 10-12% га ва ундан ортиққа ўсишига эквивалент бўлиши мумкин. Мазкур кўрсаткичларни прогрессив технологиялар жорий этилгандаги эффективлик кўрсаткичи билан таққосласа бўлади.

Шунинг учун четдаги баъзи мутахассислар ўн йиллар олдин билдирган фикр кейинги пайтда жуда кўп тарафдорларни топ­моқдаки, уларнинг фикрига кўра, келгуси ўн йилларда қишлоқ хўжалигида юз берган илмий-техник «портлаш» нафақат био­логия ва техника ҳисобига эмас, балки иқлим тўғрисидаги ах­боротларни олиш йўли усулларини муккамалтириш ва улардан самарали фойдаланишни йўлга қўйишдан, яъни деҳқончилик маданияти соҳасида иқлимий ахборотлардан оптимал фойдала­нишдан иборатдир. Бу йўналишни амалга оширишга ҳамма асослар мавжуд. ҳеч бўлмаганда қишлоқ хўжалик ишлаб чиқариши соҳасида катта муваффақиятларга эришган мамла­катларда ривожланиш худди шу йўналишда бормоқда. Иқлимий экстремум (иқлимий аномалиялар), яъни қурғоқчилик, баҳорги ва ёзги совуқлар ва аёзлар, совуқ ёмғир мавсуми, экстремал совуқ қиш ва ҳоказолар хўжалик фаолия­тининг турли томонларига, айниқса қишлоқ хўжалик ишлаб чиқаришига ёмон таъсир кўрсатади. Чунончи, бизнинг мин­тақамиз учун яхши бўлган иқлимий шароитларда буғдойнинг

ялпи маҳсулоти собиқ СССР да 238 миллион тоннани ташкил этган бўлса, жуда кескин қурғоқчилик бўлган йилларда, масалан 1975 йилда 140 миллион тоннагача тушиб қолди. Натижалар яхши ва ёмон бўлган йилларда ялпи маҳсулотни йиғишнинг ўзгариш диапазони, революциядан олдинги Россиянинг йиғган ялпи бугдойига тўғри келади.

1972 йилдаги қурғоқчилик нафақат собиқ СССР минтақасини, балки дунёдаги қатор мамлакатларни ҳам қамрадики, бунинг натижасида дунёда бугдой заҳираси кескин камайди.

Биз муҳокама қилаётган муаммога бевосита алоқадор ҳозирги даврнинг муҳим хусусиятларидан бири – демографик портлашнинг юз беришидан иборат.

Турли хил табиий ҳалокатлар юз берганда жамият бу ҳалокатлар билан бошқа шароитда тўқнашади. Энди унга инсон фаолияти туфайли юзага келган экологик ва табиат ҳалокатлари ҳам қўшилади. Сайёрадаги одамлар сони кескин ортганлиги натижасида бу ҳодисалар тобора кўпроқ ва кўпроқ сондаги одамларга тегиб ўтади.

Маълумотларга кўра, бир неча юз минг йил олдин ер шаридаги ибтидоий одамлар сони 250-270 кишидан ортмас эди. Тахминан 50 минг йил аввал энг оддий деҳқончилик шаклланиши пайтида сайёранинг аҳолиси энди 25-26 миллионни ташкил этди. Бизнинг эраимиз арафасида Ер юзидаги одамлар сони тахминан 220 –250 миллионга етди. Тахминан 1650 йилга келиб Ер юзи аҳолиси икки марта ортиб 500 миллионга етди.

Ер шарининг аҳолиси 1 миллиардга етгунга қадар, эраимизнинг 18 асри керак бўлди. Бу 1820-1830 йиллар атрофида рўй берди.

Агар иккинчи миллиардга тахминан 100 йил ичида, 1930-йилларда эришилган бўлса, учинчи миллиардга 35 йилдан кам вақт ичида 1965 йилларда эришилди. Тўртинчи миллиардга ҳаммаси бўлиб 10-12 йил кетди: 1970 йилларнинг ўрталарида 80-йилларга келиб 10 йилдан кам вақт ичида Ер юзи аҳолиси 5 миллиарддан ортиб кетди ва ҳозирда ҳам ўсиш давом этмоқда. Аҳолининг йиллик ўсиши 70-йилларда 80 миллион бўлса, ҳозирги пайтга келиб у 90 миллионни ташкил этди. Бу виждордан 80 миллион одам дунё маҳсулотининг 5-10% ривожланаётган иқтисодий ишлаб чиқарадиган мамлакатларга тўғри келади.

Энг содда ҳисобларга кўра, 1 тонна бугдой 3 кишининг бир йиллик ҳаётини таъминлаш учун етарли. Яхши яшаш (ком-

форт) учун бу меъёр 3 марта кўп бўлиши керак. Ер юзи аҳолиси икки марта ортган ҳолда қўшимча ҳар йили 3 дан 8 миллиард тоннагача бугдой ишлаб чиқарилиши керак бўлади. Агар ҳаттоки экишга 1 тонна бугдой зарур бўлса ҳам бу ҳолда мавжуд ҳосилдорликка кўра 3 миллиард гектар янги экиладиган Ерни ҳайдаш керак бўлади.

Бу эса катта муаммолар билан боғланган. Чунки Ер юзида деҳқончилик учун фойдаланиш мумкин бўлган Ернинг ўзи 371 миллиард гектар деб ҳисобланади. Суғориш мумкин бўлган Ерга келсак, улар ер майдонлари ҳаммасининг фақатгина 0,46 миллиард гектарини ташкил этади. Чунки уларда ҳосилдорлик 4-5 марта юқорилиги билан ажралади.

Бошқа сўз билан айтганда, аҳоли икки мартага ортиши бизнинг сайёрамизни инсониятни озиқ-овқат билан таъминлашнинг табиий потенциал имконияти чегарасига келиб қолади. Бундай критик ҳолатдан чиқиш учун суғориладиган деҳқончилик ерларда юқори илм даражасига эга ишлатиладиган замонавий технологиялардан фойдаланиш, катта энергияни истеъмол қилувчи ва катта сув сарф қилиш заруриятини йўқотади. Иқлимий ахборотни оптимал эътиборга олмасдан туриб бундай технологияларнинг амалга оширилиши даргумон ва мақсадга мувофиқ эмас. Маълумки, кейинги 100-200 йил ичида ҳосилдорлик дунёда ўртача 2-3 марта ортди. Аммо энергия сарфи эса ўн мартага ва юз мартага ортиб кетди. Энергиянинг ривожланиши нафақат органик ёқилги заҳирасини камайишига қанчалик боғлиқ бўлса, атроф-муҳитга янги қўшимча юкланиш тушишига ҳам шунчалик боғлиқ. Аммо ҳосилдорликнинг ортиши бошқа муаммо чучук сув муаммоси билан ҳам боғланган. Ер сув заҳирасининг умумий ҳажми 1,4 миллиард км³ ни ташкил этади. Аммо шу ҳажмнинг 92,2% ни шўр денгиз суви ташкил этади.

Дарё, кўл, Ер ости сув уфқидаги чучук сув Ердаги сув улуши заҳирасининг 6% ини ташкил этади. Континентал музликлар таркибида яна 22% чучук сув мавжуд.

Ҳозирнинг ўзида ерни суғориш ва ичимлик суви билан таъминлаш учун ер ости сув сақлагичларидан кенг фойдаланилмоқда.

Собиқ СССР минтақаси учун ер ости сувларининг умумий эксплуатацион ресурсининг ярмисидан кўпроғи (йилига 174 км³) қайта тикландиган ресурсни ташкил этади. Улар табиий табиат ресурслари ҳисобига шаклланиб энг аввало иқлимий ти-

зимда содир бўладиган гидрологик цикл ҳисобига амалга ошади (буғланиш, ёгин-сочин, дарё ва ер ости сувлари).

Ҳозирги пайтда Ер ости сувидан фойдаланиш фавқулудда кенг масштабда олиб борилмоқда. Мисол учун Туннисда сув ресурсининг 95% ини, Белгияда 85% ини, Марокашда 75% ини ер ости суви ташкил этади. Дунёда Ер ости суви ҳисобига ерларнинг учдан бири сугорилади. АҚШ да бу рақам 45% га етади. Эронда — 58%, Жазаирда — 67%, Ливияда эса — 100%, собиқ СССР шаҳарларининг 63%и фақат ер ости сув ҳисобига сугорилади.

Охириги 25 йилда дунёда 300 миллион атрофида қудуқ қазилган. Мазкур қудуқларнинг одатдаги чуқурлиги 100-200 м ни, айримлариники 800—1000 ва баъзан 2000 м ни ташкил этади. Улардан кейинги фойдаланишда ер ости сувларининг ифлосланиш бошланишининг хавфи ва чуқур горизонтга кириб борган сари яна энергия харажатиининг ортиши хавфи мавжуд. ҳаммадан ҳам, чучук сувларнинг умумий заҳираси, айниқса ер усти ва ер ости чучук сувларининг чексиз эмаслигини эсда тутиш керак. Инсонга истеъмол ва ҳўжалик ишлари учун суткасига 300 л атрофида сув зарур, ривожланган мамлакатларда эса суткасига — 500-600 л сув керак бўлади. 1 кг ўсимликлардан тайёрланадиган овқатга ишлатиладиган, ўсимликни ўстириш учун эса ўртача 2000 л сув керак бўлади. 1 т пўлатни ишлаб чиқариш учун 150 минг тонна ва 1 т капронга эса 500 минг литр сарфланади. 1 тонна қанд лавлагидан шакар тайёрлаш учун 6 тонна сув, бир тонна хом терини ошлаш учун 20-50 т сув, 1 тонна йигирилган ипни ишлаб чиқариш учун 200 тоннагача сув керак бўлади.

Аҳолининг кескин ошиши туфайли сув истеъмолининг қай даражада ортишини тасаввур этиш мумкин.

Шу билан бирга бутун дунё соғлиқни сақлаш ташкилотининг маълумотига кўра Ер шаридаги аҳолининг тахминан 1,2 миллиарди сув танқислигидан азоб чекмоқда.

Ривожланаётган мамлакатлардаги ҳамма касалликларнинг 80% санитар меъёрларга тўғри келмайдиган сувнинг истеъмол қилинганлиги туфайли вужудга келади.

Иқлимий тизимда сув ва унинг регенерацияси гидрологик цикл билан боғлиқ бўлганлиги туфайли сув билан таъминлаш муаммосини атроф-муҳит ҳолатини бутунлай эътиборга олмай туриб ечиб бўлмайди. Қатор ҳолларда ҳалокат даражасига етиб

қолган атроф-муҳитнинг ифлосланиши мураккаб бўлган глобал шароитни чуқурлаштиради.

Инсоният бўлиши мумкин бўлган ҳалокатларнинг олдиндан башорат қилишни ва ҳозирги харажатлар оқибатини ҳисоблашни ўрганиши лозим бўлади. Бизда бундан бошқа йўл йўқ.

Атроф-муҳит иқтисоди

Яқин вақтларгача «Ер ва табиий ресурслар (сув, қазилмалар, ўсимликлар, ҳайвонот дунёси) битмас-туганмас ва ўзини тикланиш қобилиятига эга» деб ҳисобланар эди.

Аммо ҳозирги босқичда, айниқса келгусида вайрон қилувчи таъсирнинг тезлиги тикловчи жараёнларга қараганда катталиги ҳозир равшанлашиб қолди. Атроф-муҳитнинг кўп компонентларининг ассимиляция қобилияти чексиз эмас ва улар нормал регенерацияланиши учун табиатни муҳофазаловчи тадбирлар ўтказилишини тақозо қилади.

Жамиятнинг доимо ривожланиши учун исталган жараённи иқтисодий харажат ва фойда нуқтаи назаридан баҳолаш зарур, бу иқлимий ахборотдан фойдаланишнинг самарадорлигини баҳолашга қараганда анча мураккаб масаладан иборатдир.

Табиат ресурсларининг ифлосланиши учун интиқомдан қочиш йўлида ҳаракат энг аввало атроф-муҳит билан тўғри муносабат ўрнатилишидан иборатдир. **Атроф-муҳит ифлосланишининг олдини олиш, ҳаттоки иқтисодий нуқтаи назаридан ҳам келтирилган зарарни қоплашга қараганда мақсадга мувофиқдир. Шунини таъкидлаш керакки, инсоният бахтга қарши ҳозирча худди шу оптимал бўлмаган йўлда бормоқда.**

Баъзи бир омиллар устида мулоҳаза юритиб кўрайлик.

Атроф-муҳитнинг сифати бўйича сайёрада яхши яшашга мослашган, иқлимни қониқарли сақлаш учун олиб борилаётган тадқиқотларнинг барчаси иқлимий потенциалдан оптимал тарзда фойдаланиш ва охири оқибатда атроф-муҳитни кардинал ўзгартирмай туриб хўжалик фаолиятини юритиш имкониятини аниқлашга қаратилган.

Аммо ҳозир мавжуд бўлган биосферани қайта ўзгартириш тенденциясини, шунингдек хўжалик фаолияти натижасида инсонни яшаш учун қулай ва барқарор атроф-муҳитни сақлаш имкониятининг йўқлигини таъкидлаб ўтиш жоиздир.

Муаммони бундай қўйилишининг асл сабаби ҳам иқтисодий, ҳам принципиал асосга эга. Илмий ёндошиш

принципиал асосига кўра, биотанинг бутунлигини бузиш — ўсимлик ва ҳайвонот дунёсининг шакланган тизими — фақатгина бир неча ўн йил ичида атроф-муҳитни 100 % тартибда ўзгартириши мумкин ва бу табиат биотикаси структура-сининг ўзгариши атроф-муҳит учун энг асосий хавфдан иборат бўлади. Табиатни ўзлаштиришдаги давом этаётган ҳозирги тенденция туфайли табиат, биота тамомила тугатилади ва биосфера тамомила вайрон бўлади.

Биосферанинг ҳозирги ҳолати ҳали ҳам қайтарилувчандир. Унга берилаётган антропоген юкланишни беш мартага ёки ҳаттоки ўн мартага қисқартирилса, биосфера ўзининг дастлабки барқарор ҳолатига қайтиши мумкин ва қайтади ҳам. Акс ҳолда атроф-муҳитга ва иқлимга бўлаётган таъсирнинг давом этиши янада оғирроқ иқтисодий ва ижтимоий оқибатларга олиб келади. Иқлимий ахборотдан оптимал фойдаланишни билмаслик билан боғлиқ иқтисодий зарар МДҲ ва АҚШ га ўхшаган мамлакат учун ўн миллиард долларни ташкил этади. Атроф-муҳитнинг ифлосланиши ҳисобига экологик зарар ҳам ўн миллиард доллар билан баҳоланади. Ҳозирги пайтда собиқ СССР да эрозиядан сақлаш учун тадбир ўтказиш зарур бўлган шудгорнинг умумий майдони 152 миллион гектарни пичан ўриладиган жой ва яйловлар — 175 миллион гектарни ташкил этади. Ўн йил ичида жарликлар майдони 5 дан 6,6 миллион гектарга ортди, унинг узунлиги 1 миллион км дан иборатдир. Жарликлар майдони ортиши натижасида шудгорнинг умумий майдони ҳар йили 100-150 минг гектарга қисқармоқда. Қора тупроқ ювилиб кетаётган майдонлар ҳар йили бир миллион гектарга ортиб бормоқда. Кўчиб юрувчи қумлар майдони йилига 40-50 минг гектарга ортмоқда. Эрозия туфайли тупроқнинг йўқолиши йилига ўртача гектарига 30-50 тоннани ташкил этади. Дала ва ўтлоқлардан йилига 2-3 миллиард тоннали майда донали тупроқ ювилиб кетмоқда. Шу билан бирга юз миллион тонна чиринди ва 43 миллион тонна азот, фосфор, калий ювилиб кетмоқда. Бу тупроққа озуқа бўлиши учун бериладиган моддалар миқдоридан 1,5 марта кўпдир. Бундан ташқари, қиялик ерлардан бериладиган ўғитнинг учдан бири ювилиб кетади. Шулар қаторида РФРда 40%, марказий қора тупроқли ва баъзи бошқа минтақаларда 50% атрофида бўлади.

Эрозия жараёнлари туфайли қишлоқ хўжалик саноати ҳосилининг 15-20%, ювилганда 30-40% ва кучли ювилган ерларда 50-60% ҳосил йўқолмоқда. Тупроқни сув юшиб кетиши

туфайли фақат ҳосилни кўзда тутилгандан камлиги натижасида сув эрозиясидан кўриладиган бир йиллик зарар 7-8 миллиард долларни, озуқа бўладиган моддаларнинг ювилишидан кўриладиган зарар йилига маҳсулотнинг сифатини пасайишидан кўриладиган зарарни эътиборга олмаганда 2,5 миллиард долларни ташкил этади.

Шундай қилиб, халқ ҳўжалигида сув ва шамол эрозиясидан кўриладиган зарар ҳар йили 11-15 миллиард долларни ташкил этади.

Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, атроф-муҳитнинг ифлосланганлиги ва иш қобилиятининг пасайганлиги туфайли кўриладиган зарарлар кўшиб ҳисобланганда ҳар бир кишига 38 долларга эквивалент экан. Ўтлоқ ва қишлоқ ҳўжалик ўсимликларига етказиладиган зарарларни кўшиб ҳисоблагандаги қиймати эса гектарига 130-135 долларга эквивалент экан.

Инсон соғлиғига етказилган зарар, айниқса генетик соҳада рўй берадиган таназзул (деградация) белгилари ҳеч қандай ҳисоб-китоб билан оқлаб бўлмайдиган қийматдир. Масалан, Санкт-Петербургда олинган ёш болаларнинг касаллиги туғрисидаги маълумотдан кўриниб турибдики, ёш болалар туғма дефектлари 1980-1982 йиллардагидан тахминан икки марта ва қоннинг асоратли касалликлар сони ҳам кескин ортди.

ГФРда охириги 30 йилда эркакларда рак касалликларининг улуши 15-23% гача, аёлларда эса 17-25% гача ортди. 1982 йилда нашр этилган «ГФРда рак касаллиги атласи»нинг кўрсатишича, дунёнинг энг индустриал ва ифлос минтақалари — Рур, Саар, жанубий-ғарбдан ва ГФР нинг жанубий қурамасида унинг улуши анча юқори экан.

Олинган маълумотларга кўра, ҳавонинг ифлосланишини олдини олиш учун ГФР нинг бозор ҳўжалиги йилига 20 миллиард марка сарфлайди. Муҳитнинг ифлосланиши туфайли ГФР нинг кўрадиган зарарини 100 миллиард марка деб ҳисоблайдилар. Бу мамлакатнинг илмий тадқиқоти ишларига қиладиган сарфидан икки мартаба кўпдир.

Чернобил ҳалокати ҳозирнинг ўзида собиқ СССРга 12 миллиард сўмга тушди. Баъзи бир ҳисобларга кўра, билвосита харажатларни ва узоқ келгусидаги зиён оқибатлари 200 миллиардни ташкил этади. Три-Майил-Айлендда шикастланган атом электростанциясини тиклаш нархи (1979 йилдаги ҳалокатдан кейн) 1 миллиард доллардан ортиқ баҳоланади. Инсонни иш

тутиш стратегиясини белгилаш учун мавжуд фикрлар етарлидир.

Энг аввало, атроф-муҳитнинг ифлосланиши туфайли кўриладиган зарар ялпи маҳсулотнинг 3-5% ҳажмида баҳоланса, унда ривожланган мамлакатлар атроф-муҳитининг ҳимояси тадбирлари учун қилинадиган харажатлари ялпи миллий маҳсулотнинг 12% чегарасида баҳоланади. Ривожланаётган мамлакатларда бу рақам эҳтимол 0,5% дан ошмайди.

Шундай қилиб, атроф-муҳитни ҳимоялаш соҳаси тадбирларига қилинадиган сарф-харажатлар одатда келтиралаётган фойдадан кўпроқ компенсация қилинади.

Масалан, АҚШда ҳавонинг ифлосланишининг 60% ли камайиши Америка учун йилига 40 миллиард доллар фойда келтиради. Атроф-муҳитнинг ҳимоя қилиш агентлигининг ҳисобларига кўра, 1970—1977 йилларда эришилган қаттиқ зарраларнинг атмосферага чиқаришни 12% га камайтирилиши йилиги 8 миллиард доллар фойдани таъминлади. Шундай мақсадларга қилинган сарф-харажат 6-7 миллиард долларни ташкил қилган бўлса, энди кўрилган тадбирлар туфайли йилига 8 миллиард доллар фойда кўрилди. Атмосфера сифатининг ёмонлашиши билан боғлиқ соғлиқни сақлашга қилинадиган харажатлар камайиши ҳисобига асосан фойда таъминланди.

Шунга қарамай Америкага ўхшаган шундай бой давлатда атроф-муҳитнинг ҳимоясига харажатлар федерал бюджетнинг ҳар бир долларига 2-3 центни ташкил этади. 1986 йилда бу рақам бир долларга 1-3 центгача камайди. Хусусий компанияда хусусий харажатлар эса 1980 йилда 22 центни, 1986 йилда бир долларга 27,1 центни ташкил этди. Тахминан худди шундай нисбат собиқ СССР да ҳам сақланади. Агар мудофаага бўладиган тўғридан-тўғри (бевосита) харажатлар бюджетнинг ҳар бир сўмига 15 тийинни ташкил этган бўлса, у ҳолда атроф-муҳитнинг ҳимоясига бўладиган бюджет харажатлари ҳар сўмга икки тийинни ташкил этади. Аммо табиат сақлаш тадбирларининг реализация қилинишининг бошқа иккинчи иқтисодий фойдали томони ҳам мавжуддир.

Баъзи бир мамлакатларда экологик муаммоларнинг ўткирлигини ҳис қилганлари учун, экологик назорат чораларини тез кўрганлари туфайли муқобил технологияларни ривожланишини рағбатлантирилади. Улар охир-оқибатда пул маблағларини иқтисод қилишга олиб келди. Масалан, Норвегияда атмосферанинг ифлосланишининг олдини олиш учун кўрилган

қатгий чоралар туфайли ферросиликон ишлаб чиқаришда янгилик яратишга сабаб бўлди. Бунинг натижасида унинг ишлаб чиқарилиши нархи 8-12% га камайди.

Швеция целлюлоза саноати сульфидли жараёндан сульфатлига ўтди. Бунинг натижасида иккиламчи сувдан фойдаланиш имконияти туғилиши билан сувга бўлган эҳтиёж камайди. Ишлаб чиқаришнинг нархи ҳамда чиқиндиларни чиқариб ташлаш ҳам камайди.

Қатор мамлакатларда худди шундай вазият мавжуд. Бизнинг мамлакатда ҳам атмосферанинг автотранспорт билан ифлосланиши энг ўткир муаммо бўлиб турибди. Мазкур муаммо АҚШ ва Японияда бундан ҳам ўткир эди. Лекин ҳозир уларда бу муаммо амалда ечилган. Бу автомобил саноатини тўлиқ модернизация қилишни талаб этди. Бундан ташқари, бунинг натижасида бензин истеъмол қилиш ҳам 1,5 маротабадан кўпроққа қисқарди.

Энергетика ва унинг муаммолари

Энергетиканинг ривожланиши ва жамият фаровонлигининг ўзаро боғлиқлиги барчага равшан. У истеъмолнинг — иситиш, ёритиш, овқат тайёрлаш, шунингдек ишлаб чиқаришни ҳам зарур энергия билан таъминлаб турувчи, турмуш фаровонлигига ўз ҳиссасини қўшувчи соҳалари мавжуд.

Яқин вақтларга қадар «энергетика — фаровонлик» муносабатида биринчи ўринда, унинг айниқса шу фойдали томони эътиборга олинар эди. Шу билан бирга энергетикага бўлаётган сарф-харажат энергияни олиш ва фойдаланишдаги нафақат пуллик ва бошқа ресурсларни (имкониятларни) қўшгандаги атропоф-муҳит ҳимояси ва ижтимоий — сиёсий муаммолар билан боғлиқ харажатлар фаровонлик даражасини пасайтиради.

Кейинги пайтларда худди шу салбий йўналиш (тенденция) устунлик қила бошлади. Биринчидан, энергия нархининг ортиб бориши барқарор йўналишга айланиб қолди.

Масалан, АҚШ да кейинги 20 йилда нефть маҳсулотлари билан таъминлаш учун бўладиган харажатлар 25% га ортди, иссиқлик ва атом электростанцияларида ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг нархи эса 40% ва ундан кўпроққа ўсди.

Ҳозирда мавжуд энергетик тизим ва технологияларда истеъмолчи томонидан электр энергиядан фойдаланишни бундай шаклланган схема бўйича истеъмол қилиш кўпгина саноати

ривожланган мамлакатларда шундай чегарага келдики, ишлаб чиқаришни кейинги тараққиёти учун қилинадиган сарф-харажат ундан кўриладиган фойдани қопламай қолди.

Иккинчидан, Энергия таъминлаш билан боғлиқ атроф-муҳитга бўладиган таъсирининг улуши шундай катталлашиб бормоқдаки, бунинг натижасида табиат жараёнлари энди глобал масштабда бузилмоқда.

Кейинги юз йил ичида экологик шароит шунчалик ўзгардики, энди бунда жамият глобал экологик ва геокимёвий тизим сифатида намоён бўлмоқда. Энергетиканинг ривожланиши билан боғлиқ экология муаммолари орасида энг таҳдидлиси — дҳавонинг глобал исишидан иборат.

Аҳолининг фаровонлиги учун муҳим аҳамият касб этадиган кўпгина жараёнларни иқлим белгилайди. Ердан қазиб олинadиган ёқилғини ёқиш натижасида атмосферада йиғилadиган карбонат ангидрид гази парник эффекти ва иқлимнинг глобал ўзгаришининг вужудга келишига шароит туғдирмоқда. Шу туфайли метеорологлар, океанологлар ва бошқа геофан соҳалари мутахассисларининг конференциялари ва халқаро жамоатчилик бу соҳага хавотир билдириб, баённомалар қабул қилмоқдалар. Атроф-муҳитни ифлослантириш ва энергия ишлаб чиқарувчи асбоб-ускуналар эксплуатациясининг хавфлилиги ҳозирга келиб, улар регионал ёки глобал ҳарактерга эга бўлди.

Газ отилмаси (газнинг отилиб чиқиши туфайли юзага келадиган чиқинди) ва бошқа энергетика чиқиндиларини атроф-муҳитнинг ютиб юбориш қобилияти ҳам чексиз эмас. Уни «чекланган ресурслар» деб аталувчилар қаторига қўшиш мумкин. Бу чекланиш туфайли атроф-муҳитга бўлган харажатлар икки кўринишда моддийлашади. «Ташқи» харажатларни жамият атроф-муҳит бузилганлиги туфайли адо этади. Лекин бунда на истеъмолчи ва на энергия ишлаб чиқарувчининг пул ҳисоби зарар кўради. «Ички» харажатлар — бу атроф-муҳитни ҳимоя қилувчи ташкилотлар томонидан «ташқи» харажатларни камайтириш йўлида у ёки бу чоралари туфайли юзага келадиган сарф-харажатларнинг ортишидан иборат. «Ичкига» ҳам ва «ташқига» ҳам харажатлар ортаепти ва улар қатор сабабларга кўра ортиб бораверади. Биринчидан, фойдаланилаётган традицион ёнилғининг сифати борган сари ёмонлашиб бораётганлиги учун қайта ишланаётган ва кўчиралаётган материалларнинг массаси борган сари ортиб боради, ташиш ҳам узаяди. Шунинг натижасида катта қувватли энергоиншоот ва қурилмалардан

фойдаланиш зарурати туғилади. Иккинчидан, энергетика тизимлари чиқиндилари ва отилиб чиққан нарсалар ҳажми шу қадар ортдики, уни ўзига зарар етказмайдиган атроф-муҳитнинг ютиш қобилияти чегарасидан чиқиб кетди. Ёнилғи сифатининг пасайиб бориши билан бир қаторда, энергия истеъмоли даражаси ҳам ортиб бормоқда. Шунинг натижасида ҳозирнинг ўзида жиддий экологик шароит юзага келдики, ҳозирда атроф-муҳитга етказилган зарар чегарасидан чиқиб кетмаслиги учун ташқарига отилиб чиқаётган чиқиндилар тозалаш даражасини дарҳол ошириш зарур.

Ҳозирги вақтда инсоният олдида иккита дилемма турибди: бир томондан энергиясиз одамларни турмуш фаровонлигини ошириб бўлмаса, бошқа томондан агар ҳозирги маромда энергия истеъмол қилинаверса атроф-муҳитни бузилишига олиб келиши ва бунинг натижасида одамларнинг турмуш даражаси пасайиши ва ҳаттоки инсоният мавжудлигига хавф туғилиши ҳам мумкин.

Энергетика, экология ва иқтисод орасидаги қарама-қаршилиқни силлиқлаш учун ҳозирги шароитни тўғрироқ тушуниш имконияти ва ҳоҳиш йўналишини тўғри баҳолай билиш зарурати туғилди. Энергетиканинг келгуси схемасини белгилаш учун интенсив илмий тадқиқотлар ўтказилиши натижаларига таяниш ва уни оммавий муҳокамадан ўтказиш зарур.

Ақлга сиғадиган ва оғир оқибатларга олиб келмайдиган энергетиканинг ривожланиш йулини танлаш муаммоси — энергетика бўйича сиёсатни белгилашнинг асосий вазифасидир.

Энергетиканинг атроф-муҳитга таъсирини камайтириш учун кўпчилик энергияни иқтисод қилишни таклиф қилади. Сўзсиз, бу ерда катта имкониятлар мавжуд ва инсоният доимо бу йўлдан боришга интиломқда. Кейинги 100 йилдан ортиқ вақт ичида, саноатнинг ўсиши бирламчи энергияни иқтисод қилишга олиб кела олдики, буни буғ машинаси мисолида осонгина кўриш мумкин.

Агар ўтган асрнинг ўрталарида буғ машиналарнинг фойдали иш коэффициентини 3-5% ни ташкил этган бўлса, ҳозирги энергияни ишлаб чиқарувчи газ ва буғ турбиналаридан ташкил топган комбинацияланган тизимларнинг Ф.И.К. 42% гача етказилди, яъни энергия иқтисоди 10 мартага ортганлиги кўриниб турибди.

Бир бирлик маҳсулотни ишлаб чиқаришга сарфланадиган энергия учун мукаммаллашган технологияни жорий қилиш шундай натижага олиб келди. Масалан, Англияда кейинги 100 йилда энергия истеъмоли интенсивлиги ялпи маҳсулот бирлигига нисбатан 2,5 мартадан ортиққа камаймайди. Шунга қарамай бирламчи энергияни ишлаб чиқариш ортиб бормоқда. Масалан, Англия ўтган асрнинг ўрталарига солиштирилганда киши бошига 1,5 мартага ортди. Ҳозирда у йилига 6 т ш.ё. (шартли ёқилғи) ни ташкил қилади, АҚШ да эса бирламчи энергиянинг киши бошига тўғри келадиган миқдори 12 т ш.ё. ни ташкил этади. Ҳаттоки, энергия ишлаб чиқариш ҳозирги даражада қолса, энергетика билан боғлиқ муаммонинг кескинлиги камайди.

Энергетиканинг ривожланишида қандай тенденциялар мавжуд ва қандай башоратлар қилинмоқда?

Авваллари саноатда фойдаланиладиган энергиянинг кўпроқ улуши нефть ва газ маҳсулотларига тўғри келар эди ва ҳар 15—20 йилда уларни истеъмол қилиш икки марта ортиб бораётганлиги маълум. Агар энергия сарфлаш тезлиги кейин ҳам шундай сақланса, у ҳолда яқин 30-40 йил ичида дастлабки заҳираларнинг 88% и тугайди. Ёнилғи қазилманинг бошқа тури — тошкўмирнинг жуда катта заҳираси мавжуд. Аммо уларни қазиб олиш ва фойдаланишда жуда кўп экологик муаммолар юзага келмоқда.

Фойдаланиб бўлган ядровий чиқиндилар муаммоси ҳал бўлгунга қадар ва хавфсизлик тавсифлари яхшиланган реакторларнинг янги авлоди яратилгунга қадар ядровий энергияни олиш ва ундан кенг кўламда фойдаланиш даргумон.

Инсоният ўзининг ҳеч бўлмаганда ҳозирги турмуш даражасини сақлаши учун бошқа янги энергия билан таъминлаш тизимига ўтиши керак. Бусиз юқори сифатли энергетика ресурсларининг йиғинди истеъмоли атроф-муҳитнинг энергетик тазйиқига қаршилиқ кўрсатиш қобилияти пасайиб бораётганлиги туфайли, ҳаттоки энергия истеъмоли доимий сақланган ҳолда ҳам умумий харажатнинг ортиб кетишига олиб келади. Катта харажатларсиз иқтисодий ривожланишни таъминлаш учун энергия ишлаб чиқаришни экологик жиҳатдан тозароқ технологияга ўтишни тақозо қилади.

Энергетикада оқилона стратегияни белгилаш учун истиқболли муқобил энергия манбаларидан ва биринчи навбатда

Куёш энергиясидан фойдаланиш ҳақида илмий тадқиқотларни тезлатиш зарурлиги кўзга ташланади.

Энергетиканинг ривожланиш тенденциясига нисбатан маълумотларга таянадиган бўлсак, Куёш энергетикаси турли кўринишларда узлуксиз ривожланиб боради. Тахминларга кўра, АҚШда 2000 йилда бу ўсишнинг муқобил манбалари улуши 10% дан ортиқроқни ташкил этади. Лекин бундан ҳам оптимистикроқ баҳолашлар ҳам бор. Масалан, АҚШда агар 1989 йилда қайта тикланадиган манбаларга 7,6% тўғри келса, ядровий энергияга эса бу кўрсаткич 6,6% ни ташкил этади. «Амикус» журналининг маълумотига кўра 2000 йилда ядровий ёқилғи улуши аввалги ҳолатда сақланса, худди шу вақтда Куёш энергиясининг улуши 23,8% гача ортади. Шамол энергияси 5,9% гача, гидроэнергия 4,2% ни ташкил этади, биомасса энергияси эса 17,9% ни ташкил этади.

Фарбий германиялик олимлар П.Нитца ва Г.Кейсиларнинг узоқ вақтга мўлжалланган башорат ва маълумотларига қараганда 2000 йилдан бошлаб Куёш энергиясининг улуши турли кўринишларда ортиб боради ва 2010 йилларга келиб у асосий бўлиб қолиши керак экан.

Куёш энергиясининг кенг жорий этилишига нима тўсқинлик қилмоқда? Одатда аргумент тарзида қуйидаги мулоҳаза келтирилади: Куёш энергиясини албатта ўзлаштириш керак. Аммо бу учун жуда кўп пул тўлаш керак. Куёш энергиясининг қимматлилиги тўғрисида фикр шу даражада жамоатчилик онгига сингиб кетганки, шу билан барча локал эҳтиёжлар учун фойдаланиш истиқболли эканлигини эътироф этган ҳолда куёш энергиясидан фойдаланишни келгусига - суриб қўймоқдалар.

Ҳақиқатан ҳам, кўп ҳолларда Куёш энергияси традицион энергия манбаларидан олинадиган энергияга қараганда анча қиммат. Шу сабабли энергетика иқтисоди соҳаси бўйича мавжуд қонунчилик ҳозирги вақтда ишлаётган традицион тизимларнинг ривожланишини рағбатлантиради. Ҳозирги қонунчилик Куёш энергетикасини жорий қилишга қарши ишлаётганининг ҳайрон қоларли ери йўқ. Куёш энергетикаси истиқболлигини баҳолаш учун, нархнинг Куёшдан олинган ва традицион манбалардан олинадиган энергиянинг нархидаги ўзгариш тенденцияларига эътиборни жалб қилиш зарур. Энергетика ривожланишининг кўрсатишича, бу тенденциялар қарама-қарши бўлиб, Куёш энергиясининг нархи узлуксиз камайиб

бормоқда. Традицион манбалардан олинадиган энергиянинг нархи эса ортиб бормоқда. Ҳозирги пайтга келиб Қуёш энергиясини термодинамик усул билан олинган энергиясининг нархи иссиқлик станцияларининг нархига яқинлашиб қолди.

Шунга қарамай, Қуёш энергиясидан фойдаланишда қатор муаммолар юзага келди. Қуёш энергияси оқимининг зичлиги кичик. У ҳозирги замон парагенераторлариникига қараганда минг марта кичикдир.

Қуёш энергиясидан фойдаланишдаги қийинчиликнинг иккинчи ўзига хослиги Қуёш нурланиши оқимининг доимий эмаслигидир: у сутка ва йил давомида, шунингдек метеошароитга қараб ҳам ўзгариб туради.

Қуёш энергиясини бошқа турдаги энергияларга айлантиришининг асосий усулларининг термодинамик цикли фотоэлектрик айлантириш ва биоконверсиядан иборатдир.

Қуёш нурланиш энергиясини фотоэлектрик усули билан электр энергиясига айлантириш

Қуёш энергиясини электр энергиясига фотоэлектрик айлантириш усули илмий ва амалий режада энг кўп ўрганилган ҳисобланади. Катта масштабли энергетикада унинг қўлланиш истиқболига А.Ф.Иоффе диққатини жалб қилган эди. Аммо ўша вақтларда Қуёш элементининг Ф.И.К. 1% дан ортиқ эмас эди. Кейинги ўн йилликда физика ва технология соҳасида катта ҳажмдаги тадқиқотлар ўтказилгани туфайли мазкур кўрсаткич 20-25% гача кўтарилди. Ушбу йўналишнинг ривожланишига кўпгина илмий тадқиқот институтлари олимлари ва муҳандислари ўзларининг баракали ҳиссаларини қўшдилар ва катта муваффақиятларга эришдилар. Қуёш ёруғлигини электр энергиясига айлантириш механизми бошқа усуллардан фарқ қилади. Мазкур усулнинг ўзига хос хусусияти унинг кенг масштабда имконият ва истиқболга эгаллиги билан белгиланади.

Маълумки, электр энергияси эркин зарядли заррачаларнинг пайдо бўлишига асосланади. Электр энергияси ҳосил қилишнинг индукцион усулида металл ўтказгичлардаги эркин зарядлардан фойдаланилади. Уларни ажратиш эса ўтказгичларнинг магнит майдонда кўчиши туфайли содир бўлади.

Фотовольтаик метод билан электр энергиясини ҳосил қилишда конструкция деталларининг механик кўчиши содир

бўлмайди. У ярим ўтказгич материалларининг хоссаларига ва уларнинг ёруғлик билан ўзаро таъсирлашувига асосланади. Фотовольтаик элементда эркин зарядлар ярим ўтказгични ёруғлик билан таъсирлашуви туфайли ҳосил бўлади. Лекин ичида юзага келадиган электр майдон таъсирида у ажралади. Яқин вақтларга қадар амалда барча фотоэлементлар кристалл кремнийдан тайёрланар эди. Аммо ҳозирда бошқа материаллар ҳам қўлланилмоқда.

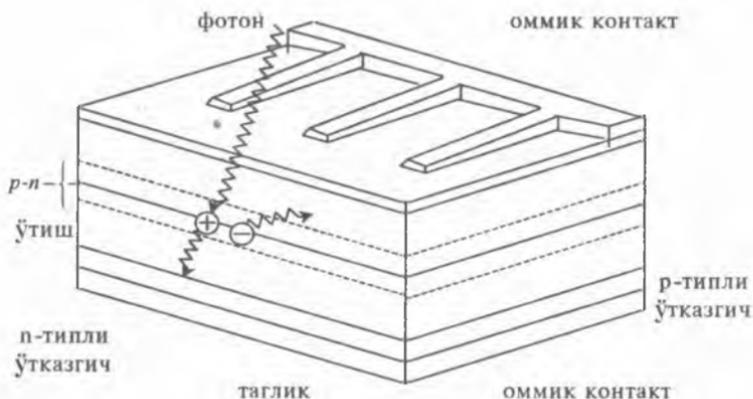
Қуёш нурланишини электр энергиясига айлантириш жараёни ҳар қандай материалдан фойдаланилганда ҳам ўзгармай қолганлиги туфайли кремний мисолида унинг механизмини ва у билан боғлиқ чекланишларни қараб чиқайлик.

Қуёш элементи ўз мазмунига кўра катта юзага эга бўлган диоддан иборат (43-чизма).

Қуёш элементининг қалинлиги ва кўп ҳолларда унинг нархи материалларнинг нархи билан белгиланади. Уни тайёрлаш учун сарфланадиган харажатлар элемент сиртига тушаётган Қуёш нурини ютиш қобилиятига боғлиқ бўлади. Ютиш қобилиятига эса иккита омил: таъқиқланган зонанинг кенгли ва ютиш коэффициенти таъсир кўрсатади.

Бундай зонанинг кенглиги Қуёш нурланишининг бўсағавий энергия катталигини белгилайди. Ушбу энергиядан бошлаб ёруғлик ютила бошлайди. Қуёш элементларини ясашда кремний, арсенид, галлий ва шунга ўхшаш элементлар танланади. Чунки уларда ёруғлик етарлича катта тўлқин узунликдан бошлаб ютила бошлайди. Демак, улар тушаётган Қуёш нурланишининг кўпроқ қисмини электр энергиясига айлантириши мумкин. Чунки бундай ярим ўтказгичли материаллар томонидан ёруғлик нурини ютиш пластинанинг турли қалинликларида 100 дан 1 мкмга қадар ва ундан кичикроқ қийматгача етади.

«Юпқа плёнкали» деб аталувчи Қуёш элементларининг қалинлиги микрометрга тенг қалинликдан иборат бўлиб, у ёруғлик нурини юта бошлайди. Бунинг натижасида материал сарфини ва элементни тайёрлаш нархини анча камайтиришга имкон туғилди. Солиштириш учун 1 мкм қалинликдаги аморф кремний Қуёш ёруғлигини қанча ютган бўлса, кристалл кремний ҳам шунча ютиши учун унинг қалинлиги 50 мкм бўлиши керак экан.



43-чизма. Қуёш элементи қурилмасининг схемаси

Ютиш қобилиятидаги фарқ ярим ўтказгичли материалларнинг атом тузилишидаги фарқ билан тушунтирилади. Ярим ўтказгичли деб аталувчи бевосита оптик ўтилиш баъзи материалларда ютилиш кучли, бошқа бевосита оптик ўтишга эга бўлмаганларида эса заиф ютилади. Охиригида валент зонадан ўтказувчанлик зонасига ўтиши икки жараёни: ёруғликни ютиш ва панжарани муайян частота билан тебранишини бир вақтда ўтишини талаб этади. Ярим ўтказгичли асбобларнинг самарали ишлаши фойдаланилаётган материалнинг сифатига кучли боғлиқ. Унда аралашманинг мавжудлиги Қуёш элементлари хоссасини анча ёмонлаштиради. Шунинг учун фойдаланилаётган материалнинг тозалигига жуда ҳам талаб катта. Масалан, кремний учун тозалик 99,99% ни ташкил этиши керак. Бу эса мураккаб технологияни талаб қилади. Натижада ишлаб чиқариш жуда қимматлашади.

Қуёш элементининг энергетик чиқиши ярим ўтказгичнинг актив соҳасидаги ютилиш спектрига ва элементнинг Қуёшга қаратилган сиртидан ҳисоблагандаги p-n ўтишнинг чуқурлигига боғлиқдир. Кристалл кремнийдан ясалган элемент ёруғликнинг 0,35 дан 1 мкм гача диапазонда етувчи тўлқин узунликни сезгир бўлиб, у Қуёш спектрининг қўрунувчан ва яқин инфрақизил ҳамда ультрабинафша соҳасининг бир қисмини ўз ичига олади (ёпади). Элементнинг қизиши ва

ёруғликнинг қайтиши ва баъзи фотонларни ярим ўтказгич томонидан ютилмай қолиши каби омиллар туфайли вужудга келадиган йўқотишлар натижасида кремнийдан ясалган фотоэлементлар учун фойдали иш коэффициентининг назарий чегараси 28% ни ташкил этади. Элементларнинг ичида вужудга келадиган йўқотишлар туфайли реал Ф.И.К. назариядан анча паст.

Қуёш элементларининг Ф.И.К.ини ошириш мақсадида ва ўтадиган ёруғликнинг улушини орттириш ва шунинг натижасида ўтишга етиб борадиган фотонлар сони ҳам Қуёш элементининг юз томонини ялтиллатадиган модда билан қопланади. Қопланмаган элементларда қайтишдаги йўқотишлар 30% гача етиши мумкин.

Бошқа йўл элементнинг пастки сиртида хаотик ҳаракатланаётган эркин ток ташувчиларнинг электр майдонини ҳосил қилишдан иборатдир. Кейинги вақтларда қатор янги материаллардан фотоэлементларни тайёрлаш имконияти туғилди. Улар орасида энг истиқболлиги аморф кремнийдир. У кристалл кремнийдан фарқли регуляр структурага эга эмас. Аморф структура учун фотоннинг ютилиш ва ўтказувчанлик зонасига ўтказилиш эҳтимоли катта. Шундай қилиб, бу материал ютиш қобилияти жиҳатидан кристалл кремнийдан анча юқори туради. Ярим ўтказгичдан фотоэнергетик мақсадлар учун уларнинг қалинлиги 0,5 мкм бўлган юпқа плёнха тарзда фойдаланиш мумкин. Аморф кремнийдан ясалган фотоэлемент учун материал кам сарфлангани учун ва технологияси соддароқ бўлганлиги туфайли улар арзонроққа тушади.

Юпқа плёнкали Қуёш элементи технологиясининг бошқа муваффақияти кўпқатламли элементлар ҳисобланади. У қуёш нурланиши спектрининг катта қисмини қамраб олиш имконини беради. Мисол учун бундай материалнинг юқори қатлами спектрнинг кўк қисмидаги ёруғликни йиғиши мумкин, қизил ёруғликнинг, спектрнинг худди шу соҳасида самарадор бўлган қатламга ўтказиб юборади.

Саноат шароитида бир-бири билан боғланган элементларнинг герметик блоки фотоэлектрик модул дейилади. Бир неча модул батареяни ҳосил қилади. Қуёш элементларининг юқори нархи катта фотоэнергетик қурилмаларни ривожланишига тўсқинлик қилиб турган сабабнинг худди ўзидир. 1974 йилда

Қуёш элементи модулининг бир Ватт тиғиз қувватдаги нархи 50 долларни ташкил этади. Бундай модулдан олинадиган электроэнергиянинг нархи ниҳоятда қиммат: 1 кВт·соат учун 3 доллар, 20 йил иш муддати тахмин қилинса, системанинг қолган компонентларини қоплаш учун юксак тиғиз қувватнинг 1 Вт учун 50 доллар қўшилади. Ядровий ва қазиб олинган ёнилғи ҳисобига ишлайдиган электростанцияларнинг ишлаб чиқарадиган электроэнергиясининг нархи 1 кВт·соат учун 5 дан 10 центгача бўлган қийматни ташкил этади. Бундай фарқ Қуёш қурилмаларида ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг нархини туширишига жуда катта интилишни юзага келтиради. Тадқиқот ишлари Қуёш элементлари ясаладиган материалдан тортиб элементлар структураси ва оммавий ишлаб чиқариш жараёнларигача қамраб олди. Натижада модулнинг нархи ўн мартага камайди. Яқин ўн йилликда аморф кремний материалдан ясалган юпқа плёнкали элементларнинг нархи яна ўн мартага камайиши кутилмоқда. Юпқа плёнкали элементлар технологиясининг ривожланиши бу ерда мавжуд имкониятларга мисол бўла олади. Аморф кремнийдан ясалган юпқа плёнкали элементларнинг лаборатория шароитидаги Ф.И.К. 10% ни ташкил этади. АҚШ ва Япониянинг баъзи компаниялари аморф кремнийдан коммерциявий модул ясадилар. Баъзи ҳолларда уларнинг юзи 0,1–0,4 м² гача этади; фойдали иш коэффиенти эса 8–9% ни ташкил этади.

Бу йўналишдаги ҳаракат секинланмаяпти: доимо янги гоя ва ишланмалар туғилмоқда. Катта блоklarни яратилишига узоқ муддат қолгани йўқ.

Қуёш нурланишининг энергетикада фойдаланиши йўналишидаги тўсиқлардан бири — унинг кичик зичлигидир. Нурланишни концентрациялаш йўли билан бу тўсиқни енгиш мумкин. Концентраторларни қўллаш Қуёш фотоэлектрик қурилмаларининг самарадорлигини кўтариш билан барча камёб ярим ўтказгичли материаллар сарфини камайтириш ҳисобига нархини ва массасини камайтириб уларнинг иқтисодий кўрсаткичларини яхшилаш ва ташқи омилар таъсирига турғунлигини барқарорлаштиради. Қуёш элементи модулни ёритиш учун концентрланган нурланишдан фойдала-

нилганда қабул қилгичга тушаётган оқим зичлигининг бир текисликда бўлиши энг асосий талабларнинг биридир.

Бундай оқимни ҳосил қилиш учун ясси қайтарувчи сиртли концентраторлар — ясси фоклинлардан фойдаланилади. Агар концентраторнинг ясовчиси тўғри чизикдан иборат бўлса, уни бир секцияли дейилади, синган бўлса, кўп секцияли дейилади. Уларда Қуёш нурланиши кўп марта кўзгу сиртларидан қайтиши натижасида нурланиш концентрациясига эришилади, бир секцияли ясси тизимлар Қуёш нурланишининг концентрациясини 2-10 марта оширишга ва худди шу энергия учун шунча марта ярим ўтказгичли элементларнинг юзаси камайишига эришилади.

Бу мақсад учун фокусловчи коллектор тизимлардан ҳам фойдаланилади. Уларда қайтаргич ва линзалар нурни Қуёш элементига фокуслайдилар. Иккала типдаги қурилмаларнинг ишлаш характери турлича, ясси тизим ҳаттоки булутли об-ҳавода ҳам самарали бўлса, фокусловчи тизим Қуёш нури тўғридан-тўғри тушганда ўзини оқлайди. Аммо уларда концентрация даражаси жуда ҳам юқоридир. Агар уни юқори эффект-ли қуёш элементлари ва ҳозирда Ф.И.К. 20-26% ни ташкил этаётган монокристалл кремний ва арсенид геллийдан ясалган элементларнинг қўшилиши таъминланса, фокусловчи тизимлар камчиликларини компенсация қилиши мумкин. Компенсацияловчи тизимлардан фойдаланиш Қуёш электростанцияларининг нархини камайтириш имконини беради. Чунки улар Қуёш элементига қараганда арзон. Шунинг учун уларни Қуёш станцияларида қўллаш фотоэнергетик қурилмаларда иқтисод қилиш имконини беради. Кейинги 10 йилда Қуёш элементининг нархи пасайгани учун катта фотоэнергетик қурилмаларни қуриш имконияти туғилди.

АҚШ, Италия, Япония, Саудия Арабистони, ГФРда қуввати 2000 кВтдан 7 МВт гача 14 та бир-бирига нисбатан катта электростанциялар қурилди.

Ҳозирги мавжуд Қуёш электростанцияларининг энг йириги Калифорниядаги Кариса Плейнзда жойлашган. Унинг энг юксак қуввати 7,2 МВт га тенг бўлиб бир йилдан кам вақт ичида қуриб битказилган. 1974 йилдан бошлаб Японияда «Қуёш ёғдуси» номи лойиҳа амалга оширила бошланди. У қайта тик-

ланадиган энергия манбаларини урганишга бағишланган ишларни бирлаштиради. Шу илмий-тадқиқот ишларининг натижаси сифатида 2000 йилга келиб мамлакатнинг энергияга бўлган эҳтиёжининг кўп қисмини Қуёш энергияси ҳисобига қондиришни мақсад қилиб қўйган.

Қуёш фотоэнергетик қурилмаси тоза ва битмас туганмас энергия манбаидан фойдаланишдан ташқари қатор афзалликларга эга. У ҳаракатланувчи қисмларга эга эмас. Шунинг учун хизмат қилувчи ходим томонидан доимий назоратни талаб этмайди. Ҳозирда транзистор ва интеграл схемалар қандай чиқарилаётган бўлса, Қуёш элементларини ҳам кўплаб ишлаб чиқариш мумкин. Қуёш элементларининг ялпи тўпини ишлаб чиқариш ҳисобига уларга кетадиган сарф-харажатлар камайтирилади, бу эса улар нархининг камайишига олиб келади.

Фотоэлектрик тизимлар жуда кам хизмат талаб этади. Сувга ҳам муҳтож эмас. Шунинг учун улар узоқ ва чўл минтақаларга яхши мослашган. Уларнинг қуввати диапазони ҳам жуда кенг - портатив кичкина бир неча ваттли қурилмадан бошлаб, токи бир неча миллион квадрат метр майдонни қоплайдиган кўп мегаваттли электростанцияга қадар бўлиши мумкин. Қуёш энергияси ер сиртини даврий ёритганлиги туфайли фотоэлектрик тизимларни газ ва Қуёш энергиясидан фойдаланиладиган гибрид станцияларга улаш энг рационал йўлдир. Мазкур гибридларда арзон, самарали газ турбиналарнинг янги авлодини қўллаш зарур.

Қуёш нурланишининг термодинамик айланишлари

Қуёш энергиясини термодинамик усул билан электр энергиясига айлантириш ҳам амалда худди бошқа манбалардан олинадиган усулга ўхшайди. Лекин Ерга тушаётган Қуёш нурланишининг энергияси миқдори қатор характерли омилларга: кичик энергия оқими кичик зичлигига, суткавий ва мавсумий циклар ҳамда об-ҳаво шароитига боғлиқ. Шунинг учун бу энергияни термодинамик йўл билан электр энергиясига айлантирилганда иссиқлик режимининг ўзгаришига — тизимнинг ишлашига жиддий чеклашлар киритмасликка, фойдаланиш билан боғлиқ қийинчиликларни юзага келтирмасликка ҳаракат

қилиш керак. Шунингдек, истеъмол заруратига кўра электр энергия ишлаб чиқаришни вақтий ўзгаришига тизим йўли қўйилиши мақсадга мувофиқ.

Демак, эксплуатация режимида тасодифий тебранишларни йўқотиш ёки энергия ишлаб чиқаришни вақт бўйича зарурий ўзгаришини таъминлаш учун шунга ўхшаш тизим аккумуляцияловчи қурилмага эга бўлиш керак. Қуёш энергетик станцияларини лойиҳалаётганда метеорологик омилларни тўғри баҳолаш жуда ҳам муҳимдир. Кўпинча қурилиш жойи фақат битта мезон бўйича танланади: Қуёш шуълаланишини йиллик соатлар сонига, хусусан булутланганликка эътибор бермайдилар.

Қуёш энергиясини термодинамик айлантиришнинг таркибида қуйидаги компонентлар: тушаётган радиацияни тутувчи тизим, Қуёш нурланишини иссиқликка айлантирувчи тизим бўлиши керак. Кейинги тизим энергияни иссиқлик ташувчига узатади.

Иссиқлик ташувчини қабул қилгичдан (приёмник) аккумуляторга ёки ишчи модда қиздириладиган бир ёки бир неча иссиқлик алмаштиргичларга қўйиш тизими ҳам термодинамик айлантиришнинг компоненталари ҳисобланади. Иккита принциал схема бўлиши мумкин. Биринчидан приемникда иссиқлик узатувчи қиздирилади ва шунинг билан аккумулятор иссиқлик билан таъминланади (44 а-чизма).

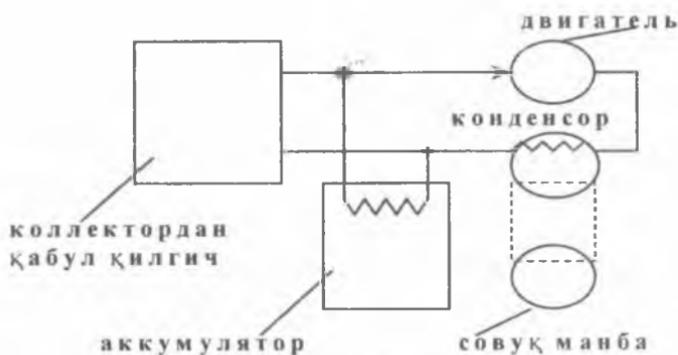


44 а-чизма

Бунда ишчи жисмга Куёш радиациясининг тушиш ўзгаришларини аккумулятордаги қизийётган ишчи жисм силлиқлайди. Шундай қилиб, аккумулятор доимо буфер ролини бажаради. Қабул қилгич – аккумулятор тизимининг иссиқлик машинаси билан алоқаси эса энг камида битта иссиқлик алмашилиши ёрдамида амалга оширилади. Иккинчи схема (44 б-чизма) приемникда бевосита ишчи жисм қиздирилади.

Қизиган жисм қисми шохобчалаш йўли билан аккумулятордан зарядланади, иссиқлик машинаси билан алоқа оралиқ қурилмасиз амалга ошади.

Иссиқлик узатувчи циркуляциясини ҳосил қилишга энергия сарфини камайтириш учун қабул қилувчи трубалар диаметрини максимал камайтириш мақсадида иссиқлик узатувчи сифатида органик ёки синтетик ёғдан фойдаланади.



44 б-чизма

Бундай типдаги биринчи станция ишлаб чиқарган электр энергиянинг нархини иссиқлик станциялариникига солиштирилса бўлади. Голдман ва Франсуа томонидан 1979 йилда Американинг «Луз» фирмаси томонидан бундай станция қурилган. Мазкур фирма томонидан 1985 йилда Кремейр-Джанкшен шаҳри яқинида қурилган станция ва 340 гектарни эгаллайди. Эрта тонгда ҳали Куёш Сьерра-Невада дўнглигига кўтарилмасданок, 540 минг параболоцилиндрик кўзгулар ёруғликни ушлашлари учун компьютер тизимини ориентациялай бошлайди. Қатор қилиб жойлаштирилган кўзгулар эрта тонгдан бошлаб то кун ботгунга

қадар Қуёш кетидан бурила борадилар. Улар Қуёш нурини фокуслайдилар ва қора билан қопланган, зангламайдиган ингичка труба томон йўналтирадилар. Труба орқали оқаётган синтетик ёғ 340 °С га қадар қизийди. Ўта қизиган ёғ иссиқлик алмашигичга келиб тушади. У ерда иссиқликни сувга бериб, уни буғга айлантиради. Буғ эса электр энергия ишлаб чиқарувчи оддий типдаги турбогенераторни ҳаракатга келтиради.

Луз компанияси томонидан қурилаётган Қуёш электр станциялари муҳим хусусиятга эга, улар Қуёш радиацияси келишининг ўзгаришини компенсациялаш учун ишда табиий газдан ҳам фойдаланадилар, яъни улар гибрид станцияларидан иборат.

«Қуёш энергияси — табиий газ» гибрид концентратор жуда ҳам қулай чиқиб қолди. Чунки у унчалик кўп бўлмаган харажат қилиш ва максимум фойдали қувват олиш имконини берди.

Биомасса қадимдан энергия манбаи сифатида фойдаланиб келинган. Ҳозирги пайтда дунёдаги бирламчи энергиянинг тахминан 15% и биомассадан ишлаб чиқарилади. Аммо АҚШда биомасса улушига жуда катта қиймат — 2,1 трлн. МЖ энергия тўғри келади. Бу қиймат атом энергияси улушига мос келади, у 2,9 МЖ ни ташкил этади.

Қуёш энергиясини биоконверсиялаш

Фотосинтез жараёни туфайли ҳосил бўладиган ўсимликларнинг кўк массаси — биомассада Қуёш энергияси кимёвий энергия тарзида заҳираланади. Мазкур энергиядан турли мақсадларда фойдаланиш мумкин.

Ердаги ўсимлик қоплами 1800 миллиард тонна қуруқ моддани ташкил этади. Бу эса энергетик жиҳатидан $30 \cdot 10^{21}$ Ж га эквивалентдир. Бу сон фойдали қазилмалар энергиясининг муайян заҳирасига мос келади. Ўрмонлар қуруқлик биомассасининг 68% ини, ўтли экотизимлар тахминан 16% ини ва ишлатиладиган ерлар эса 8% ни ташкил этади. Ерда фотосинтез ёрдамида ҳар йили 173 миллиард тонна қуруқ модда ишлаб чиқарилади. Бу эса дунёда фойдаланиладиган энергиядан 20 марта кўпдир. Бу сайёрада 4 миллиард яшовчиларнинг овқатлари орқали истеъмол қилинган энергиядан 200 марта

қупдир. Биомассада заҳираланган органик бирикмалар энергиясини бевосита озиқ-овқат маҳсулоти тарзида инсон ва ҳайвон ёки саноат учун энергия олиш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Биомассадан бевосита энергия олишнинг энг қадимги йўли — уни ёқишдир. Ҳатто ҳозир ҳам қишлоқ жойларда кенг тарқалган усул бўлиб, у ерда энергиянинг 85% и худди шу йўл билан олинади.

Биомасса ёнилги сифатида қатор афзалликларга эгадир. Қазилма ёнилғилардан фарқли, уни ёндирганда 0,1% олтингурт ва 3-5% кул, уни кўмирга солиштирганда мос равишда 2-3% ва 10-15% ини ташкил этади. Биомасса ёндирилганда ажраладиган карбонат ангидрид гази фотосинтезда ютиладиган карбонат ангидрид газининг миқдори билан компенсацияланади. Натижада атмосферадаги карбонат ангидрид газининг миқдори узгармай қолади. Шунинг учун у глобал исишга ўз хиссаини қўшмайди.

Энергияни шундай мақсадлар учун махсус етиштириладиган қишлоқ хўжалик экинларидан ҳам олиш мумкин. Бу тез ўсадиган дарахтлар, углеводларга бой ўсимликлардир. Улардан этил спирти (этанол) олинади. Бундай ўсимлик биомассасидан этил спиртини олиш учун экстрациялаш ва заҳираланган углеводларни гидролиз қилиш ва уларни кейин спиртга айланиши учун ачитиш керак бўлади. Ўсимликлар орасида этил спирти олишда энг кўп фойдаланиладигани шакарқамишдир. Бразилияда шакарқамишлардан катта миқдорда этанол ишлаб чиқарилади. 70 йилларда Бразилияда автомобил ёнилғиси сифатида бензин эмас, балки тоза этанол ёки этанолининг бензин билан аралашмасидан фойдаланилди. Этанол бензинга қараганда фақат иқтисодий эмас, балки техник афзалликларга ҳам эгадир, масалан, этанол юқориқоқ октан сонига эга. 1989 йилда 12 миллиард литр этанол, бир кунда 200 минг баррел 5 миллион Бразилия автомобиллари двигателларидаги бензинни ўрнини босди. Этанол ёнилғисидан фойдаланилгани учун ифлосланган шаҳарлар Сан-Паоло ва Рио-де-Жанейроларнинг ҳавоси анча тоза бўлиб қолди. Бразилиянинг жанубида ишлаб чиқарилаётган этанолининг бир литрининг нархи 18,5 центни ташкил этади. Бундай нархда у дунё бозорида 1 баррели 24

доллар турадиган нефтни импорт қилишдаги нархи билан осонгина рақобатлаша олади.

Агар шакарқамиш сиқилмасини ёқишда ҳосил бўладиган буғ электр энергиясини олишда фойдаланилса, этанолнинг самарадор нархи бундан ҳам арзон бўлиши мумкин булар эди. Ҳозирги пайтда бир тонна шакар қамишдан ҳосил бўладиган сиқилмани ёқиш натижасида кичик босимли буғ турбиналари 20 кВт-соат электр энергия ишлаб чиқаришга қодирдир. Биомассадан энергия ишлаб чиқаришнинг бошқа усули — анаэробни қайта ачитиш йўли билан биогаз олишдан иборат. Бундай газ 65% метан, 30% карбонат ангидрид газ, 1% олтингургурт ва унчалик кўп бўлмаган азот ва водородларнинг аралашмасидан таркиб топган. «Метан ачиши» ёки биометаногенез — биомассанинг энергияга айланиши узоқ вақтлардан бери маълум бўлган жараёндир. У 1776 йилда Вольта томонидан балчиқ газда метан борлиги аниқланди. Балчиқ газининг тунсиз ёниши одамларга, гўнг ва ўтиннинг ёнишига нисбатан анча кам ноқулайликлар тугдиради. Шундай қилиб 28 м³ даги биогазнинг энергияси 16,8 м³ табиий газ, 20,8 л нефть ёки 18,4 л дизел ёнилғисига эквивалентдир.

Биогаз иссиқлик энергетикасининг ҳозирги замон воситаларидан бири газ турбиналаридан фойдаланиш имконини беради. Бу қурилмаларда турбиналарни ҳаракатга келтириши туфайли газ тамомила ёниб у электроэнергия ишлаб чиқарувчи генераторларни айлантиради.

Ўз навбатида газсимон маҳсулотлар сувни иситиш ва уни бугга айлантириш учун қозонга йўналтирилади. У эса саноатда фойдаланиши ёки қўшимча электр энергия ишлаб чиқаришда фойдаланилади. Газ турбиналари традицион буғ турбиналарига қараганда оддий ва арзон. Буғ турбиналарининг 1950 йиллардан бери самарадорлиги ошмаган, газ турбиналари эса узлуксиз муқаммалаштирилмоқда.

Демак, хулоса қилайлик: Қуёш энергиясини айлантиришнинг асосий усуллари шуни кўрсатадики, уларнинг ҳар бири муайян афзалликларга эга. Аммо уларнинг бирортаси ҳам электр энергия ишлаб чиқаришни ишончли таъминлай олмайди.

Фотоэлектрик тизимлар сутканинг ёруғ вақтларида электр ишлаб чиқаради. Бунда радиация тўғридан-тўғри ёки сочилган бўлиши мумкин. Уларнинг ишлаши учун юқори даражадаги концентрация керак эмас. Аммо бундай станциялар ёрдамида сутканинг қоронғу вақтида электр энергия ишлаб чиқариш имкони йўқ.

Термодинамик циклдан фойдаланилаётган Қуёш станциялари фақат тўғри тушаётган Қуёш радиациясини айлантириши мумкин. Чунки уларнинг ишлаши учун Қуёш нурланишининг юқори концентрацияси талаб этилади.

Қуёш термал станцияларининг афзаллиги шундаки, улар сутка чегарасида юқори ҳароратли иссиқликни аккумуляция қилишга мослаштирилган бўлиб, у сутканинг қоронғу қисмида ёки Қуёш радиациясининг қисқа муддатга йўқ бўлиб қолганида электр энергия ишлаб чиқаришга мўлжалланган. Иссиқликнинг юқори ҳароратли аккумуляциялашнинг ҳозирги вақтдаги имконияти батарея ёки бошқа энергия жамғаришларига қараганда, айниқса суюқлик-иссиқлик узатувчи ҳам иссиқликни аккумуляция қилган ҳолга нисбатан ҳам кўпроқ иқтисодлироқдир. Аммо узоқ вақтлар давомида бевосита Қуёш радиацияси йўқлигида бундай станциялар ишлай олмайди. Чунки Қуёш энергияси узоқ муддатга йиғилмайди.

Узоқ муддатга аккумуляцияни биоконверсия беради. Биомассани махсус ўстириш, ундан кейинги қайта ачитиш туфайли спирт ёки метан олиш органик ёнилғини сунъий ҳосил қилиш жараёнига ўхшайди. Аммо бу тезлиги бўйича табиий жараёнлардан жуда кўп марта устун туради.

Биоконверсия тизимининг камчилиги шундаки, унда Қуёш энергиясини электр энергиясига айлантириш Ф.И.К. и жуда ҳам паст. У фотосинтез самарадорлигининг жуда пастлиги туфайли вужудга келади. Фотосинтез натижасида қўшимча энергия айланишини талаб қиладиган органик ёқилғи ҳосил бўладики, у тизимнинг Ф.И.К.ини янада пасайишига олиб келади.

Қуёш станциясининг ишончлилигини оширишнинг имконий йўлларида бири шундан иборатки, Қуёш тизимида қазилма ёқилғисига асосланган унча қиммат бўлмаган тизимни улаш керак, мазкур энергия Қуёш таъминотида буладиган теб-

ранишларни компенсация қилади. Аммо бундай типдаги гибрид тизимлар тўлиқ маънода Қуёш станцияси бўла олмайди.

Шу билан бир қаторда фақат Қуёш радиациясидан фойдаланиб, электр энергияни ишончли ишлаб чиқариш учун ўзида айлантиришнинг учта усулини мужассамлаштирган гибрид станцияларни қуриш керак. Гибрид системаларда Қуёш энергиясидан фотоэлектрик, Қуёш – термал ва биоконверсия усулларида фойдаланиб узлуксиз электр энергия ишлаб чиқарилади. Ҳақиқатан ҳам, бундай станцияда фотоэлектрик тизим Қуёш энергиясини бевосита электр энергиясига айлантирадики, уни ишлаб чиқарган ондаёқ истеъмол қилиш мумкин бўлади. Термодинамик тизим Қуёш энергиясини тигиз соат ва сутканинг қоронғу вақтида станция ишлаши учун аккумуляция қилинади. Биоконверсия тизими Қуёш радиацияси узоқ муддат йўқ бўлганида биоёқилги аккумуляцияси ҳисобига станциянинг ишини таъминлайди.

Синов саволлари

1. Ҳозирги замон ахборот узатиш технологиясининг мазмуни нима?
2. Ярим ўтказгичларга қандай хусусиятга эга бўлган кристаллар кирди?
3. Хусусий ва аралашмали ўтказувчанлик нима?
4. p-n ўтиш нима?
5. Диод ва транзисторлар деб қандай кристалларга айтилади ва улар қаерларда қўлланилади?
6. Металларда ўта ўтказувчан хусусият қачон ва ким томонидан аниқланган?
7. Юқори ҳароратли ўта ўтказувчанликчи?
8. Моддаларнинг ўта ўтказувчанлик хусусияти фан ва техниканинг қайси соҳаларида қўлланилади?
9. Лазер қачон ва ким томонидан топилган?
10. Қаттиқ жисмли лазерни ким қўллаган?
11. Лазерларнинг қандай турларини биласиз?
12. Голография нима?
13. Лазер фан ва техниканинг қайси соҳаларида қўлланилади?

14. Сууюқ кристаллар қачон ва ким томонидан кашф этилган?
15. Сметтиклар, холестериклар ва нематикларни тавсифлаб беринг. Улар бири-биридан қандай фарқланадилар?
16. Сууюқ кристалларни техникада қўлланилиш соҳаларини айтиб беринг.
17. Иқлимнинг инсонга ва табиатга таъсири ҳақида гапиринг.
18. Қандай омиллар экологик ҳалокатни ривожини белгилайди?
19. Ноосферага утишда илмий бошқаришнинг роли қандай?
20. Энергия ишлаб чиқаришда экологик зарарли таъсирлар нималардан иборат?
21. Экологик тоза энергия ишлаб чиқаришнинг мазмуни нима?
22. Қуёш энергиясини электр энергиясига айлантириш усуллари ҳақида сўзлаб беринг.

МАЪРУЗАЛАР БҲЙИЧА ТАЯНЧ СЎЗЛАР, СИНОВ САВОЛЛАРИ

1-мавзу. Кириш. Табиатшунослик фани, масалалари. Ҳозирги замон табиатшунослигининг концепцияси. Илмий тадқиқод усуллари. Илмий услуб.

Таянч сўзлар

Табиатшунослик, концепция, гуманитар маданият, илмий тадқиқод.

Синов саволлар

1. Табиатшунослик фани қандай масалалар билан шугулланади?

2. Гуманитар соҳада шуғулланувчи мутахассисларга табиатшунослик фани нима учун керак?

3. Табиий фанлар қандай принципга кўра фундаментал ва амалий фанларга бўлинади?

4. Ҳозирги замон табиатшунослиги фанларининг узига хос томонлари нималардан иборат?

5. Илмий тадқиқоднинг асосий усуллари ҳақида маълумот беринг.

6. Илмий услуб ва унинг асосий тамойиллари ҳақида маълумот беринг.

2-мавзу. Борлиқнинг илмий билиш тамойиллари — табиатнинг динамизми, сабабият, ҳақиқат мезони ва илмий билимнинг нисбийлиги.

Таянч сўзлар

Илмий билиш, сабабият, ҳақиқат мезони, илмий билимнинг нисбийлиги, динамизм.

Синов саволлар

1. Илмий билиш нима?

2. Сабабият тамойили нималардан иборат?

3. Ҳақиқат мезони деганда нимани тушунасиз?

4. Илмий билишнинг нисбийлиги нимани билдиради?

5. Билиш воситалари деганда нимани тушунасиз?

3-мавзу. Табиий фанларнинг ривожланиш тарихи. Ҳозирги замон табиатшунослиги панорамаси. Илмий тафаккурнинг тараққиёт тенденцияси.

Таянч сўзлар .

Фан тараққиётининг тарихи, ҳозирги замон табиатшунослиги панорамаси.

Синов саволлар.

1. Физика фани қандай ҳодисаларни ўрганади?
2. Кимё фанининг ўрганиш объектлари ҳақида маълумот беринг.
3. Биология фанлари қандай объектларни ўрганади?
4. Ҳозирги замон табиатшунослиги панорамаси дейилганда нимани тушунасиз?
5. Илмий тафаккурнинг тараққиёт тенденцияси ҳақида маълумот беринг.

4-мавзу. Табиат тавсифининг асосий йўналишлари. Материя таркибланишининг структуравий сатҳлари – микро, макро, мегаобъектлар. Микрообъектлар, элементар заррачалар.

Таянч сўзлар.

Материя, структуравий сатҳлар, микрообъектлар, элементар заррачалар.

Синов саволлар.

1. Материя нима?
2. Материя таркибланишининг структуравий сатҳлари ҳақида маълумот беринг.
3. Микродунё нима?
4. Макрозарралар нима?
5. Элементар зарралар нима?

5-мавзу. Макрообъектлар – модданинг турли агрегат ҳолатлари.

Таянч сўзлар.

Макрообъектлар, агрегат ҳолатлар, қаттиқ жисмлар, суюқликлар, газлар, плазма.

Синов саволлар

1. Микрообъектлар нима?
2. Фазовий ҳолатлар дейилганда нимани тушунасиз?

3. Модданинг газсимон ҳолати ҳақида маълумот беринг.

4. Суюқликлар газсимон жисмлардан нимаси билан фарқ қилади?

5. Қаттиқ жисмлар қандай хусусиятларга эга бўладилар?

6-мавзу. Мегаобъектлар — планеталар, астроидалар, кометалар, юлдузлар, галактикалар, мегагалактикалар.

Таянч сўзлар.

Мегаобъектлар, планеталар, астроидалар, кометалар, юлдузлар, галактика ва мегагалактикалар.

Синов саволлар.

1. Мегаобъектлар нима?

2. Планеталар, астроидалар, кометалар ҳақида маълумот беринг.

3. Юлдузлар нима? Уларнинг эволюцияси ҳақида нима биласиз?

4. Галактикалар қандай тўплам ҳисобланади?

5. Мегагалактикалар нима?

7-мавзу. Коинот ва унинг эволюцияси. Ўз-ўзини тартиб-лаш. Коинот жисмларининг пайдо бўлиши ва тараққиёти ҳақида.

Таянч сўзлар.

Коинот, эволюцион тараққиёт, портлаш, пульсацияланувчи коинот, кенгаювчи коинот.

Синов саволлар.

1. Коинот нима?

2. Коинот қандай усуллар билан ўрганилади?

3. Коинот эволюцияси деганда нимани тушунасиз?

4. Коинотнинг тузилиши ҳақида қандай назариялар мавжуд?

5. Дунёнинг тугаши ҳақида қандай фикрларга эгасиз?

8-мавзу. Табиатдаги ўзаро таъсирлар. Фазо ва вақт. Ҳаракат ҳақида тушунчалар.

Таянч сўзлар.

Электромагнит, гравитацион, кучли ва кучсиз ўзаро таъсирлар. Фазо ва вақт, координаталар, ҳаракат.

Синов саволлар.

1. Ўзаро таъсир деганда нимани тушунасиз?
2. Гравитацион ўзаро таъсирнинг ўзига хос томонлари ҳақида маълумот беринг.
3. Электрмагнит ўзаро таъсир нима?
4. Кучли ўзаро таъсир қандай жисмлар орасида кузатилади ҳамда қандай хусусиятларга эга?
5. Қандай таъсир қисқа масофада кузатилади?
6. Кучсиз ўзаро таъсир ҳақида нимани биласиз?
7. Фазо ва вақт ҳақида маълумот беринг.
8. Ҳаракат нима?

9-мавзу. Нисбийлик принципи ва инвариантлик. Атомизм ва физик қонунларнинг универсаллиги.

Таянч сўзлар.

Нисбийлик, инвариантлик, Галилей ва Лоренц алмаштиришлари. Атомизм.

Синов саволлар.

1. Нисбийлик назарияси нима?
2. Классик нисбийлик назарияси ҳақида маълумот беринг.
3. Махсус нисбийлик назарияси ва Лоренц алмаштиришлари нима?
4. Инвариантлик деганда нимани тушунасиз?
5. Атомизм концепциясининг асосий моҳияти нимадан иборат?
6. Физик тадқиқодларнинг тараққиёт босқичлари ҳақида маълумот беринг.

10-мавзу. Ньютоннинг классик назарияси.

Таянч сўзлар.

Механик моделлар, инертлик, масса, куч, импульс.

Синов саволлар.

1. Ньютон қонунлари ва уларнинг асосий моҳияти нималардан иборат?
2. Куч қандай тушунча?
3. Масса ва инертлик ҳақида нима биласиз?
4. Импульс нима?
5. Табиатда учрайдиган кучларнинг моҳияти ҳақида нима биласиз?

11-мавзу. Механик ҳаракатнинг илгариланма, айланма ва тебранма характери.

Таянч сўзлар.

Илгариланма ҳаракат, айланма ҳаракат, куч моменти, импульс моменти, инерция моменти, тебранма ҳаракат.

Синов саволлар.

1. Механик ҳаракат ва механик моделлар ҳақида нима биласиз?
2. Илгариланма ҳаракат ва уни характерловчи катталиклар ҳақида маълумот беринг.
3. Айланма ҳаракат ва унинг асосий қонунларини айтинг.
4. Куч моменти, импульс моменти ва инерция моменти ҳақида нима биласиз?
5. Тебранма ҳаракат ва табиатда учрайдиган тебранувчи системалар ҳақида маълумот беринг.

12-мавзу. Сақланиш қонунлари. Фазо ва вақтнинг хусусиятлари

Таянч сўзлар

Изотропик, бир жинслик, потенциал ва кинетик энергия, сақланиш, ўзгармаслик.

Синов саволлар.

1. Механикада қандай катталиклар сақланадилар?
2. Энергия ва унинг сақланиш қонунлари ҳақида маълумот беринг.
3. Импульс ва унинг сақланиш қонунини ифодаланг.
4. Импульс моменти ва импульс моментининг сақланиш қонунига таъриф беринг.
5. Сақланиш қонунлари фазо ва вақтнинг хусусиятлари билан боғланадилар?

13-мавзу. Макротизимлар хусусиятларининг статистик ва термодинамик тавсифи.

Таянч сўзлар.

Термодинамик тизим, статистик назария, молекуляр-кинетик назария, тақсимот функциялар, турмодинамика, энтропия, ҳарорат, босим.

Синов саволлар.

1. Молекуляр-кинетик назария асосларини айтинг.
2. Максвеллининг тақсимот функцияси ҳақида нима биласиз?
3. Больцман тақсимоти ҳақида маълумот беринг.
4. Макроскопик параметрларни айтинг.
5. Статистик назария асосларини нима ташкил этади?
6. Термодинамика қонунлари ва уларнинг асосий моҳияти нималардан иборат?
7. Энтропия нима?
8. Иссиқлик ҳалокати нима?
9. Мувозанатли ва мувозанатсиз ҳолатлар ҳақида нима биласиз?

14-мавзу. Максвеллининг классик электродинамика назарияси — электр ва магнит майдон ва уларнинг асосий хусусиятлари.

Таянч сўзлар.

Электродинамика, заряд, электр майдон, магнит майдон, потенциал ва уюрмали майдон, моддаларнинг электр ва магнит хусусиятлари.

Синов саволлар.

1. Электр майдон нима ва у қандай хусусиятларга эга?
2. Магнит майдон электр майдондан нимаси билан фарқ қилади?
3. Электр майдон кучланганлиги оқими ва магнит майдон кучланганлиги оқими деганда нимани тушунасиз?
4. Максвелл назариясининг моҳияти нимадан иборат?

15-мавзу. Электромагнит майдон ва унинг хусусиятлари.

Таянч сўзлар.

Электромагнит майдон, индукция, ўзиндукция, индуктивлик, электромагнит тебранишлар.

Синов саволлар.

1. Электромагнит майдон нима?
2. Уюрмали электр майдон қандай ҳосил бўлади?
3. Силжиш токи нима?
4. Электромагнит майдонни ҳосил қилиш ва ўрганиш усуллари ҳақида маълумот беринг?

16-мавзу. Ёруғлик ҳақида дунё қарашнинг тараққий этиши. Ёруғликнинг корпускуляр ва тўлқин табиати.

Таянч сўзлар.

Электромагнит тўлқинлар, интерференция, дифракция, қутбланиш, дисперция, интенсивлик, фотонлар, квант.

Синов саволлар.

1. Ёруғликнинг электромагнит тўлқин табиати ҳақида нима биласиз?

2. Ёруғликнинг тўлқин табиатини тасдиқловчи табиий ҳодисаларни изоҳланг.

3. Ёруғликнинг модда заррачалари билан таъсирлашуви қандай ҳодисаларда намоён бўлади?

4. Ёруғликнинг корпускуляр табиатини изоҳланг.

17-мавзу. Атом тузилиши ҳақидаги тасаввурларнинг эволюцияси. Бор постулатлари.

Таянч сўзлар.

Изланиш эволюцияси, энергетик сатҳлар, стационар ҳолат, нурланиш. Планк ғояси.

Синов саволлар.

1. Атом қандай заррача?

2. Атом ҳақидаги дастлабки тасаввурларни баён этинг.

3. Бор постулатларини таърифланг.

4. Атом тузилишини квант назарияси нуқтаи назарида изоҳланг.

18-мавзу. Моддаларнинг корпускуляр ва тўлқин хусусиятлари.

Таянч сўзлар.

Де-Бройль гипотезаси, моддаларнинг тўлқин узунлиги, нейтронлар ва электронлар дифракцияси, сукунат массаси.

Синов саволлар.

1. Де-Бройль гипотезаси ҳақида маълумот беринг.

2. Фотон, протон ва нейтрон зарралари бир-бирдан қандай фарқ қилади?

3. Микрзаррачалар ҳақида қандай маълумотлар бера оласиз?

19-мавзу. Квант назарияси ҳақида маълумотлар.

Таянч сўзлар.

Квант назарияси, оператор, тўлқин функцияси, квант сонлар.

Синов саволлар.

1. Квант назариясининг асосий моҳияти нималардан иборат?
2. Квант назариясининг юзага келишига нималар сабаб бўлган?
3. Квант назариясининг математик аппарати қандай?
4. Шредингер тенгламаси ва унинг ечими ҳақида маълумот беринг.

20-мавзу. Микрожараёнларнинг эҳтимоллик характери.

Таянч сўзлар.

Эҳтимоллик, микрожараёнлар, ноаниқлик.

Синов саволлар.

1. Квант назариясида эҳтимоллик функцияси ҳақида нима биласиз?
2. Тўлқин функцияси ҳақида маълумот беринг.
3. Гейзенберг тенгсизлиги ҳақида нима биласиз?
4. Классик назариянинг қўлланиш чегарасини қандай ўрганиш мумкин?

21-мавзу. Тўлдирувчанлик ва мувофиқлик тамойиллари.

Таянч сўзлар.

Классик ва квант назарияларининг ўзаро алоқадорлиги, тўлдирувчанлик, мувофиқлик тамойиллари.

Синов саволлар.

1. Тамойиллар нима?
2. Тўлдирувчанлик тамойили ва квант назариядаги ўрни ҳақида маълумот беринг.
3. Мувофиқлик тамойили ва унинг илмий назариялардаги роли.

22-мавзу. Атом ядроси ва унинг ўзига хос хусусиятлари. Элементар заррачалар.

Таянч сўзлар.

Ядро заррачалари, ядро реакциялари, ҳақида маълумот беринг.

Синов саволлар.

1. Атом ядроси ҳақида маълумот беринг.
2. Ядро атомда қандай соҳани ташкил этади ва қандай массага эга?
3. Ядро реакциялари ҳақида маълумот беринг.
4. Булиниш реакциялари қандай ядроларда кузатилади?
5. Термойдро реакциялари нима?

ТАБИАТНИНГ КИМӨВИЙ ТАВСИФИ ВА УНИНГ МУАММОЛАРИ

23-мавзу. Кимөвий жараёнлар. Кимөвий муаммолар. Киме фанида билиш концепцияси ва усуллари.

Таянч сўзлар.

Кимөвий жараёнлар, элемент, молекулалар, радикаллар.

Синов саволлар.

1. Кимөвий жараён нима?
2. қандай кимөвий жараёнлар мавжуд?
3. Табиатни ўрганишда кимөвий жараёнларнинг роли нималардан иборат?

24-мавзу. Кимөвий боғланишлар. Кимөвий реакциялар. Реакцияларнинг турлари.

Таянч сўзлар.

Кимөвий боғланишлар — ковалент, ион, металл боғланишлар, катализ, оксидланиш ва занжир реакциялар.

Синов саволлар.

1. Кимөвий боғланишлар нима?
2. Кимөвий реакциялар қандай содир бўлади?
3. Кимөвий реакциялар қайси хусусиятларига кўра турларга бўлинади?
4. Гомоген ва гетероген реакциялар ҳақида маълумот беринг.
5. Каталик реакциялар ҳақида нима биласиз?
6. Занжир реакциялар қандай содир бўлади?

25-мавзу. Менделеевнинг даврий системаси ва табиатни ўрганишдаги унинг роли. Янги материалларни синтез қилиш йўналишидаги кимё эволюцияси.

Таянч сўзлар. •

Даврийлик, синтез, кимёвий эволюция.

Синов саволлар.

1. Элементлар қандай хусусиятларга кура тартибланадилар?
2. Элементлар даврий системаси табиатни ўрганишда қандай аҳамиятга эга?
3. Қандай янги материаллар синтези назарда тутилмоқда?
4. Кимёвий эволюция дейилганда нимани тушунасиз?

МАТЕРИЯНИНГ БИОЛОГИК ТАРКИБЛАНИШИ

26-мавзу. Материя биологик таркибланишининг ўзига хос хусусиятлари. Молекуляр сатҳ.

Таянч сўзлар.

Биологик сатҳ, органик моддалар, биологик молекулалар, оқсиллар, ДНК, РНК.

Синов саволлари.

1. Биологик таркибланиш нимани билдиради?
2. Биологик молекулалар ҳақида маълумот беринг.
3. Оқсиллар нима?
4. ДНК ва РНК кислоталари қандай функцияни бажарадилар?

27-мавзу. Ҳужайравий, тўқимали ва органик сатҳлар. Организм.

Таянч сўзлар.

Ҳужайра, тўқима, орган, организм.

Синов саволлар.

1. Ҳужайранинг таркибий қисми ва асосий функцияси нимадан иборат?
2. Тўқималар ва уларнинг турлари ҳақида маълумот беринг.
3. Органлар нима, улар қандай функцияларни бажаради?
4. Организмлар ва уларнинг яшаш шароитлари ҳақида маълумот беринг.

28-мавзу. Популяцион ва биогенетик сатҳлар.

Таянч сўзлар.

Популяция, биотика, биогеоценоз.

Синов саволлари.

1. Популяция нима?
2. Популяциянинг ўзгариши ҳақида маълумот беринг.
3. Биогенетик сатҳ.

29-мавзу. Генетика ва унинг муаммолари. Бисфера.

Таянч сўзлар.

Насл, генетика, биосфера.

Синов саволлари.

1. Генетика нима?
2. Генетика муаммолари ҳақида қандай фикрдасиз?
3. Биосферанинг ўзига хос хусусиятлари нимадан иборат?
4. Биосфера қандай чегараланади?

30-мавзу. Ноосфера. Иқлим ва инсон.

Таянч сўзлар.

Ноосфера, иқлим, инсон.

Синов саволлари.

1. Ноосфера нима?
1. Планета иқлимнинг ўзгариши ҳақида нима биласиз?
2. Иқлимнинг ўзгариши инсон фаолиятига қандай таъсир кўрсатиши мумкин?

31-мавзу. Экологик ҳимоя ва атроф-муҳитнинг муҳофаза қилиниши. Экологик муаммоларни ҳал қилишда табиий фанларнинг роли.

Таянч сўзлар.

Экология, экологик ҳимоя, экологик муаммо.

Синов саволлари.

1. Экологик ҳимоя нима?
2. Асосий экологик муаммолар нималардан иборат?
3. Экологик муҳофаза усулларида нималарни биласиз?

ТАБИЙ ЖАРАЁНЛАР ТАРАҚҚИЁТИНИНГ ИЛМИЙ АСОСЛАРИ

32-мавзу. Модда ва материянинг экстремал ҳолатлардаги хусусиятлари.

Таянч сўзлар.

Экстремал ҳолат, юқори босим, юқори ҳарорат, паст босим, паст ҳарорат.

Синов саволлари.

1. Экстремал ҳолатлар дейилганда нимани тушунасиз?
2. Модда хусусиятлари юқори босимда қандай ўзгаради?
3. Модда ва майдон хусусиятлари паст ҳароратда қандай ўзгаради?

33-мавзу. Биологик объектларнинг ўз-ўзини тартиблаши. Биосферада эволюцион тараққиёт.

Таянч сўзлар.

Ўз-ўзини тартиблаш, биосферада эволюцион тараққиёт.

Синов саволлари.

1. Биологик объектларнинг ўз-ўзини тартиблаши деганда нимани тушунасиз?
2. Биосферада эволюцион тараққиёт қандай содир бўлади?

ҲОЗИРГИ ЗАМОН ТЕХНОЛОГИЯСИ ВА ЭНЕРГЕТИКА ТАРАҚҚИЁТИНИНГ ИЛМИЙ АСОСЛАРИ

34-мавзу. Ҳозирги замон ахборот узатиш воситалари. Микроэлектроника.

Таянч сўзлар.

Ахборот, электромагнит сигнал, электроника, микроэлектроника.

Синов саволлари.

1. Ахборот узатиш деганда нимани тушунасиз?
2. Ахборот узатишнинг энг оптимал усуллари нималардан иборат?
3. Микроэлектроникага асосланган асбоблар ҳақида нима биласиз?

35-мавзу. Материянинг ўтаўтказувчан ва ўтаоқувчан ҳолатлари. Юқори ҳароратли ўтаўтказувчанлик ва унинг қўлланилиш соҳалари.

Таянч сўзлар.

Электрон жуфти, ўтаўтказгичлар, ёпишқоқлик, ўтаоқувчанлик.

Синов саволлари.

1. Паст ҳароратни қандай ҳосил қилиш мумкин?
2. Ўта ўтказувчанлик нима?
3. Юқори ҳароратли қандай ўтаўтказувчан материалларни биласиз?
4. Моддаларнинг ўта оқувчан ҳолатлари қандай ҳосил қилинади?

36- 37- мавзулар. Лазер ва унинг ишлаш принципи. Лазер турлари. Лазер технологияси — алоқа, қишлоқ хўжалиги, медицина, муҳофаа, фан, голография.

Таянч сўзлар.

Лазер, метастабл сатҳ, оптик актив муҳит, мажбурий нурланиш.

Синов саволлари.

1. Лазер нима?
2. Лазернинг ўзига хос хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз?
3. Лазернинг қандай турларини биласиз?
4. Лазернинг қўлланиш соҳалари ҳақида маълумот беринг.

38-мавзу. Суюқ кристаллар, уларнинг турлари.

Таянч сўзлар.

Суюқ кристаллар, нематиклар, смектиклар, жолериклар.

Синов саволлар.

1. Суюқ кристаллар нима?
2. Суюқ кристаллар қандай хусусиятларга кўра турларга бўлинадилар?
3. Суюқ кристалларнинг қўлланилиши ҳақида маълумот беринг.

39-мавзу. Энергия манбалари. Келажак энергетикаси.

Таянч сўзлар.

Энергия манбаи, табиий энергия манбалари, биомасса, коинот энергетикаси.

Синов саволлар.

1. Энергия манбалари ва уларнинг самарадорлиги ҳақида нима биласиз?
2. Табиий энергия манбалари ҳақида маълумот беринг.
3. Биологик энергия манбалари ҳақида нима биласиз?
4. Келажак энергетикасини қандай тасаввур этасиз?

40-мавзу. Ҳозирги замон технологияси ва экологик ҳалокатнинг олдини олиш.

Таянч сўзлар.

Озон қатлами, парник эффекти, радиация, экология.

Синов саволлар.

1. Кимёвий саноат ҳақида нима биласиз?
2. Озон қатлами қандай пайдо бўлган, унинг салбий таъсирлари ҳақида нима биласиз?
3. Карбонад ангидрид қатлами ва парник эффекти нима?
4. Экологик ҳалокатнинг олдини олиш ҳақида қандай маълумот бера оласиз?

АСОСИЙ ВА ҚЎШИМЧА АДАБИЁТЛАР

I. АСОСИЙ АДАБИЁТЛАР

1. И. Каримов, "Ўзбекистон буюк келажак сари", Т. «Ўзбекистон», 1998.
2. И. Каримов, "Ўзбекистон XXI асрга интилоқда", Т.1999.
3. Кудрявцев П. С. "История физики", М.1999.
4. Ахметов. "Общая и неорганическая химия".
5. Глинка Н. Л. "Общая химия".
6. Грин Н, Стаут У, Тэйлор Д. Биология, изд. «Мир», 1990 в 4х томах.
7. Вилли. "Общая биология". 1975.
8. Трофимова Т. И. "Курс физики".
9. Сивухин Д. В. "Общий курс физики". т 1-5, М.: Наука,1987-1990.
10. Ахмаджонов О. И. "Физика курси".1-3 т. Т.: «Ўқитувчи», 1988-1989.
11. Карпенков С. Х. "Основы современного естествознания". М. 1998.
12. Горелов А. А. Концепция современного естествознания". М. 1998.

II. ҚЎШИМЧА АДАБИЁТЛАР

1. Афанасьев Ю. "Мир живого системность эволюция и управления". М.1996.
2. Лопухин Ю. М. "О науке, творчестве и здоровье".М.1991.
3. Джон Орир."Физика". М.: «Мир». 1981.
4. Кл. Э. Суофц. "Необыкновенная физика обыкновенных явлений". Т 1, 2. М.: «Наука», 1986,1987.
5. Купер Л. "Физика для всех". т 1, 2.М.: «Мир», 1973, 1974.
6. Якушева А. Ф., Горшков П.П. "Общая геология". М. МГУ. 1988.
7. Пригожин И, Стенгерс И. "Порядок из хаоса." М.: «Прогресс», 1986.
8. Тўрақулов Ё. Х. "Молекуляр биология". Т.: «Ўзбекистон», 1993.
9. Панченков Г. М., Лебедев В. П. "Химическая кинетика и катализ". М. 1985.
10. Ландау Л. Д. ва бошқалар. "Физик жисмлар." Т.: «Ўқитувчи», 1982.
11. Ландау Л. Д ва бошқалар. "Молекулалар". Т.: «Ўқитувчи», 1987.
12. Камолхужаев Ш. М., Муҳаммеджонов М.А. "Лазерлар ва уларнинг қўлланиши". Т. 1999.
13. Камолходжаев Ш. М.,Талипова Ш.А. "Волновая оптика, квантовая оптика и физика твердого тела". Т. 1999.
14. Камолходжаев Ш. М. и др. "Электромагнитные колебания". Т. 1999.
15. Камолходжаев Ш. М. и др. "Электрическое и магнитное поля в вакууме и в среде". Т.1999.

МУНДАРИЖА

Сўз боши.	3
Кириш.	4
Табиий-илмий ва гуманитар маданиятлар.	5
Илмий методика.	8
Илмий революциялар ҳаракати ва табиати.	13
Табиатшуносликнинг ҳозирги замон концепцияси. Гуманитар маданият.	18
Фан ва илмий тадқиқот методлари.	19
Табиатшунослик фанларининг ривожланиш тарихи ва ҳозирги замон панорамаси.	19
Синов саволлари.	22

ТАБИАТ ТАВСИФИНING АСОСИЙ ЙЎНАЛИШЛАРИ

Астрономия фани ривожига Ўрта Осиё олимларининг қўшган ҳиссалари.	23
Коинотнинг тузилиши.	26
Қуёшнинг тузилиши.	35
Қуёш системасининг келиб чиқиши.	39
Юлдузларнинг асосий турлари.	41
Юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси.	43
Табиатдаги жараёнлар ривожланишининг табиий-илмий концепцияси.	44
Ривожланишнинг табиий-илмий концепциясининг мазмуни.	46
Фундаментал ўзаро таъсирлашувлар.	54
Материя, ҳаракат, фазо ва вақт концепцияси ҳақидаги тасаввурлар.	56
Ньютоннинг классик концепцияси.	62
Ньютоннинг иккинчи қонуни.	64
Ньютоннинг учинчи қонуни.	65
Нисбийлик принципи ва инвариантлик.	67
Умумий нисбийлик назарияси.	71
Фазо ва вақт хоссалари.	71

Макротизимларнинг статистик ва термодинамик хоссалари. Иссиқлик ҳодисаларининг ва макротизимлар тўғрисидаги тасавурларнинг ривожланиши.	74
Микротизимлар хоссаларининг термодинамик ва статистик тавсифи.	76
Термодинамика қонунлари.	83
Электромагнит концепцияси. Материянинг хусусиятини тавсифлашда майдон концепциясининг ривожланиши.	92
Электромагнит ўзаро таъсирлашув.	92
Яқиндан ва олисдан таъсирлашув.	93
Максвеллнинг электромагнит назариясининг мазмуни.	96
Ёруғлик ҳақидаги тасавурларнинг ривожланиши.	98
Электромагнит тўлқинлар шкаласи.	100
Ёруғлик корпускуляр-тўлқин хоссалари.	101
Ёруғликнинг квант табиати.	104
Атомлар ва уларни ядроларининг тузилиши. Узлуксиз – дискрет хоссалар концепцияси. Атом ҳақидаги тасавурларнинг ривожланиши.	107
Бор постулатлари.	111
Микрозарраларнинг корпускуляр-тўлқин хоссалари.	114
Ноаниқлик ва тўлдирувчилик принципи.	115
Микрожараёнларнинг эҳтимоллик тавсифи.	118
Сабабият ва мувофиқлик принципи.	121
Элементар зарралар.	122
Ҳақиқий элементар зарралар.	124
Атом ядросининг тузилиши.	127
Масса дефекти ва атом ядросининг боғланиш энергияси.	128
Радиоактивлик.	129
Ядровий реакциялар. Занжир ядровий реакциялари. Оғир ядроларнинг бўлиниши.	131
Термоядровий реакциялар.	133
Ҳозирги замон тезлатгичлари.	135
Структуравий таҳлил.	138
Синов саволлари.	139

**ТАБИАТНИНГ КИМЁВИЙ ТАВСИФИ ВА УНИНГ
МУАММОЛАРИ. КИМЁ ФАНИДА БИЛИШ
КОНЦЕПЦИЯСИ ВА УНИНГ УСУЛЛАРИ** 141

Кимёвий ва физик жараёнлар ва уларнинг қонуниятлари.	142
Кимёвий боғланишлар.	144

Кимёвий реакциялар ва уларнинг тезлиги.	145
Менделеевнинг даврий системаси ва табиатни урганиш- даги роли.	151
Синов саволлари.	153

БИОЛОГИЯ ФАНИНИНГ ПРЕДМЕТИ, СТРУКТУРАСИ ВА РИВОЖЛАНИШ БОСҚИЧЛАРИ 154

Материя таркибланишида биологик босқичларнинг ўзига хослиги.	157
Космик омилларнинг биосферага таъсири.	167
Молекуляр генетика ва биотехнология.	169
Ҳозирги замон биологиясининг тараққиёти ва унинг хавф-хатари.	172
Ноосфера ҳақида.	180
Синов саволлари.	181

ҲОЗИРГИ ЗАМОН ТЕХНОЛОГИЯСИ ВА ЭНЕРГЕТИКАСИ ТАРАҚҚИЁТИНИНГ ИЛМИЙ АСОСЛАРИ

Ҳозирги замон ахборот узатиш технологияси.	183
Микроэлектроника. Ярим ўтказгичлар. Ярим ўтказгич- ларнинг электр ўтказувчанлиги ва уларнинг ҳароратга боғлиқлиги.	186
Ярим ўтказгичларнинг аралашмали электр ўтказув- чанлиги.	188
Ярим ўтказгичли диодлар ва транзисторлар.	191
Ўта ўтказувчанлик ва унинг қўлланиши.	198
Юқори ҳароратли ўта ўтказгичларнинг очилиши.	205
Суюқ кристаллар ва уларнинг қўлланиши.	212
Смектиklar.	214
Матрицавий қурилмалар.	222
Электрон лугат ва суюқ кристалл телевизор.	224
Қаттиқ жисмли лазерлар.	226
Рубин (ёқут)ли лазерлар.	228
Неодим шиша лазер.	230
Иттрий алюминий гранат-неодим лазер. (ИАГ-лазер).	232
Газ лазерлари.	234
Лазер термоядро синтези (ЛТС).	237
Оптик алоқа.	244

Лазерларнинг қишлоқ хўжалигида қўлланилиши.	252
Голография.	255
Голограмманинг хусусиятлари.	260
Голограммани қайд қилувчи моддалар.	260
Голографияда қўлланиладиган ёруглик манбалари.	262
Голографиянинг қўлланилиши.	263
Акустика ва радиоголография.	265
Материалларга лазер нури билан ишлов бериш.	265
Лазер пайвандлаш.	272
Лазерларнинг тиббиётда қўлланилиши.	274
Даволаш ва лазер нурининг бошқа касалликларга қўлланилиши.	279
Лазер нурлари билан олиб борилаётган ишларнинг ривожланиши ҳамда бу нурларнинг турли соҳаларда қўлланиш истиқболлари.	281
Иқлимнинг ўзгариши ва инсон.	282
Атроф-муҳит иқтисоди.	289
Энергетика ва унинг муаммолари.	293
Қуёш нурланиш энергиясини фотоэлектрик усули билан электр энергиясига айлантириш.	298
Қуёш нурланишининг термодинамик айланишлари.	304
Қуёш энергиясини биоконверсиялаш.	307
Синов саволлари.	311
Маърузалар бўйича таянч сўзлар, синов саволлар.	313
Асосий ва қўшимча адабиётлар.	327

Ш. М. КАМОЛХУЖАЕВ

ТАБИАТШУНОСЛИК АСОСЛАРИ

Тошкент — «Молия» нашриёти — 2002

Муҳаррир
Техник муҳаррир
Мусаҳҳиҳ
Дизайн ва компьютерда
саҳифаловчи

М. Тожибоева
А. Мойдинов
М. Миркомилев
Н. Заитова

Босишга рухсат этилди 19.12.2002 й. Бичими 60x84 ¹/₁₆.
«TimesUZ» ҳарфида териблиб, офсет усулида босилди. Босма табоғи 20,75.
Нашриёт ҳисоб табоғи 19,7. Адади 5000. Буюртма №94.
Баҳоси шартнома асосида

«Молия» нашриёти, 700000, Тошкент, Якуб Колас кўчаси, 16-уй.
Шартнома №41-02.

Fan va texnologiyalar markazining bosmaxonasida chop etiladi.
Тошкент ш. Олмазор кўч. 171 уй.