

Р. БЕКЖОНОВ, Қ. ТЕШАБОЕВ

# КАШФИЁТЛАР ИЗЛАБ

Узбекистон ЛКСМ Марказий Комитети  
«ЁШ ГВАРДИЯ» нашриёти  
Тошкент — 1978

Ёшларга багишлиганга бу китобда муаллифлар физика фанининг ривожланиш босқичлари, элементар зарралар, макон ва замон проблемалари ҳамда оламнинг илмий физикавий манзарасини яратиш ҳақида ҳикоя қилишади.



б 20401—242  
356 [06]—78 40—78

© Издательство «Ёш гвардия» 1978 йил

## К И Р И Ш

Фалсафа билан табиат фанлари, жумладан, физика фани уз-вий боғлиқдир. Марксга қадар файласуфлар бу масалани түгри тушунтириб беролмасдан, фалсафани табиат фанларидан ажраттган ҳолда қараб, ҳатто уларни бир-бирига қарама-қарши қўйган эдилар. Гегель каби баъзи файласуфлар фалсафани «фанлар фани» деб ҳисоблар эдилар. Улар табиат фанларига, тажрибадан олинган натижаларга эътибор бермай, фақат фикр юритиш асосида бутун табиат қонунлари ва асосий принципларини келтириб чи-каришга уриндилар.

Баъзи аниқ фан олимлари фалсафа фанининг табиат фанларини ривожлантиришдаги аҳамиятини инкор этиб, «фан ўз-ўзига фалсафадир» деб ҳисобладилар ва назарий фикрлаш ролини кам-ситдилар. Улар кўз олдига келтирган фан турли гипотеза ва назариялар яратишдан маҳрум бўлиб, фақат фактларни, тажриба натижаларини шарҳлаш билан чегараланиши керак эди. Ҳолбуки тажриба натижаларини назарий жиҳатдан умумлаштириш ва актив фикр юритиш натижасидагина фанда революцион тўнтариш ясадади.

Диалектик материализм юқоридаги икки қаравини четга улоқтириб ташлаб, табиат фанлари билан фалсафа орасидаги органик бирлики очиб берди, уларнинг тарихий ривожланиши мобайнида бир-бирига таъсир этишини ва материалистик фалсафанинг табиат фанлари ривожланишига ёрдам беришини кўрсатди.

Табиат фанларидан бирни физикидир. Физика фани жонсиз табиатга хос бўлган материя ҳаракати ҳусусиятлари ва қонуниятларини ўрганади. У элементар зарралар, атомлар, молекулалар, макроскопик жисм ва турли космик системаларнинг ҳаракат қонунлари ва ҳусусиятларини ўрганиш билан шуғулланади.

Ишлаб чиқариш талаблари ортган, назарий ва экспериментал тадқиқот методлари такомиллашган сайин физика фанининг янги янги тармоқларга бўлиниши давом этиб келди ва этаверади. Фаннинг бундай тармоқланиши параллелизм, илмий текшириши ишлари тақрорланиши, илмий ходимлар дунёкашининг чекли бўлиб қолиши каби баъзи салбий натижаларга олиб келиши мумкин. Бундэй камчиликларни йўқотиш йўлида турли фан соҳалари, уларнинг назарий ва экспериментал методлари қўшилиб астрофизика химиявий физика, биофизика, биохимия, геохимия, кибернетика ва шунга ўхшаш бир неча янги фанлар вужудга келди. Фанда юз берастган бундай синтезланиш сабаби табиатда учрайдиган ҳамма ҳодисаларда ҳаракат қонунларининг умумий эканлигидadir. Диалектик материализм эса худди мана шу умумийлик, ҳаракат ва ривожланишнинг универсал қонунларини ўрганиш билан аниқ

ва ижтимоий фанлардаги тараққиётнинг давом этишига имконият яратиб беради.

Айниқса, оламнинг физикавий илмий манзарасини яратишда фалсафанинг аҳамияти каттадир. Оламнинг илмий манзараси деганда катта умумийликка эга бўлган қонунларга асосланган ва тажрибада тасдиqlangan олам тузилиши ҳақидаги билимларимиз мажмую назарда тутилади. Оламнинг тузилиши ҳақидаги билимларнинг ортиши натижасида Демокрит ва Эпикур яратган олам тузилишининг илмий манзараси Ньютон механикаси қонунларига асосланган механизмистик манзара билан алмашди. Сўнг Максвелл ва Лоренс яратган электромагнит ва электрон назарияси асосида оламнинг электромагнит манзараси юзага келди. Ҳозир эса квант, нисбийлик назарияси ва космология ютуқларига асосланган ҳолда оламнинг квант релятивистик илмий манзараси яратилган. Оламнинг илмий манзарасини яратишида фалсафанинг аҳамияти шундан иборатки, материянинг сақланиш қонуни ва унинг масса, энергия, ҳаракат миқдори, заряд каби энг муҳим хусусиятлари, материянинг атомистик назарияси, унинг дискретлиги ва узлуксизлиги ҳақидаги ғоянинг бирлиги, макон ва замон тушунчаларининг бир-бира билан чамбарчас боғлиқлиги, олам чексизлиги ва шу каби асосий тушунчалар проблемасини аввало фалсафа фани ўргатга ташлаған.

Объектив олам қонунларини ва хусусиятларини ўрганишда фалсафа билан табиатшунослик методлари бирмунча фарқланади. Табиатшунослик фани тажрибадан, кузатишдан олинган натижаларни умумлаштириб назарий хulosалар келтириб чиқаради. Фалсафа фани ҳам ўз хulosаларни тажриба натижалари асосида яратиши мумкин. Лекин у кўпроқ табиатшунослик фанларида яратилган назарий билимларни умумлаштириш йўли билан факат маълум фан учунгина эмас, балки барча фанлар учун татбиқ этилувчи энг умумий қонун ва принципларни, ҳамма мутахассислар учун бир хил қийматга эга бўлгэн мустақил назарияни яратиб беради. Олам тузилишининг умумий принципларини билиш, унинг умумий ривожланиш қонунларидан фойдаланиш фанни шунчалик илгари суришга ёрдам берадики, бу ўша фанда қилинган баъзи конкрет кашфиётлар аҳамиятидан ҳам муҳимроқ бўлади.

Маълумки, олам тузилишининг физикавий манзарасини яратиш ҳозирги замон физикасининг марказий масалаларидан бири бўлиб дисобланади. Оламнинг физикавий манзараси физика ва бошқа табииёт фанлари асосида яратилади. Илгари бу тўғридан-тўғри фалсафа фанининг вазифасига кирган бўлса, ҳозир энг аввало физика фани турли ҳодиса ва қонуниятларни тушунтириш учун керакли назария ва тушунчалар яратади ва лозим бўлса улардан воз keчади. Пировардида у оламнинг илмий физикавий манзарасини яратади.

## ФИЗИКА ФАНИНИНГ АСОСИЙ РИВОЖЛАНИШ БОСҚИЧЛАРИ

### 1-§. Физика фанининг ривожланиш тарихидан

Физика фани — ҳозирги замон фанларининг етакчилиси, техник ривожланишнинг асоси. Ўнинг тадқиқот қилиш методлари, экспериментал базаси, назария ва қонунлари химия, биология, астрономия, геология, медицина ва бошқа фанларда кенг қўлланилади. Физиканинг тез ривожланиши ҳамма табиат фанларининг ривожланишига прогрессив таъсир этди, олимлар ва файласуфлар онгида кескин ўзгаришлар содир бўлпшига олиб келди.

Бу фан табиат диалектикасини яққол очиб берди. Бизни ўраб олган жисмлар ва ҳодисалар, чексиз коинот оламидаги катта космик жисмлар, мураккаб системалардан тортиб, элементар зарралар микродунёсида бўладиган ҳодиса ва қонунлар физика фани туфаили бизга аён бўлди. Ҳамма ҳодисаларнинг узвий боғланган бўлиши, жисм хусусиятларининг турли-туманлиги, ривожланишнинг чексиз эканлиги маълум бўлди.

Бугунги кунда физика фани жуда мураккаб ва муҳим масалаларни ҳал қилмоқда. Космосга учишнинг назарий асослари, ҳисоблари ва уни амалга оширишдан тортиб атом энергиясидан тинчлик мақсадларда, ишлаб чиқаришда фойдаланишга қадар турли муҳим масалаларни ҳал қилиш билан шуғулланмоқда. Ўяқин кела жакда янги энергия манбаларини топиш, иссиқлик, яд-

ро ва қүёш энергияларин түгридан-түгри электр энергиясига айлантириш, термоядро реакциясини бошқариш каби проблемаларни ҳал қилиш билан шуғулланади.

Бу фаннинг ривожланиш тарихига назар ташлар эканмиз, унинг вужудга келган вақтини аниқлаш қийин. Бизга фақат бу фанда шиддатли ривожланиш даврлари, фанга асос солинган, муҳим назариялар яратилган ва асосий қонунлар кашф этилган даврларгина яхши маълум. Бундай даврдан энг қадимгиси бизнинг эрамизга қадар VII—V асрлардаги грек цивилизациясининг гуллаш давридир.

Бу даврларда греклар адабиёт, фалсафа, архитектура, геометрия соҳасида ажойиб асарлар яратди. Физика соҳасида улар биринчи қонунларни таърифлаб беришга, биринчи назарияларни яратишга уриндилар. Лекин улар физика соҳасида адабиёт соҳасида яратилган «Одиссея», «Илиада», геометрия соҳасидаги Эвклидинг «Геометрия»си каби ажойиб асарлар яратиш даражасига кўтарилиши мумкин эмас эди, албатта. Чунки улар табиат қонунларини ўрганишда турли тажрибалар ўтказиш зарурлигини тушунмаган эдилар, тушунган тақдирда ҳам ўша вақтда керакли тажрибаларни амалда ўтказа олмаган бўлар эди. Шунинг учун ҳатто Демокрит, Эпикур каби олимларнинг тўғри материалистик идеялари гениал фараз бўлибгина қолди.

Уша вақтдаги баъзи қарашлар фақат хаёлий, уйдирмагина бўлиб қолди. Масалан, оптика билан қизиқсан Пифагор кўриш — сезишнинг қандайдир кўриниши деб қараб, кўздан юборилган нурларнинг жисмларни пайпаслаши натижасида ҳосил бўлади, деб ҳисоблади.

Қадимги дунё генийси Аристотель эса Ер ҳаракатсиз, у Коинот маркази бўлиб, унинг атрофида 46 планета осмонга маҳкамланиб жойлашган ва улар Ер атрофига айланади, деб таъкидлади. У яна классик механиканинг вужудга келишига қадар ўрта аср физикасининг асоси бўлиб келган ҳаракатнинг табиати ҳақидаги

баъзи хато фикрларни асослаб берган эди. Масалан, Аристотель осмон жисмларининг «мукаммал» ҳаракати Ердаги «мукаммал бўлмаган» ҳаракатлардан фарқланади, жисмлар ўзларининг «табиий ўринларини» олишга интилади ва ҳаракат жисмга кучнинг узлуксиз таъсири натижасида бўлади, деган нотўғри фикрларни илгари сурди.

Антик табиатшуносликни ривожланиш чўққисига кўтарган Архимед ўз замондошларидан фарқли равища экспериментал методни қўллаб, физика фанида бир неча янгиликларни кашф этди. У биринчи бўлиб ричаг қоидасини ва унипл елкаларига таъсири этаётган кучлар орасидаги муносабатни аниқлади.

Физика фанининг бошқа бир ривожланиш даври XVI аср охири ва XVII асрга тўғри келади. Бу даврда турли умумий принциплар аниқланди, қонунлар кашф этилди, янги асбоблар яратилди. Кузатиш ва тажриба натижаларига асосланиб Коперник, Галилей, Кеплер ва Ньютон классик механика асосларини ишлаб чиқдилар.

Архимеддан сўнг физиканинг ривожланиши энг талантли, тадқиқот соҳасида тенги йўқ Г. Галилей (1564—1642) номи билан боғлиқ. Галилей ўз ҳаётининг бошида Аристотель гоялари таъсирида бўлди. У Аристотель фикрларининг тўғри-нотўғрилигини тажрибада текшириб кўришга ҳаракат қилди. Лекин Аристотелнинг фикрлари тажрибада тасдиқланмади. Шундан сўнг Галилей табиат ҳодисаларини тушунтириш учун табиатнинг ўзига мурожаат қилди. Табиат ҳодисаларини синчиклаб ўрганиши натижасида у Аристотель таълимотига қарши чиқди. Бу ишлари учун Галилей инквизиция томонидан суд жавобгарлигига тортилди.

Галилей янги замон физикасининг асосчиси сифатида муҳим қашфиётлар яратигина қолмай, аниқ тадқиқот методларини ишлаб чиқди. У табиат ҳодисаларини илмий тадқиқ этишда кузатишга, тажрибага асосланди ва тажриба натижаларини миқдорий ҳисоблаш йўли

билин математик формулалар асосида тушунтириб беришга уринди. Бу эса тадқиқотнинг характерини ва тезлигини бутунлай ўзгаририб юборди, илмий текширишларни мустаҳкам математик ҳисоблар асосида ўтказиш, миқдорий қонунлар яратиш имконини берди.

Галилей физиканинг кучлар таъсирида юзага келувчи ҳаракатларни ва ҳаракатни ўзгарирувчи кучларни ўрганадиган механика қисмига тегишли динамика бўлимини яратди. У кинематиканинг фундаментал тушунчалари бўлган тезлик, тезланиш каби физикавий катталикларни таърифлаб берди; жисмларининг эркин тушиш қонунини аниқлади, ҳаракатнинг нисбийлиги ва механиканинг фундаментал принципи бўлган инерция принципи ҳақидаги фикрни илгари сурди.

Галилей биринчи бўлиб телескопни яратди ва унинг ёрдамида осмон жисмларини кузатиб, ўша вақтда кишиларни ҳайратда қолдирган кашfiётлар яратди. У кўз билан кўриб бўлмайдиган жуда кўп юлдузлар мавжудлигини, Сомон йўли катта юлдузлар тўпламидан иборат эканлигини аниқлади. Ойда тоғлар мавжудлигини, Юпитернинг тўртта йўлдоши борлигини, Венера фазасини, Қуёшдаги доғларни ва унинг айланишини кашф қилди. Ўз кузатишларидан олинган фактлар асосида Галилей Аристотелнинг «идеал сфералари»ни барбод этди ва диний дормаларни йўқقا чиқарди. Галилей черков томонидан куйдирилган Коперникнинг гелиоцентрик системасиning тасдиқланишига ёрдам берди.

Галилейнинг замондоши буюк немис астрономи И. Кеплер (1572—1630) ўзининг ва Дания астрономия Тихо Браге (1546—1601)нинг кузатиш материалларига асосланиб, саёнсалар ҳаракати қонунини таърифлаб берди. Бу қонунларга асосан Қуёш планеталар системасининг марказида жойлашганлиги аниқланди. Шунингдек, поляк Н. Коперник (1473—1543) айтган планеталарнинг доиравий орбиталар бўйлаб текис ҳаракат қилиши ҳақидаги фикри потўфири эканлиги аниқланди

ва шундай қилиб, гелиоцентрик дүнәқарааш тасдиқла-  
нибина қолмай, янада ривожлантирилди. Лекин Гали-  
лей ва Кеплер Ердаги ва осмондаги жисмлар ҳарака-  
тиниң фәқат эмпирік қондаларинигина яратдилар.  
Уларнинг физик маъноси, сабаби, таъсир этувчи кучлар  
табиати номаълум бўлиб қола берди. Бу ҳодисаларни  
назарий жиҳатдан асослаб бериш зарур эди.

Бу масалани буюк табиатшинос Исаак Ньютоны (1643—1727) ҳал қилди. Ньютон 1687 йилда ёзган ўзининг «Натурал фалсафанинг математик асослари» асарида Галилей, Кеплер, Гюйгенс ва ўз кузатиш натижаларини умумлаштириб, классик механиканинг асосий ту-  
шунча ва принциплари бўлган инерция, тезланишининг жисмга таъсир этәётган кучга пропорционаллиги ҳақи-  
даги ва таъсир — акс таъсирларнинг tengлиги қонунла-  
рини таърифлаб берди.

Ньютон ўз асарида бутун олам тортишини қонунини баён этди ва тортишини қонунишининг математик ифодасини яратди. У тортишини универсал ҳарактерга эга деб, яъни ҳамма жисмларга, жумладан, осмон жисмларига ҳам тааллуқли, деб ҳисоблади. У бутун олам тортишини қонунига асоссан планеталарга таъсир этувчи ва уларнинг тартибли ҳаракатини бошқарувчи куч билан Ернинг тортиш кучи айнан бир эканлигини исбот этди ва гравитация материалиниң умумий хусусияти эканлиги ҳа-  
қида хулоса чиқарди.

Ньютон маълум бир вақт моментида сайёralар ҳо-  
лати, тезлиги ва улар орасидаги таъсир куч аниқ бўл-  
са, уларнинг истаган вақтдаги ҳолатини ҳисоблаб топиш  
математик методини ишлаб чиқди. Шулар асосида Қуёш  
ва Ойнинг тутилиш вақтларини катта аниқликда айтиб  
бериш мумкин бўлди.

Ньютон классик механикаси қонунларига асосла-  
ниб, Қуёшдан жуда узоқда жойлашган ва шунинг учун  
ҳам кам ёритилувчи Нептун планетасининг топилиши  
детерминизм дуёқарашининг (табиат ва жамиятдаги

ҳамма ҳодисаларнинг, шу жумладан, киши иродаси ва ҳулқ-авторининг қонуниятлари ҳамда уларнинг бир-бираiga сабаб бўлиши ҳақидаги таълимот) зўр тантанаси бўлди. 1845 йили француз астрономи Леверье (1811—1877) Ньютон методидан фойдаланиб, Нептун планетасининг фазодаги ўрнини математик ҳисоблаш йўли билан аниқ айтиб берган эди. Немис астрономи Иоганн Галле (1812—1910) ҳақиқатан ҳам фазонинг ўша ерида янги планета борлигини кузатди.

Ньютон яратган ва классик механикага асосланган оламнинг ягона физикавий манзараси ҳеч қандай ўзгаришсиз XIX аср охирига қадар мавжуд бўлиб келди. Шунинг билан бирга Ньютонни «биринчи туртки» идеясини яратишга олиб келган жисмларнинг сингдирмаслиги ва инертилиги, массанинг тезликка боғлиқ бўлмаслиги, абсолют макон ва абсолют замоннинг материяга тааллуқсиз равиша мавжуд бўлиши каби унинг нотўғри фикрлари ҳам кенг тарқалди.

XIX асрда физиканинг муҳим тармоғи бўлган электр ҳақидаги таълимот муваффақиятли ривожланди. Электромагнит майдон назарияси яратилди, ёруғликнинг электромагнит табиати аниқланди. Ўша аср ўрталарида ҳозирги замон табиатшунослик фанининг негизи бўлган энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни кашф этилди. Бу қонун ҳамма физикавий процесслар бирлиги ҳақидаги дунёқараш асосини ташкил этди ва табиатни диалектик материализм нуқтаи назаридан тушунтиришда катта роль ўйнади. Шунингдек, XIX асрда молекуляр кинетик таълимот ва термодинамика тараққий этди ва шу аср охирига бориб физика фани ўз ривожланишининг ниҳоясига етгандек бўлиб қолди.

Бироқ, XX аср бошларida физика фани шиддатли ривожланиб, катта ўзгариш ясади. Нисбийлик назарияси ва квант механикасининг яратилиши физика фанида янги даврни очиб берди, яъни материянинг тузилиши ҳақидаги фикр ва билимларни бутунлай ўзгартириб

юборди ва микродунёда бўладиган ҳодисалар мутлақо бошقا хусусиятга эга бўлиб, мураккаб қонуниятларга бўйсунишини кўрсатди.

## **2-§. Материя тузилиши ҳақида атомистик дунёқарашнинг ривожланиши**

Материя тузилиши ҳақидаги ҳозирги замон таълимотининг асосини ташкил этувчи кўп фоялар қадимги дунёда пайдо бўлган. Албатта, бу фоялар ҳозирги замон материя тузилиши ҳақидаги таълимотдан анча фарқ қилиб, содда бўлган.

Эрамиздан бир неча аср илгари мисрлик ва ҳиндистонликлар ҳамма табиат ҳодисаларининг ягона моддий асосга эга эканлиги ҳақидаги масалани ҳал этишга уринганлар. Масалан, қадимги мисрликлар ҳамма жисмлар сувдан вужудга келган ва ҳаво ҳамма жисмлар таркибига киради, деган содда тасаввурга эга бўлганлар. Ҳинд материалистик таълимотига асосан эса, дунёда учрайдиган ҳамма жисм ва нарсалар, жумладан, одам организми ҳам ўт (олов), ҳаво, сув ва тупроқдан иборат. Бу таълимотга асосан онг шу тўрт элементнинг қулай шароитда вақтинча ва ўзгарувчан бирикмасидан ташкил топади, деб ҳисобланади. Қадимги Греция олимлари Эмпедокл, Фалес, Анаксимен ва Гераклитлар ҳам дунё шу тўрт элементдан тузилган, деб ҳисоблайдилар.

Эрамизга қадар V—IV асрларда яшаган Левкипп ва Демокрит модда тузилишининг атомистик характеристерга эга эканлиги ҳақидаги таълимотни илгари сурдилар. Эпикур ва Лукреций эса шу таълимотни ривожлантиридилар. Атомистик таълимот асосчилари материя турлари ва хусусиятларини маълум элементар объектив хусусиятлар ва қонуниятлар асосида тушутиришга ҳаракат қилдилар. Бу таълимот ривожланишининг бошида юқоридаги элементар хусусиятлар геометрик ва механистик характеристерга эга эканлигини кўрсатишга уринилди. Масалан, Демокрит ҳамма жисмлар атомлар (бўлинмас зарра)дан ташкил топган деб ҳисоблади. Демо-

крит фикрича, атом маълум шакл ва катталикка ҳамда ҳаракат хусусиятига эга. Демокрит жисмларнинг хилманинг атомларнинг шаклидаги фарқ ва улар миқдорининг турли бўлиши билан тушунтириди ва табиатда юз бсрувчи ҳамма ҳодисалар ўша бўлнинас атомларнинг механик ҳаракати натижаси, деб таъкидлади.

Аристотель ўз натурфалсафий таълимотида моддий оламнинг объективлигига асосланиб, бутун борлиқ асосини ташкил этувчи «бирламчи материя» йўқолмаслик ва айланиш (ўзгариш) хусусиятига эга эканлигини эътироф этди. Аристотель «бирламчи материя»га «бирламчи сифат» хос бўлиб, у икки жуфт қарама-қаршиликни: иссиқ ва совуқ ҳамда қуруқлик ва намликини ҳосил этади, деб ҳисоблади. Дунёда бўладиган ҳамма ўзгаришлар мана шу қарама-қарши бўлган бирламчи сифатларнинг кураши натижасида рўй беради, деб таъкидлади. Юқорида айтилган дунёнинг тўрт элементи — ўт, ҳаво, сув ва тупроқ Аристотель фикрича маълум пропорцияда олинган бирламчи сифатлардан ҳосил қилинади. Дунё элементлари ҳақидаги натурфалсафий таълимотнинг асосий мазмуни табиатда учрайдиган турли ҳодисаларни материянинг баъзи асосий сифатлари асосида тушунтиришдан ватабиатда бўлаётган ўзгаришлар, ўша бирламчи сифатларнинг ўзаро айланиши ва маълум пропорцияда бирлашиши асосида бўлишини эътироф этишдан иборат эди.

Юқорнагилардан кўринадики, материя ҳақидаги дастлабки таълимит атомистик характерда бўлмаса ҳам содда материалистик асосига эга эди. Лекин Аристотелнинг прогрессив ва материалистик таълимоти атомистик назария яратилгандан кейин ўзининг материалистик асосидан маҳрум бўла бошлади, чунки у ҳодисаларни фақат киши сезгилари нуқтаи назаридангина анализ қилишдан нарига ўтмаган эди.

Қадимги дунё атомистик таълимотига кўра атом ўзгармас ҳисобланди ва атом бўшлиқнинг қарама-қарши-

сидир, деб қаралди. Атомнинг биринчи хусусиятига биноан материянинг ўқолмаслнига ва яратилиши мумкин эмаслиги ҳақидаги хулоса келиб чиқади, лекин атомнинг ўзгариш сабаблари ҳақидаги савоннинг қўйилишига ҳам ўрин қолмайди. Атомнинг иккинчи хусусияти эса, макон ва ҳаракатнинг объектив характерга эга эканлигини таъкидлайди ва XX аср бошларигача бўлган физикага хос макон ва замон ҳақидаги метафизик қарашни акс эттиради.

Атомистик дунёқараш ривожланишининг навбатдаги этапп назарий ва амалий механиканинг эришган муваффақиятлари билан боғланади.

Ер ва осмон жисмларининг механик ҳаракати қонуларининг ўрганилиши натижасида эришилган ютуқлар амалда текширилиб ва техникада қўлланилибгина қолмай XVII ва айниқса, XVIII асрда механистик дунёқарашнинг ривожланишига сабаб бўлди. Бу дунёқарашга асосан ҳамма ўзгаришлар, жисмларнинг ҳаракати ва ҳолатларининг ўзгариши механик ҳаракат натижасидир, деб қаралди. Худди мана шу даврда куч ва масса тушунчаси, ҳаракат миқдори, масса ва ҳаракатнинг сақланиши ҳақидаги тасавурлар пайдо бўлди.

Лекин механика ютуқлари диалектик нуқтаи назардан талқин этилмай фанда механистик дунёқарашнинг тарқалишига олиб келди. Бу эса ўша механистик дунёқараш ҳукм сурган даврдаги атомистик дунёқарашнинг метафизик характерга эга бўлишига сабаб бўлди. Бу метафизик атомистик дунёқарашнинг Демокрит таълимотидан фарқи кам бўлиб, унда ҳеч қандай ўзгариш имкониятига эга бўлмаган ва чексиз механик ҳаракатда бўлувчи корпускула ҳақида ҳам сўз юритилади. Шунингдек, бу таълимотда Лаплас таърифлаб берган механистик детерминизм ҳукмронлик қилди. Бу давр атомистик дунёқарашининг Демокрит атомистик таълимотидан фарқи шундан иборат эдики, жисмларда бўладиган ҳар қандай ўзгаришни Демокрит турли миқдорда-

ги, ҳар хил катталик ва шаклга эга бўлган атомларнинг араласиши билан тушунтирган бўлса, ўша давр атомистик дунёқарашида эса жисмлар атомлари орасида маълум таъсир бўлади, деб таъкидланади. Атомлар орасида таъсир кучлар мавжудлиги ва унинг натижасида молекулаларнинг ўзаро тортишиши ҳақидаги тушунчадан фойдаланиб Декарт ва сўнгра Ломоносов жисмларнинг бир агрегат ҳолатдан бошқа агрегат ҳолатга ўтишини тушунтириди.

Ўз олдига оламнинг илмий, асосланган механистик манзарасини яратишни максад қилиб қўйган Декарт кўлам (ўлчам) — жисм моддийлигининг ягона аломати, механик силжиш ва яқин таъсир ҳаракатнинг ва ўша ҳаракат узатилишининг якка ягона шаклидир, деб ҳисоблади. Бу тушунчага асосан таъсирнинг асосий кўриниши икки жисмнинг эластик урилиши бўлади. Макро-жисмларга ўтганда, ҳамма кўзга кўриниарли ўзгаришлар материянинг майда зарралари орасида бўлувчи кўп миқдордаги тўқнашишлар натижаси бўлган босим таъсирида бўлади.

Декарт турли жисмлар орасида бўлувчи таъсир ва ҳаракат узатилишини тушунтириш учун эфир гипотезасидан фойдаланди. Эфир — жисмлар орасини тўлдирувчи ва узлуксиз қуюнсимон ҳаракатдаги жуда майда зарралардан иборат, деб ҳисобланди. Физика фанида эфир тушунчаси бир неча асрлар давомида таъсир узатувчи муҳит сифатида қаралиб келди. Ҳатто электромагнит майдон ҳам эфир орқали узатилади, деб ҳисобланди. Бундай яқин таъсир таълимотини ёруғлик ҳодисаларига ҳам татбиқ этиб, Декарт бўш фазони бутунлай инкор этди. Лекин бу концепция механистик ҳодисалардан фарқланувчи, масалан, электр ва магнитизм масалаларини тушунтиришда ожизлик қилди.

Декартга қарама-қарши ўлароқ, Ньютон эфир тушунчасидан воз кечди, чунки эфирнинг мавжудлиги ва унинг хусусиятлари ҳақида ҳеч қандай маълумот йўқ

Эди. Ньютон моддий жисмлар ҳаракати масаласими тортишиш кучининг табиатига эътибор бермаган ҳолда ва жисмларни ўзига хос куч марказлари деб қараб ҳал этди.

Ньютон тарафдорлари ҳар қандай моддий жисм ва зарралар орасида узоқ таъсир мавжуд деган фикрга асосланиб ва тортишиш моддий ҳарактерга эга бўлмаган нарса деб қараб, таъсирнинг узатилишини моддий зарралар ҳаракати билан тушунтироқчи бўлган Декарт тарафдорларини танқид қилдилар.

Ньютон механикасини турли ҳодисаларга татбиқ қилишда эришилган муваффақиятлар механика тушунчаларини қонунлаштиришга олиб келди. Масалан, Ньютон тарафдорлари кучни материядан ташқарида бўлган нарса деб ҳисоблаб, ҳаракат манбанин моддий оламдан ташқарида қидира бошладилар. Ўша вақтда ҳамма олимлар ҳам бу дунёқарашни маъқулламадилар. Масалан, М. В. Ломоносов материалистик позицияда турди. Ломоносов 1740—1760 йилларда яратган қатор асарларida корпускуляр концепцияни ёқлаб, табиат ҳодисаларини кўзга кўринмас майда зарраларнинг ҳаракати ва ўзаро таъсири билан тушунтиришни ўз олдига мақсад қилиб қўйди.

Ломоносов ўз таълимотида материя ва ҳаракатнинг узвий боғлиқлигини, атом катталиги (кўлами) уларнинг моддийлик хусусиятларидан бири эканлигини ва бўш фазонинг йўқлиги ҳақидаги фикрни тарғиб этди.

Атомистик дунёқарашнинг кейинги ривожланиш даври химия фанининг ютуқлари ва ривожланиши билан боғланди. Д. И. Менделеев томонидан элементлар даврий қонунининг кашф этилиши химия фанини ривожланиш чўққисига кўтарди. Химиянинг асосий қонунлари, айниқса, даврий қонунининг қарор топиши, атом тузилиши ҳақидаги гипотезанинг мустаҳкамланишига ва атомнинг иккита миқдорий ҳарактеристикаси бўлган валентлик ва атом оғирлик тушунчаларининг яратилишига олиб келди.

Элементлар даврий қонунининг кашф этилиши маълум бўлган элементларнинг химиявий хусусиятлари орасидаги боғланишни кўрсатди ва илгари маълум бўлмаган қатор элементларнинг хусусиятларини олдиндан айтиб бериш имкониятини яратди.

Д. И. Менделеев атомлар бўлшиши ва турли атомлар бир-бирига айланиши мумкинлиги ҳақидаги фикрга ишонди: «...химиявий элементлар даврий қонунининг кашф этилишида қатнашувчи сифатида элементларнинг бир-бирига айланишини нисботловчӣ маълумотларнинг яратилишига гувоҳ бўлиш мен учун жуда қизиқарли бўлар эди, чунки, у ҳолда мен даврий қопун сабабининг аниқланиши ва тушунарли бўлишига ишонган бўлар эдим», деб ёзди у.

Д. И. Менделеев, шунингдек, химиявий ҳодисаларни фақат механик ҳаракат билан тушунтириш мумкин эмаслигини ва атомлар орасидаги таъсир процессларини билмоқ учун атомлар орасидаги муҳит («эфир») да бўладиган ҳодисаларни ўрганиш зарурлигини таъкидлади.

Атомларнинг химиявий хусусиятлари қонуниятларининг кашф этилиши атомистик дунёқарашнинг кўп асрли ривожланиш даврини якунлади ва атом тузилишини ўрганишга замин ҳозирлаб, янги даврни бошлаб берди.

Атомистик дунёқарашнинг ривожланишида иссиқлик ҳақидаги таълимот алоҳида ўрин тутади.

Иссиқликнинг механик ҳаракатга айланишининг кашф этилиши, буг машиналарининг яратилиши, илгаридан маълум бўлган механик ҳаракатнинг бир кўрининши эканлигини ва турли ҳаракатларнинг бир-бирига айланиши мумкинлигини кўрсатди. Иссиқлик материя ҳаракатининг шакли эканлигини ўрганишда фан Ф. Бэкон ва Декарт кўрсатиб берган йўлдан тараққий этди.

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев. Танланган асаларлар, 2-том, 1934, 440-бет.

Жоуль, Клаузиус, Максвелл ва Больцман каби физик олимлар ўз ишларидаги материянинг кинетик назарияси асосларини ривожлантирилди. Газ ҳолатини аниқлаш учун катта миқдордаги молекулалар мажмумининг ҳаракатини характерловчи статистик катталиклардан фойдаланиш зарурлиги маълум бўлди. Газ ҳолатлари билан шу статистик катталиклар орасидаги боғланиш қонуниятлари очилди. Мана шу қонуниятларини ўрганишда Максвелл, Больцман, Гиббс ва бошқалар газларнинг ва конденсирланган мұхит хусусиятларини ўрганиувчи, статистик физика деб аталувчи физикияниг алоҳида соҳасини яратдилар. Эҳтимоллиги энг катта бўлған статистик ҳолатлардан чекланиш — флюктуацияни ўрганиш мұхим роль ўйнади. Жисмларни ташкил этувчи зарраларнинг иссиқлик ҳаракати ҳақидаги фикрнинг илмий ривожланиши ва нафис математик назария — газ ва иссиқлик кинетик назариясининг яратилиши модда тузилиши ҳақидаги ҳозирги замон фанининг энг мұхим ривожланиш этиши бўлди. Бу этапнинг мұхим аҳамияти шундан піборатки, модда ҳақидаги фанга статистик концепция киритилди. Статистик қонуниятлар математик ифодалар билан асосланди ва тааницатдаги фундаментал қонуниятлар аҳамиятига эга бўлди.

Бу соҳада Больцман ишларининг аҳамиятини алоҳида таъкиндлаб ўтиш зарур. Больцман ғоясининг асоси қўйидаги фикр билан ифодаланади: макроскопик жисм энг катта эҳтимоллик билан шундай ҳолатда бўладиши, уни шу жисмни ташкил этган зарралар ҳолатларининг энг кўп сонли турли комбинацияларидан ҳосил қилиш мумкни. Шунга кўра ҳолат эҳтимоллигининг статистик тушунчаси билан ҳаракат тартиблилигининг ўлчови бўлиб хизмат этувчи ва жисмнинг мувозанат ҳолатга яқинлигини аниқлашга имкон берувчи термодинамиканинг энтропия тушунчаси орасидаги боғланиш аниқланади. Бу боғланишнинг очиб берилиши



материя кинетик назариясининг катта ютуғи бўлди. Чунки унга асосан ўз-ўзига қўйиб берилган жисм ҳолатларининг қандай йўналишда ўзгаришини кўрсатувчи термодинамиканинг иккинчи асоси (қонуни)ни статистик ва демак, атомистик нуқтаи назардан тушунтириш мумкин бўлди. Бу идея Больцманга «флюктуацион гипотеза» деб аталган таълимотни яратишга имкон берди ва у олам маълум бир вақтда «яратилган», оламнинг «иссиқлик ҳалокати» муқаррар деб ҳисобловчи идеалистларга қарши курашда катта роль ўйнади. Больцман иссиқ ўтказувчаник тенгламасини анализ қилиб, унинг узлуксиз ечими атомистик дискрет реал структурадан узлуксиз муҳит ҳолатига чегаравий ўтишдагина ҳосил бўлишини кўрсатди ва дифференциал тенгламалар ёрдами билан атомистик қарашдан қутулмоқчи бўлганлар ишнинг моҳиятини кўрмаятилар, деб ҳисоблади. Шундай қилиб, Больцман олам маизарасининг атомистик характерга эга эканлигига ҳеч иккиланиш керак эмас, деган фикрни тарғиб этди.

Статистик физика термодинамика қонунларини ва иссиқлик ҳақидаги таълимотни тушунтириб берди ва статистик қонуниятлар асосида уларнинг қўлланиш соҳаларини ва четланиш (флюктуация) шартларини кўрсатиб берди. Статистик қонуниятлар асосида ҳар қандай конкрет ҳолда кўрилаётган жисмнинг ёки жисмлар системасининг босим, температура каби макроскопик катталикларининг ўртача қийматини аниқлаш мумкин. Яъни, статистик физика шундай назариялар мажмуидан иборатки, у жисмни ташкил этувчи зарраларнинг механик ҳаракат қонунларига асосланган ҳолда статистик ифодалардан фойдаланиб, термодинамик катталикларни аниқлашга имкон беради.

Статистик физика жисм узлуксиз ва яхлит деб ҳисбланувчи нуқтаи назар асосида тушунтириб бериш мумкин бўлмаган қатор табиат ҳодисаларини ойдинлаштириб берди. Бу эса, айрим атом ва улар орасида-

ги таъсирларни тажрибада ўрганиш имкони туғилгунга қадар иссиқликнинг кинетик назарияси, материянинг кинетик назарияси ва материянинг атомистик концепциясининг тўла ғалаба қозонишига олиб келди.

Кўп асрлар давомида эфир масаласи модда тузилиши проблемасининг асосий масалаларидан бири бўлиб келди. Эфирнинг бор-йўқлигини аниқлаш ёруғлик табиатини ўрганиш билан боғланди. Декарт таълимотини давом эттирувчилар, жумладан, Гюйгенс ҳам ёруғлик эфирда тарқалувчи тўлқин ҳаракатдан иборат, деб ҳисобладилар.

Эфир гипотезасига қарши бўлган Ньютон эса ёруғлик — фазода тўғри чизиқ бўйлаб тарқалувчи корпускулалар (майда зарралар) оқимидан иборат, деб ҳисоблади. Ньютон механикасининг муваффақиятлари ва геометрик оптика тўплаган ёруғликнинг тўлқин хусусиятини акс эттиrmайдиган тажриба натижалари ёруғликнинг корпускуляр концепциясининг ривожланишига олиб келди. Ломоносов ва Эйлер ёруғликнинг тўлқин назарияси тарафдорлари жумласидан эдилар. Ньютон таълимоти ва узоқ таъсир тушунчаси физика фанида мустаҳкам ўрин ола борди. Фақат XIX асрда Юнг ва Френель ёруғлик тўлқин назариясининг асосларини яратгандан ва Фарадей электромагнит индукция ҳодисасини кашф этгандан сўнг жисмларнинг узоқ таъсир қобилияти шубҳа остига олина бошланди. Фарадей узоқ таъсир концепсиясига кескин қарши чиқди ва таъсир фақат оралиқ муҳит орқалигина узатилади, деб ҳисоблади. Ньютон тарафдорлари бўшлиқ деб ҳисоблаган фазода ҳам маълум муҳит бўлиши керак, деб таъкидлади. Чунки Фарадей электромагнит индукциясини ўрганиш процессида муҳитнинг электр қутбланиши диэлектрикнинг бир нуқтасидан иккинчисига узатилиши керак, деб ишонч ҳосил этиш имкони яратилди. У яқин таъсир тушунчасини узил-кесил ёқлаб, таъсир бир онда тарқалмай, муҳитнинг бир нуқтасидан иккни-

чисига аста-секин, кетма-кет тарқалади, деб ҳисоблади. Ҳозирги замон электромагнит майдон назариясининг асосини ташкил этувчи бу концепцияга асосан электрланган жисм ўз атрофида шундай махсус муҳит ҳосил қиласиди, натижада жисмлар орасидаги таъсир ўша муҳит орқали узатилади. Лекин ҳар қандай физикавий ҳодиса асосида механик таъсир ва ҳаракат ётади, деб ҳисобловчи механистик дунёқараш таъсиридан холи бўлмаган Фарадей, электрланган ҳар қандай жисм эластик ип, «куч чизиқлари» манбай бўлса керак ва атрофидаги эфирга тарқалиб таранглик кучи ва босим ҳосил қилиш натижасида жисм таъсиrlарини бирбираига узатади, деб ҳисоблади. Фарадей фикрига кўра эфир шундай муҳитки, у электр ва магнит майдон ташувчиси ролини ўйнайди ва унда ёргулук тарқалади.

Фарадей яратган яқин таъсир назарияси асосида кўп кашфиётлар қилинди. Лекин Фарадейнинг тажрибалар асосида яратган кашфиётлари кўпчиликка манзур бўлса-да, унинг замондошлари Фарадей дунёқарашига қарши чиқдилар. Электр ва магнит таъсиrlарининг узатилишидаги янги «майдон» тушунчаларини яратган Максвеллнинг электромагнит тўлқин назариясигина электромагнит ҳодисаларини тўғри тушунтириб берди. Максвелл тенгламалари электромагнит майдон ҳолатларини характеристайдиган турли катталиклар орасидаги боғланишларни ифодалайди. Бу тенгламаларни келтириб чиқаришда Максвелл Фарадейнинг яқин таъсир тушунчасига асосланди ва электромагнит майдон муҳитнинг бир нуқтасидан қўшни нуқтасига узатилади, деб қаради. Ўз тенгламаларига асосланиб, Максвелл электромагнит майдон галаёнланиши электромагнит тўлқин кўринишида маълум тезлик билан тарқалади, деган хulosага келди. Бу тезлик ёруғликнинг бўшлиқда тарқалиш тезлигига teng бўлиб чиқди. Максвелл ўз ишлари асосида ёргулук электромагнит табпатга эга деган фикрга келди.

Ёруглик электромагнит ғалаёнланиш табиатига эга эканлиги маълум бўлгандан сўнг ва Максвелл назариясининг холосалари тасдиқлангандан кейин, электр ва магнит таъсирлар учун узоқ масофада туриб таъсир этиш тушунчасини ишлатиш мумкин эмаслиги маълум бўлди.

Фарадей — Максвеллнинг электромагнит майдон назарияси ютуқлари эфирга бўлган ишончни кучайтирди. Фарадейдан кейин Максвелл ва бошқа физиклар эфирни узлуксиз муҳит деб қараб, у оддий механик муҳит хусусиятларига, яъни зичлик, масса, таранглик каби хусусиятларга эга бўлса керак, деб ҳисобладилар. Кўп йиллар давомида бу эфирнинг турли схемасини яратишга уриндилар. Лекин ҳамма ҳаракатлар зое кетди. Масалан, ёргулар кўндаланг тўлқин кўришида тарқалади деб қарап учун эфирни қаттиқ жисм, деб ҳисоблаш зарур эди. Чунки механик кўндаланг тўлқинлар фақат қаттиқ муҳитда тарқалиши мумкин. Иккинчидан, агар эфир қаттиқ жисм хусусиятига эга деб қаралса, сайёralарнинг олам эфирида ҳеч қандай қаршиликсиз ҳаракатланишини тушунтириш қийин бўлди. Турли қийинчиликларни бартараф этиш йўлида эфирнинг ҳар хил моделларини яратишга уринишлар бўлди. Эфир аста-секин одатдаги муҳит хусусиятларни йўқота борди. Эфирни узлуксиз муҳит деб қарамай, у тишли гилдираклар системасидан иборат бўлган меҳанизм бўлса керак, деб таъкидловчи фикрлар ҳам пайдо бўлди. Бу уринишларнинг ҳаммаси электромагнит ҳодисаларни оддий меҳанистик ҳодисалар билан тушунтириш йўлида қилинган ҳаракатлар эди. Албатта, эфирнинг бундай меҳанистик моделларини яратишга уринишлар нотўғри эди.

Эфирнинг меҳанистик моделини яратишга уринишлар беҳуда бўлиб чиқавергандан сўнг, физиклар эфир деб аталувчи муҳит ўзининг электромагнит хусусиятига эга бўлса керак ва у эластиклик хусусиятига эга эмас,

деган хulosага кела бошладилар. Бупдай «эфир» махсус муҳитдан иборат бўлиб, электромагнит майдон ташувчиси ролини ўйнаши лозим, шу билан бирга унинг ва уни ташкил этувчи зарраларнинг маълум ўрни бўлиши ҳамда электромагнит майдондан қатъи назар силжиши хусусиятига эга бўлиши керак, деб ҳисобландп.

Ҳаракатдаги жисмларда юз берадиган оптик ва электромагнит ҳодисалар назариясининг ривожланиши қўйидаги саволларнинг қўйилишига олиб келди: ҳаракатдаги жисм билан эфир қандай таъсирилашади? Эфир ҳаракатдаги жисмга қисман ёки тўла илашадими ё у орқали бемалол ўтадими? Бу саволларга жавоб топиш учун маълум тажрибалар ўтказилди. Улардан энг муҳими Майкельсон тажрибаси бўлди. Майкельсон текширишларидан шу маълум бўлдики, бутун экспериментал фактлар мажмуини у қандай бўлишидан қатъи назар эфир гипотезаси асосида тушунтириш мумкин эмаслиги аниқланди. Бундан ташқари, тажрибалар шуни кўрсатдики, эфирни, ўша эфирда электромагнит процесслар манбай бўлган жисмларга нисбатан механик ҳаракат қилаётган бошқа моддий жисмга ўхънатиш мумкин эмас экан. Аввал эфир динамик ёки эластик хусусиятга эга бўлмаслиги керак, деган фикрга келинган бўлса, энди снлжиш, тезлик каби кинематик тушунчаларга ҳам эга эмас, деган хulosага келинди. Натижада ўз вақтида илфор ва прогрессив бўлган эфир таълимоти XX аср бошига келиб, мушкул аҳволга тушиб қолди. Бу қийинчиликдан қутулишнинг ягона йўли эфир тушунчасидан воз кечиш эди. Махсус муҳит тури, электромагнит майдон тарқатувчиси деб ҳисобланган эфирдан эндиликада воз кечилди ва электромагнит майдоннинг ўзи материянинг махсус шаклидир деган фикрга келинди.

Электромагнит майдон оддий моддадан кўп хусусиятлари билан фарқланади, лекин моддага хос бўлган батъзи хусусиятларга ҳам эгадир. Масалан, электромагнит майдон босим бериш хусусиятига эга. Бу эффект

П. Н. Лебедев томонидан тажрибада кузатилган (ёргулик босими). Электромагнит майдоннинг ажойиб хусусиятларидан бири, турли шаклдаги материя кўришишларининг бир-бирига айланисини кўрсатувчи, электромагнит майдоннинг оддий моддага айланана олиш хусусиятидир. 30-йилларда кашф этилган электромагнит майдоннинг электрон ва протон жуфтига айланishi, 50-йилларда кашф этилган протон, мезон ва бошқа жуфтларнинг ҳосил бўлиши шулар жумласидандир. Бу процессларга тескари бўлган ҳол ҳам рўй беради ва у *анигиляция ҳодисаси* деб аталади. Аннигиляция ҳодисасида электрон-позитрон, протон-антипротон ва бошқа антизарралар жуфти электромагнит майдон шаклига айланади. Материянинг бу икки шакли орасидаги боғланиш фаннинг ривожланиши билан янада ойдинлаша борди. Бир вақтлар майдон узлуксиз ҳисобланиб, шу маънода жисмларнинг дискрет зарраларига қарши қўйилган эди. Классик физикага асосан зарралар ўзгармас ва уларнинг сони ҳам ўзгармайди, деб ҳисобланар эди. Лекин XX аср бошига келиб, фаннинг ривожланиши асосида майдоннинг квант хусусияти деб аталган янги кашфиёт яратилди. Майдоннинг бу хусусиятига кўра электромагнит майдон бир-бирига боғлиқ бўлмаган, атомлар томонидан дискрет ютиловчи ва нурланувчи элементар майдонлардан иборатдир. Электромагнит майдоннинг бу дискрет порциялари фотон ёки квант деб аталиб, маълум маънода дискрет зарраларга ўхшайди.

Бундан ташқари, модда зарраларининг корпускулар хусусиятдан бошқа яна тўлқин хусусиятига ҳам эга эканлиги маълум бўлиб қолди. Бу фактлар материянинг дискрет модда (зарра) ва узлуксиз электромагнит майдонга бўлиниши нисбий эканлигини кўрсатди. Материянинг бу икки шакли бир-бири билан боғланган бўлибгина қолмай, маълум шароитда бир-бирига айланиси ҳам мумкин.

Электроп, позитрон ва фотонлардан ташқари корпускуляр ва түлкүн хусусиятига эга бўлган ва бир-бира га айланада олуви бошқа материя шакллари ҳам кашф этилди. Фотонлар электромагнит майдони квантни бўлиб, электр зарядлари орасидаги таъсири аниқлаганидек, ҳар қандай зарра ўз майдонининг (масалан, электрон-позитрон, мезон ва ҳ. к. майдонларнинг) квантни ва таъсир ташувчиси бўлиши мумкин. Электромагнит ва гравитацион майдони фан ўрганига биринчи майдонлар бўлди. Бу майдонлар бошқа майдонлардан шуниси билан фарқланадики, уларнинг квантлари тинч ҳолдаги массасига эга эмас. Шунинг учун ҳам улар ўзига хос хусусиятга эгадир. Лекин ҳозирги замон фапишилг тасаввурлари асосида, бу фарқ «модда» ва «майдон» материянинг бир-биридан жуда фарқланувчи иккى шаклидир, деб айтиш даражасида эмас.

Ҳозирги замон фани тушунчаларига кўра материясиз макон бўлиши мумкин эмас. Ньютон физикасида «бўшлиқ» деб аталган нарса, турли квант майдонларнинг йўл қўйилиши мумкин бўлган эиг паст ҳолатларининг («ноль» ҳолатларнинг) мураккаб мажмуудан иборатdir. «Ноль» ҳолатлар шундай ҳолатларки, ундай ҳолатдаги майдондан бирорта ҳам квант олиш мумкин эмас. Шунга қарамай, бу майдонлар ўз физиковий характеристикаларининг флюктуациялари туфайли сезилиши мумкин. Вакуумнинг электр қутбланиши ҳодисаси бунга мисол бўла олади. Бу ҳодисани спектр чизиқлар силжишини жуда аниқ ўлчаш асосида сезиш мумкин. «Ноль» майдон флюктуацияси макон ва вақт бўйлаб текис тақсимланганлиги учун у бир жинсли бўлади ва саноқ системаси бўла олмайди, яъни унга нисбатан бирор механик ҳаракатни сезиш мумкин эмас.

Шундай қилиб, узлуксизлик билан дискретликнинг бир-бирига қарши қўйилиши нисбий бўлганидек, материяни модда ва майдонга бўлиш ҳам нисбийдир. Майдон ҳам, модда ҳам узлуксизлик ва дискретлик хусу-

сиятига эга. Ҳар қандай маълум материя шакли бошқа материя шаклининг майдони бўлиб хизмат қилиши мумкин.

### 3-§. Нисбийлик назарияси ҳақида

Нисбийлик ва квант назариясининг яратилиши физика фанида буюк революцион ўзгариш ясади. Нисбийлик назарияси Ньютон классик физикаси ҳал қилиб бера олмаган электродинамика билан механика орасидаги қарама-қаршиликларни бартараф этиш жарабёнида вужудга келди. Ёруғликнинг электромагнит табиатга эга эканлигининг аниқланиши, электромагнит ва ёруғлик тўлқинларининг асосий хусусиятлари ўхашлиги ҳамда уларнинг тарқалиш характеристини ўрганиш шундай фактларнинг аниқланишига олиб келдики, уларни классик механика асосида тушунтириш қийин бўлди. Майкельсон нозик тажрибалар асосида ёруғликпнг ҳамма йўналишида бир хил тезлик билан тарқалишини аниқлади. Тарқалаётган нурланиш тезлигига шу нурланиш билан боғланган системанинг ҳаракати ҳеч қандай таъсир кўрсатмас экан. Ёрглик тезлиги ўзгармас бўлиб, 300 000 км/сек га тенг экан.

Ҳар қандай инерциал (тўғри чизиқли ва текис ҳаракат қилаётган) системада ёргуларнинг ўзгармас тезлик билан тарқалиши ҳозирги замон физикасида аниқ исботланган фактdir. Худди мана шу ҳол биз яшаб турган «оддий» дунёга хос тезликларнинг қўшилишидаги классик механика қонунига зиддир.

1636 йилда Галилей нисбийлик принципини аниқлаган эди. Бу принципга асосан механик ҳодисалар инерциал системаларнинг ҳаракатига боялиқ бўлмайди. Шунга асосан классик механикада қабул қиласнган тезликлар қўшилиши қонуни келиб чиқади. Галилей келтириб чиқарган формулаларга биноан жисм тезлиги уйинг қандай инерциал системада ҳаракат қилаётгани-

га боғлиқ бўлади. Яъни, тезлик — нисбий катталиқ, деган хулоса келиб чиқади. Лекин жисм тезлигининг ҳар қандай ўзгариши — секунлашиши, тезлашиши ёки йўналишининг ўзгариши абсолют бўлиб, инерциал системага боғлиқ бўлмайди, деб ҳисобланар эди.

Бир инерциал системадан иккинчисига ўтилганда моддий жисмнинг узунилиги ўзгармайди. Вақт интервали учун ҳам шу тааллуқлидир, яъни инерциал ҳаракат қилаётган ҳар қандай системада бирор ҳодисанинг бошланиши ва охири орасидаги вақт интервали ўзгармасдир.

Шундай қилиб, классик физикада макон ва замон (вақт) Галилейнинг нисбийлик принципига асосан абсолют ҳарактерга эга деб қаралди, яъни бир-бирига ва ҳаракатланаётган материяга боғлиқ эмас. Лекин ҳамма инерциал системаларда ёруғлик тезлигининг бир хил бўлиши, ҳар бир системада макон ва вақт катталклари орасида маълум ва аниқ боғланиш бўлишини кўрсатади.

Голландия физиги Лоренц бу боғланиш қандай бўлишини аниқлади. Ёруғлик тезлигининг ўзгармаслигиги ни эътиборга олиб, у алмаштириш формулаларини келтириб чиқарди. Бу формулаларга асосан, бир инерциал системадан унга нисбатан ёруғлик тезлигига яқин тезлик билан ҳаракат қилаётган иккинчи инерциал системага ўтилганда, узунлик, вақт интервали ва ҳодисалариниң оқиши ритми ўзгаришини аниқлаш мумкин. Бу катталикларнинг турли системадаги қиймати ўша системаларнинг бир-бирига нисбатан ҳаракатига боғлиқ бўлади. Кичик тезликларда бу ўзгаришлар сезиларсиз даражада кичик бўлади ва Лоренц формулаларидан классик механика формулалари келиб чиқади. Демак, Галилей алмаштириш формулалари Лоренц алмаштириш формулаларининг хусусий ҳоли бўлиб чиқди.

Эйнштейн Максвелл, Лебедев, Майкельсон, Лоренц ва бошқа физикларнинг ишларини умумлаштирди. У

Галилей алмаштириши билан ёруғлик тезлигининг ўзгармас бўлиши орасидаги «қарама-қаршликни» кўрнбчиқиб электромагнит ҳодисалар ҳам нисбийлик принципига бўйсунса керак, табиатда физиковий таъсир ёруғлик тезлигидан катта тезликда узатилиши мумкин эмас, деган фикрни илгарн сурди. Бунга асосан Эйнштейн ҳар бир инерициал система ўз узунилик ва вақт ўлчов бирлигига эга, деган хуносага келди.

Нисбийлик назариясига асосан жисм катталиги ва ҳодисаларнинг ўтиш интервали (вақт интервали) катта тезлик билан ҳаракат қилишда ўзгарар экан. Демак, макон ва вақт Ньютон механикаси тасдиқлаганидек абсолют бўлмай, нисбий катталик экан. Жисм узунлиги ҳаракат йўналишида қисқаради ва ҳаракатдаги моддий жисмларда вақтнинг ўтиши тинч турган жисмлардагига нисбатан секинлашади.

Нисбийлик назариясининг хуносалари тажрибаларда исботланди. Масалан, катта тезлик билан ҳаракат қилаётган ностабил микрозарраларнинг яшаш вақти каттароқ бўлиши тажрибада кузатилди: ёруғлик тезлигига яқин тезликда ҳаракат қилаётган космик нурлар таркибидаги мю-мезоннинг ўртача яшаш вақти тинч ҳолатдаги мю-мезоннинг яшаш вақтидан 1,5 марта катта бўлар экан.

Кишиларнинг космик фазога катта тезликда парвоз қилишлари нисбийлик назариясининг хуносаларини амалда текшириш имконини яратиши мумкин. Лекин релятивистик эфектларни (узунликнинг қисқариши ва вақтнинг секинланиши) кузатиш учун космик ракета ёруғлик тезлигига яқин тезликда ҳаракат қилиши керак. Бунга эса амалда эришиш мумкин эмас (катта массали жисмлар учун).

Ньютон назарияси хуносаларига қарши ўлароқ нисбийлик назарияси вақт ва фазовий ўлчам абсолют эмас, улар моддий жисмларнинг бир-бирига нисбатан ҳаракатига боғлиқ, деган хуносага келди. Демак, мате-

рия ва унинг асосий яшаш шакллари бўлган ҳаракат, макон ва вақт ўзаро узвий боғланган экан. Шунингдек, нисбийлик назарияси вақт билан макон орасида боғла-ниш мавжудлигини ҳам аниқлади.

Нисбийлик назарияси масса ва тезлик, масса ва энергия каби кўпгина бошқа физикавий катталиклар орасидаги объектив боғланиши ҳам очиб берди. Масса — ҳар қандай моддий жисмнинг асосий хоссасидир. Атрофимиздаги макрожисмлар, шунингдек, атом, молекула ва элементар зарра — электрон, протон, нейтрон ва ҳ. к. лар ўз массасига эга. Унинг катталиги ўша жисм ўлчамига ва модда табиатига боғлиқ бўлади. Ньютоннинг ҳисоблашича масса — жисмдаги модда миқдори, уни ташкил этувчи атомлар сонининг миқдорини кўрсатувчи катталиkdir. Ньютон бундай масса ўзгармас ҳамда ташқи шароит ва жисм ҳолатига, масалан, тезлигига боғлиқ бўлмайди, деб ҳисоблади. Массага бўлган бундай метафизик қараш XIX аср охирига қадар ҳукм суриб келди.

Ҳозирги замон физикаси масса билан инерция, гравитация, тезлик, энергия каби жисмнинг бошқа физикавий катталиклари ва хусусиятлари орасидаги боғланиш қонуниятларини ўрганиб, масса тушунчасига муҳим ўзгаришлар киритди. Масалан, Ньютоннинг II қонунига асосан жисм инертилиги тушунчаси киритилган эди. Инертлик — турли жисмларпинг бир хил куч таъсирида ҳар хил тезланиш олиш хусусиятини билдиради. Жисм инертилиги инерцион масса деб аталувчи масса билан характерланади. Шунингдек, масса жисмнинг гравитация (тортишиш) хусусиятини ҳам белгилайди. Шундай қилиб, масса — жисмнинг гравитацион майдондаги хоссасини белгилайдиган ва тезлигининг ўзгаришидаги хусусиятини аниқлайдиган катталиkdir.

Электрон назариянинг пайдо бўлиши ва элементар зарралар ҳаракатининг ўрганилиши туфайли инерцион массанинг тезликка боғлиқ равишда маъ-

лум бўлди. Шунинг натижасида массани жисмдаги модда миқдори деб қарашиниг нотўри эканлиги аниқланди, чунки жисмдаги модда миқдори ўзгармаса ҳам масса ўзгариши мумкин.

Тажрибалардан маълум бўлдики, жисмнинг тезлигини секундига бир неча минг метрга ёки циклотрондаги зарра тезлигини секундига бир неча минг километрга ўзгартириш қийин эмас. Лекин жисмнинг тезлиги ёруғлик тезлигига яқинлашиб борган сайин унинг тезлигипи ўзгартириш, яъни унга тезланиш бериш шунча қийин бўла бошлайди. Чунки масса — инерция ўлчовидир, инерция эса жисм тезлигининг ўзгаришига тўсқинлик қилувчи хусусиятдир. Масса ортиб бориши билан жисм инерцияси ҳам ёртиб боради ва унинг тезлигини ўзгартириш тобора қийинлашади. Шунинг учун космик ракеталар тезлигини ёруғлик тезлигига қадар орттириш техник ва физиковий сабабларга кўра мумкин бўлмайди.

Оддий ҳолларда макрожисмлар массасининг ўзгариши жуда кичик бўлгани учун ҳеч қандай ахамиятга эга бўлмайди. Уларнинг массаси фақат катта тезликлардагина сезиларли даражада ортиб бора бошлайди. Бундай ортиш, айниқса, тезлаткичларда сезиларли бўлади. Масалан, 1 миллион электрон-вольт кучланишилди чизиқли тезлаткичда электроннинг массаси унинг бошлангич массасидан уч марта ортиб кетади. 938 мегаэлектрон-вольт кучланишилди тезлаткичда протоннинг массаси икки баробар ортади.

Шундай қилиб, нисбийлик назарияси бизнинг масса ҳақидаги тушунчамизни чуқурлаштирди: жисм тинч ҳолдаги массагагина эга бўлмай, ҳаракат массасига ҳам эга экан. Тез ҳаракатланаётган электрон массасини ўлчаш бу хулосани тасдиқлади.

Масса билан бир қаторда энергия ҳам физика фанининг асосий тушунчаларидандир. М. В. Ломоносов биринчи бўлиб аниқ тажрибалар асосида химиявий ре-

акцияларда қатнашаётган модданинг умумий миқдори ва демак, массасининг ўзгармаслигини исбот этди. Бу ҳозир материянинг сақланиш қонуни номи билан маълумдир.

Роберт Майер энергиянинг сақланиш қонунини кашф этди. Умумийликка эга бўлган масса ва энергиянинг сақланиш қонуни табиатда юз берувчи ҳамма процессларда бажарилади. Эйнштейн аниқлаб берган масса билан энергиянинг боғланиш қонуни эса, янада умумийроқ бўлган масса ва энергия сақланиш қонуни тўғрисида гапириш имконини беради. Бу қонуннинг формуласи қўйдагича:  $E=mc^2$ .

Эйнштейн формуласи умумий характеристерга эга. У моддаларнинг ҳар қандай зарраларига, ҳамма моддий жисм ва майдонларга бирдай тааллуқлидир. Демак,  $E=mc^2$  формула фақат ёргулек квантлагигагина хос бўлмай, ҳар қандай жисм массасига тегишилди. Бу билан ҳар қандай жисмнинг массасидан энергия ажратиш мумкинлиги ҳақидаги масала назарий ҳал этилди. Амалда ҳозир фақат радиоактив хусусиятга эга бўлган баъзи жисмлардангина энергия ажратиб олинмоқда. Диалектик материализм нуқтаи назаридан масса ва энергия материянинг икки хусусиятидир. Улар орасидаги боғланишининг аниқланиши материя ва ҳаракат бирлиги ҳақидаги фалсафий таълимотнинг тўғри эканлигини исбот этди.

Нисбийлик назарияси В. И. Ленин ибораси билан айтганда «секин реал ҳаракатлар сурати бўлган» классик механикани йўққа чиқармади, балки унинг қўлланиш соҳасини аниқлаб берди. «Гигант тезликдаги реал ҳаракатлар» тасвири бўлган янги назария эса, мавжуд бўлган қарама-қаршиликларни бартараф этди ва у макро ва микродунёда бўладиган табиат ҳодисаларини тўғри тушунтириб берувчи умумий назария бўлиб чиқди. Нисбийлик назарияси материя тузилиши ва хусусиятларини ўрганишдаги ҳозирги замон физикаси-

ишиг эффектив қуроли бўлиб қолди. Бу назариядан фойдаланиб, олимлар табиатнинг кўп сирли мўъжизаларини тушуниб олишга ҳаракат қилмоқдалар.

#### **4-§. Квант назариясининг яратилиши**

Квант назариясининг яратилиши физиканинг оптика бўлими ривожланиши билан боғлиқ. Классик физикага кўра зарра ва тўлқин тушунчаси бир-бирига ҳеч қандай алоқасиз, ҳатто қарама-қарши қўйилади. Моддий жисм ё зарра, ёки тўлқин хусусиятига эга бўлиши керак, деб ҳисобланди. Шунинг учун фанда ёргулликка бир-бирига қарама-қарши бўлган иккى хил қараш узоқ вақтгача давом этиб келди. Бирни XVII асрда Ньютони яратган ёруғликинг корпускуляр назарияси бўлса, иккиси Гюйгенснинг тўлқин назарияси эди.

Биринчи назарияга асосан ёргуллик — нурланастгани жисмдан чиқиб тарқалувчи маҳсус майдага зарра — корпускулалар оқимидаи иборат деб қаралса, Гюйгенс назариясига асосан, у эластик мухит — эфир зарраларининг тебраниши натижасида тарқалувчи тўлқин деб ҳисобланди. Корпускуляр назария ёруғликининг интерференцияси ва дифракцияси ҳодисаларини тушунтира олмаса, Гюйгенс назарияси ёргулникинг тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиши, қутбланиши, фотоэффект ва комптон эффицити каби ҳодисаларни тушунтириб бера олмас эди. 1865 йилда Максвелл ёргулникинг электромагнит назариясини яратди. Бу назарияга асосан ёргуллик жуда қисқа тўлқин узулилгига эга бўлган электромагнит тўлқиндан иборат, деб ҳисобланди. Бу ўша вақтда физикада ҳукм сурған энергиянинг чексиз кичик бўлакларга бўлиши ва узлуксиз нурланиш кўринишида тарқалиши тушунчасига зид эмас эди. Лекин Максвелл назарияси ёргулникинг ютилиши ва нурланиши билан боғлиқ бўлган қатор масалаларга тўғри жавоб бера олмади. Бу назария асосида абсолют қора жисм нурланиши учун келтириб чиқарилган формулалар тажриба натижалаган.

рини түгри акс эттира олмади. Бу ўз павбатида янга назариянинг яратилишига олиб келди.

XIX аср ўрталаридан бошлаб физиклар «қора жисм» проблемаси билан қизиқиб, уни ҳар томонлама ўргана бошлаган эдилар. Абсолют қора жисмга девори тешиб қўйилган оддий печь мисол бўла олади. Агар печь ичига унинг тешиги орқали бирор раңгдаги ёруглик тушса, у печь деворларида кетма-кет қайтиб ютилади. Эпди бу печь бирор температурага, масалан, 1000°C га қадар қизитилса, унинг ички деворлари қизиб, печь ичига турли тўлқин узунилкдаги нурлар чиқаради. Деворлардан кетма-кет қайтиб, улар ҳам астасекин ютилади, лекин ўршини янги нурланиш яна тўлдириб туради. Маълум вақтдан сўнг мувозанат юз бериб, печь ичи бирор зичликка эга бўлган турли тўлқин узунилкдаги электромагнит нурланиши билан тўлади. Ҳар бир раңгдаги ёруглик нурланиши маълум интенсивликка эга бўлади. Печь тешигидан ташқарига чиқаётган нурланиш абсолют қора жисм нурланишидан иборат бўлиб, унинг интенсивлигини ва тўлқин узунилгини спектрометр ёрдамида ўлчаб, анализ қилиш мумкин. Бундай қора жисмдан чиқаётган нурланиши интенсивлигининг нурланиш тўлқин узунилгига боғлиқ равишда ўзгариш тақсимоти тажрибалардан яхши маълум эди. 1880 йилда абсолют қора жисм нурланишини классик физика нуқтани назаридан тушунтириб беришга уринишлар қора жисм назариясининг яратилишига олиб келди. Бу назария инглиз физиклари Релей ва Джинис, немис физиклари Кирхгоф ва Вин томонидан яратилди. Ёруглик Максвелл — Лоренц яратган электромагнит назария асосида ўрганилиб, Ньютон механикаси қонунларига бўйсуниб тебранаётган электропроприетарийни тарқатади ёки ютади, деб қарабалди. Сўнг Больцман статистик назариясидан фойдаланилиб, нурланиш ва ютилиш орасидаги мувозанат ҳисоблаб чиқилди. Бундай ҳисоблаш натижалари тажриба натижаларини тушунтириб бера олмади. Назария

ва тажриба натижалари катта түлкүп узунликлар соңасыда (инфрақизил соңа) мос келди, лекин кичик түлкүн узунликлар соңасыда (ультрабинафша соңа) ҳар хил бўлиб чиқди. Қора жисм назариясига кўра кичик түлкүн узунликлар соңасидаги интенсивлик тақсимоти чексиз бўлиб чиқди, бунинг бўлиши мумкин эмаслиги аниқ эди, албатта. Бу «ультрабинафша ҳалокат»ни Макс Планк бартараф этди. 1900 йилнинг декабрь ойида Макс Планк ўзининг Берлин фанлар академиясига тақдим этгап ўн тўртинчи илмий асарида классик физикага квант гипотезаси деб аталувчи кичик пастулат киритишни таклиф этди. Бу гипотеза «ультрабинафша ҳалокати»ни бартараф этибигина қолмай, квант механизаси деб аталувчи янги фанга асос солди.

Классик физикага асосан жисмдан чиқаётган ёки ютилаётган ёруғлик иурланиши узлуксиз энергияга эга бўлиши керак эди. Планк бу тушунчадан воз кечиб, модда атомлари ўзларидан ёргулар экенинин фақат дискрет кўринишда, яъни квант деб аталувчи порциялар билангина нурлатиши мумкин, деб қарашни таклиф этди. Квант миқдори нурланиш түлкүн узуилиги, яъни электромагнит нурланиш характеристири билан аниқланади. Бу даврга қадар фан энг кичик зарралар — атом ва электронлар билан иш кўрган бўлса, энди энергия ҳам (масалан, ёруғлик энергияси) жуда кичик, бўлинмас порциялар — квантлардан ташкил тоши маълум бўлди.

Планк энергия квантининг миқдорини аниқ ҳисоблаб чиқди. Бу энергия Планк доимийси деб ном олган катталик  $h$  нинг нурланиш частотаси  $\nu$  га кўпайтмаси билан аниқланиши маълум бўлди:  $E=h\nu$ . Планк доимийси ҳозирги замон физикасининг энг муҳим катталикларидан бири ҳисобланиб, таъсир квантини аниқлайди. Унинг қиймати  $6,624 \cdot 10^{-34}$  эрг·сек га teng.

Шундай қилиб, таъсир бўлинмас ва жуда кичик миқдорларда узатилар экан. Планк идеясидан фойда-

ланиб, 1906 йилда Эйнштейн электромагнит нурланишнинг кичик порциялари мавжудлиги ҳақидаги фикрни ўртага ташлади. Эйнштейн бу электромагнит нурланиш порцияларини фотон деб атади. Дискретлик идеяси умумий тус олди ва фақат моддалар учунгина тегишли бўлиб қолмай, материянинг бошқа шакллари ва унинг баъзи бир хусусиятларига ҳам тааллуқли эканлигиди апиқланди.

Ёргуликининг икки хил табнатга эга бўлиш хусусияти квант механикаси асосида объектив акс эттирилди. Ёргуликнинг тўлқин хусусияти тебраниш даври частотаси ва тўлқини узунлиги билан ҳарактерланиб, унинг фазода тарқалиши процессида интерференция, дифракция ҳодисаларида намоён бўлса, унинг дискретлик хусусияти муҳит атомлари ва молекулалари билан таъсирланиш жараёнида юзага келади.

1924 йилда француз физиги де Броиль нурланишнинг квант гипотезасига таяниб, ҳамма зарралар корпускуляр — тўлқин хусусиятга эга эканлиги ҳақидаги ғояни илгари сурди. Де Броиль фақат фотонгина эмас,  $\tau$  тезлик билан ҳаракат қилаётган  $m$  массали ҳар қандай микрозаррага узунлиги  $\lambda = \frac{h}{mv}$  формулага асосан

ўлчапувчи тўлқин узунилк мос келади, деб фараз қилиди. Демак, де Броильнинг фикрича, ҳар қандай микрозарра ҳам, тўлқин ҳам дискрет зарра хусусиятига эга. Юқоридаги формулага асосан зарра массаси қанча катта бўлса ва у қашчалик тез ҳаракат қилаётган бўлса, унинг корпускуляр хусусияти шунча кўп намоён бўлиши кўришиб турбди. Аксинча, зарра массаси қанча кичик бўлса ва у секунроқ ҳаракат қиласа,  $\lambda$  шунча катта, демак, тўлқин хусусияти шунча кўпроқ намоён бўлади. Массаси жуда катта бўлган макрожисмлар учун  $\lambda$  жуда кичик бўлиб, бундай жисмлар ҳаракати классик механика қонунларига яхши бўйсунади.

Кўп вақт ўтмай де Бройль фикри тўла тасдиқланди. 1927 йилда америкалик физиклар К. Дэвинсон ва Л. Жермер электронлар кристалл пластинкалардан сочилганда дифракция ҳодисаси кузатилишини аниқладилар, инглиз физиги Ж. Томсон ва бир вақтнинг ўзида ундан бехабар ҳолда совет физиги П. С. Тортаковский электронлариинг металл фольга орқали ўтганда ҳосил қилган дифракция тасвирини тажрибада кузатдилар.

Тажрибалар шуни кўрсатдики, маълум йўналиш ва тезликка эга бўлган «элементар» зарралар, жумладан, водород, гелий атоми ва нейтрон, худди ёруғлик сингапри интерференция ва дифракция ҳодисаларини ҳосил қиласар экан. Демак, микрозарралар корпускуляр — тўлқин хусусиятига эга ва уларнинг тўлқин узунлиги квант механикасида жуда муҳим аҳамиятга эга бўлган микрообъектларнинг умумий хоссасини аниқловчи де Бройль формуласи билан ифодаланар экан. Бир-бираiga қарама-қарши бўлган бундай икки корпускуляр тўлқин хусусиятларининг битта объектда мужассамланиши микродунё табиатининг жуда мураккаб ва ўзига хос хусусиятга эга эканлигини кўрсатди. Микrozарра корпускуляр ва тўлқин хусусиятни ўзида диалектик бирлаштирган, сифат жиҳатдан янги бир нарса экан. Микрозарранинг макон ва вақтдаги ҳаракатини маълум траектория бўйлаб ҳаракат қилаётган макрожисм ҳаракатига ўхшатиб бўлмайди. Масалан, электрон бир вақтнинг ўзида ҳам корпускуляр, ҳам тўлқин хусусиятга эга бўлгани учун унинг фазодаги бирор вақт моментидаги ҳолатини координатлар системаси ёрдамида аниқ белгилаб бўлмайди. Демак, микрообъект ҳолати макрообъект ҳолатидан бошқачароқ ифодаланар экан; улар классик физика қонунларидан фарқланувчи ўзига хос махсус қонунлар асосида ҳаракат қиласар экан.

Австриялик физик Э. Шредингер де Бройль идеясидан фойдаланиб, микрозарраларининг тўлқин хусу-

сиятини ҳисобга олган ҳолда уларнинг ҳаракатини ифодаловчи назария яратди. Бу назарияга биноан зарранинг ҳаракати тўлқин функцияси деб аталувчи физикавий катталик билан характерланади. У микросистема ҳолатининг вақт ўтиши билан ўзгаришини ифодаловчи ва унинг тўлқин функциясининг истаган вақт моментидаги қийматини аниқлаш имконини берувчи тенгламани келтириб чиқарди. Шредингернинг бу тенгламасини ечиб, бошланғич ҳолат шартларидан фойдаланган ҳолда, зарра, масалан, бирор майдонда ҳаракат қилаётган электроннинг ҳар қандай вақт момента-да фазонинг истаган нуқтасида бўлиш эҳтимолигини аниқлаш мумкин. Шредингер тенгламаси квант механикасининг асосий тенгламаси ҳисобланади. Классик физикада Ньютон қонунлари жисмларнинг ҳаракатини аниқлашда қандай аҳамиятга эга бўлса, Шредингер тенгламаси квант физикасида микросистемалар учун шундай роль ўйнайди. Атом системасининг ҳолати тўлқин функцияси билган ҳолда фақат зарра координатларининг эҳтимолий қийматинигина аниқлаб қолмай, зарра эришиши мумкин бўлган ҳамма энергия қийматларини, ҳаракат миқдори моментини ва атом системасининг хусусиятларини характерловчи бошқа катталикларни келтириб чиқарса бўлади. Масалан, бу тенглама ёрдамида атом энергетик сатҳлари ҳам ҳисобланади.

Машҳур немис физиги В. Гейзенберг квант механикасининг бошқа бир фундаментал қонунини кашф этди. Бу қонун фанда *Гейзенберг аниқсизлиги* деб аталади. Гейзенберг аниқсизлиги ҳаракатни характерловчи координата ва импульс каби иккни асосий катталик орасидаги багланишини ифодалайди. Агар ҳаракатдаги зарранинг  $x$  ўқи бўйлаб координатасининг аниқсизлиги  $\Delta x$  ва импульснинг шу йўналишдаги проекциясининг аниқсизлиги  $\Delta p_x$  бўлса, Гейзенберг аниқсизлиги қуйи-

дагида ёзилади:  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$ , бу ерда  $h$  — Планк дөимииси.  $\Delta p_x$  ва  $\Delta x$  катталикларни эхтимоллик хусусиятига эга бўлган тўлқин функцияси ёрдамида келтириб чиқарса бўлади. Бундан шундай хулоса келиб чиқадики, аниқсизлик ифодаси зарралар квант колективининг статистик характеристикаси экан (масалан, электронлар дастаси — оқимини квант колективи деб қараш мумкин). Аниқсизлик ифодасига кўра зарранинг координатаси қанча катта аниқликда ўлчашсанда (яъни  $\Delta x$  қанча кичик бўлса), унинг импульсини ўлчашда йўл қўйиладиган аниқсизлик ( $\Delta p_x$  хатолик) шунча катта бўллади ва аксинча, импульс қанча аниқ бўлса, координата аниқсизлиги шунча катта бўллади. Демак, микрозарраларнипг координатаси билан импульсии (ёки тезлигини) бир вақтда истаганча катта аниқлик билан ўлчаш мумкин эмас экан. Худди шундай аниқсизлик ифодаси вақт билан микросистема энергияси  $E$  учун ҳам бажарилади,  $\Delta t \cdot \Delta E \approx h$ , яъни зарранинг бирор вақтдаги энергияси ўлчанаётган бўлса, вақт ва энергия аниқсизликлари кўпайтмаси тахминан Планк доимиисига тенг бўлиши керак.

Аниқсизлик ифодаси микрообъектлар ҳаракат ҳолатининг объектив харakterистикаси бўлиб, уларининг корпускуляр — тўлқин хусусиятини ифодалайди. У турли физиковий катталиклар аниқсизликлари орасидаги боғланишни аниқлаб, микропроцессларда бўладиган қонуниятларнинг статистик харakterга эга бўлишини кўрсатади. Тўлқин функцияси, аниқсизлик ифодаси каби квант механикасининг баъзи қонун ва тушунчалари ҳаракатдаги микрообъектлар коллективининг корпускуляр — тўлқин хусусиятини ва бир вақтнинг ўзида улардаги процессларнинг статистик харakterга эга эканлигини кўрсатади.

Квант механикаси атом физикасининг муҳим бўлими бўлиб, у микродунё, микрозарралар ҳаракати меҳа-

никасидир. Квант механикаси макрожисмларнинг электр, иссиқлик, магнит, оптик ва бошқа хусусиятларини тушунтиришда жуда самарали натижалар берди. Металларда электроилар мавжудлиги ҳақидаги гипотеза металларининг электр ва иссиқлик ўтказиш назариясими ишлаб чиқишига ва металларда фотоэффект ҳодисасини тушунтириб беришга имкон берди. Квант механикаси ядро ичидаги бўладиган баъзи процессларни ўрганишда ҳам қўл келди. Масалан, квант механикаси асосида α-емирилиш назарияси яратилди. Турли тиндаги ядро реакцияларининг бўлиш эҳтимоллиги, ядро томонидан зарранинг ютилиши ва ҳосил бўлган мураккаб ядронинг эмирилиш эҳтимоллиги ҳисобланди ва ҳ. к. Квант механикаси атом тузилиши ва хусусиятларини, унинг сирларини билиб олишда жуда катта роль ўйнади. У туфайли атом энергияси жиловланиб, ундан турли мақсадларда фойдаланиш имкони яратилди.

### **5-§. Ҳозирги замон физикаси асосида материя тузилишини тушунтириш**

XIX аср охирига қадар материяни ташкил этувчи атомлар бўлишмас ва ўзгармас, деб ҳисобланниб келинди. Атомининг мураккаб тузилгаплигини кўрсатувчи физикавий ва химиявий тажрибалар ўтказилмасдан олдин Ф. Энгельс атом мураккаб структурага эга бўлиши керак, деган фикри айтган эди. Сифат жиҳатидан бирбонидан фарқ қилувчи турли ҳаракат формаларининг мавжудлигига асосланниб, атом модда дискретлигини ифодаловчи тушунчаларининг бир босқичи бўлса керак, деб ҳисобланади. Атомлар оддий нарсалар эмас ва умуман улар моддаларининг бизга маълум бўлган энг майдада зарраларидан иборат эмасди<sup>1</sup>, деб ёзган эди

---

<sup>1</sup> Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, 216-бет.

Энгельс. XX асрда физикада юз берган революцион ўзгаришлар Энгельс фикрининг түғрилигини тасдиқлади.

1896 йилда француз физиги Беккерель 1898 йилда унинг ватандошлари Пьер Кюри ва Мария Складовская-Кюри томонидан уран, радий, полоний ва бошқа нурланувчи радиоактив элементларнинг кашф этилиши атом бўлинмас деб ҳисобловчиларга берилган биринчи зарба бўлди. Радиоактив элементларнинг емирилиши натижасида ҳосил бўлган нурланиш фото-пластинки қорайтира олиш, ҳаво молекулаларини ионизациялаш, турли жисмлар орқали ўтиш каби хусусиятларга эга эканлиги маълум бўлди. Радиоактив емирилишда бир химиявий элемент иккинчи элементга айланади ва бунинг натижасида катта энергия ажralиб чиқади. Радиоактив элементлар уч хил нур чиқаради: альфа-чурлар — мусбат зарядли гелий элементининг ядродан иборат зарралар оқимиmdir; бета-нурлар — манфий зарядланган электронлар оқимиmdir ва гамма-нурлар — юқори частотали электромагнит нурланишдан иборат. Радиоактивлик ҳодисаси атом ядроди ичидаги рўй берувчи ички сабабларга кўра оғир элемент ядролариниң беқарорлиги натижасида ўз-ўзидап ҳосил бўлади. Химиявий процесслардан фарқли равишда радиоактив ҳодисасига ҳеч қандай ташқи ўзгаришлар: температура, босим, электр ёки магнит майдони таъсир этмайди.

1898 йилда инглиз физиги Ж. Томсон бета-нурларни ташкил этувчи зарра — электроннинг массаси ва зарядини аниқлади. Унинг массаси водород атоми массасининг  $\frac{1}{1840}$  улушига тенг экан. Бу  $9 \cdot 10^{-28}$  граммга тенг бўлиб, ақлга сифмайдиган даражада кичикдир. Электрон заряди мавжуд бўлиши мумкин бўлган энг кичик заряд миқдорига тенг бўлиб,  $1,6 \cdot 10^{-19}$  кулондир.

Радиоактивлик ҳодисасининг кашф этилиши, элект-

tronning очилиши ва унинг хусусиятларини ўрганиш атом мураккаб тузилишга эга эканлигини кўрсатди. Олимлар атом тузилишини тушунтириб берувчи турли назариялар яратишга ҳаракат қила бошладилар. 1903 йилда Ж. Томсон қўйидаги атом моделини таклиф этди: атом мусбат зарядланган шарсимон массадан иборат бўлиб, унинг ичидаги мағфий электронлар текис тақсимлангандир. Бу модель асосида атомларнинг ёруғликни ютиши ва нурлатиши тушунтириб берилди. Бундай ҳодисалар электронларнинг ўз мувозанат ҳолатидан силжиши натижасидир, деб тушунтирилди.

Менделеев даврий системасига асосланиб, Томсон электронлар атомда қатлам-қатлам кўринишда жойлашган ва элементнинг химиявий хусусияти ташкини электрон қатламига боғлик, деб фараз қилди. Томсон моделига асосан атомдаги электронлар сони элементнинг тартиб номерига teng.

Томсоннинг шогирди Резерфорд ўз устози таклиф этган атом моделинот ўтириш эканлигини исботлаб берди. Резерфорд  $\alpha$ -емирилиш натижасида ҳосил бўлган  $\alpha$ -зарраларнинг турли элементларда сочилишини ўрганди. Резерфорд бу мусбат зарядланган оғир ва катта тезликка эга бўлган зарралар атомлар орқали осонгина ўтишини ва айрим ҳоллардагина катта бурчак остида сочилишини кузатди. Бу кузатишлар асосида атом апча мураккаб тузилган бўлиши керак, деган холосага келди.

Резерфорд атом массасининг асосий қисми мусбат зарядланган ва атом ҳажмининг кичик қисмини эгалловчи ядрода тўпланган бўлиши керак, деб таъкидлади.

Шундай қилиб, 1911 йилда Резерфорд атомнинг планетар моделини яратди. Бу моделга асосан атом мусбат зарядланган ядродан ва унинг атрофида айлана орбиталар бўйлаб айланниб юрувчи электронлардан ташкин топган. Атом диаметри  $10^{-8}$  см бўлса, ядро-

сиппинг диаметри таҳминаш  $10^{-13}$  см. Сайсралар қүёш атрофида айланганидек электронлар атом ядроси атрофида айланади. Атомдаги электронлар сони элементнинг тартиб номерига тенг. Электронларнинг манфий заряди йигиндиси унга абсолют қиймати бўйича тенг бўлган ядронинг мусбат заряди билан мувозанатлашган бўлади.

В. И. Ленин «атомни чексиз кичик Қўёш система-сига ўхшаш деб тушунтириш мумкин»лигидан маминуни бўлди ва шунинг билан биргаликда бу модель вақт ўтиши билан ўзгаришини таъкидлаб ўтди. Ҳақиқатан ҳам кейинчалик бу модель анча ўзгарди. Резерфорд атомдаги электронларнинг ҳаракатини оддий механик ва электродинамик қонунлар асосида тушунтиришга ҳаракат қилди. Резерфорд моделига асосан ядро атрофида айланаб юрган электронлар узлуксиз спектрга эга бўлган нурланиш тарқатнини керак эди. Бу ҳолда атом турғуи бўлолмаслиги керак, яъни электронлар қисқа вақт ичидаги ўз ҳаракат энергиясини цурланиши учун сарфлаб ядрога тушиб қолиши мумкин эди. Лекин кўп элемент атомлари миллиард йиллар давомида ўз барқарорлик ҳолатини сақлайди. Шунинг учун ҳам атом моделини яна ўзгартиришга, тўлдиришга тўғри келди.

1913 йилда Дания физиги Нильс Бор атомнинг янги моделини таклиф этди. Бу модельга асосан электронлар ядро атрофида айланаб юрадилар. Лекин классик физика принципларидан фарқли равишда, электронлар истаган орбиталар бўйлаб айланishi мумкин эмас. Улар маълум «порциялар» билан ортиши ёки камайиши мумкин бўлган атом энергиясига боғлиқ равишда «рухсат этилган» орбиталар бўйлаб айланishi мумкин. Атом барқарор ҳолатда бўлса ва электронлар маълум «рухсат этилган» орбиталар бўйлаб ҳаракатланса, ҳеч қандай нурланиш бўлмайди. Электрон атом ядросидан узоқроқ жойлашган орбитадан яқинроқ орбитага сак-

раб ўтиш вақтидагиша ёруғлик нурлатиши мумкин. Аксинча, электрон ички орбитадан ташқи орбитага ўтгапда атом маълум миқдорда нур ютади.

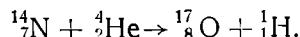
Бор моделига асосан атомларининг фақат шу элемент атомига хос бўлган спектр чизиқларига эга бўлишини тушунтириш мумкин бўлди. Лекин спектрларниң ҳамма хусусиятларини тушунтириш учун Бор модели янада мураккаблаштирилди. Бор таклиф этган модельга кўра атом тузилиши қуйидаги кўринишга эга: 1) электронлар айланада орбитарап бўйлаб эмас, катталиги электроннинг энергиясига боғлиқ бўлган эллипс шаклидаги орбитарап бўйлаб ҳаракат қиласди; электронларнинг энергияси «порция», яъни квантлар билан ўзгаради, шунинг учун эллипс катталиги ҳам «квантланган» бўласди; 2) электрон орбитаси ҳам маълум тезликда айланади ва у ҳам «квантланган» бўлади; 3) электронлар турли «руҳсат этилган» текисликларда айланади; 4) электроннинг ўзи ҳам ўз ўқи атрофида «айланади»: у ўз механик моменти — спинга, шунингдек, магнит момента ҳам эга.

Электрон спини фақат икки қийматгагина эга бўлиши мумкин:  $+\frac{1}{2}$  ёки  $-\frac{1}{2}$ , яъни электроннинг «айланиш» ўқи қарама-қарши йўналишда бўлиши мумкин. Спин ўлчов бирлиғи  $\frac{\hbar}{2\pi}$  га, яъни фотон спинига teng.

Н. Бор яратган атомнинг бу мураккаб модели ҳам ҳамма ҳодисаларни тўғри тушунтириб берада олмади. Чунки унинг яратилишида ярим эмпирик пастулотлар асос қилиб олинган эди. Бор назарияси энг содда атом водородининг дискрет спектрини яхши тушунтириб берди. Лекин бошқа мураккаб атомлар, масалан, иккита электронга эга бўлан гелий атомига хос спектр чизиқларини ҳам тушунтира олмагандан сўнг, бу назария чекланган эканлиги маълум бўлди. Айниқса, бу назария атом спектрида чизиқларнинг интенсивлигини ту-

шүптиришда жуда катта қийипчиликларга дуч келди. Буларпинг ҳаммаси Бор назариясининг атом процессларини тушунтирувчи изчил назария эмаслигини, материя ҳақидаги изчил квант назариясининг яратилиш йўлидаги ўткинчи босқич эканлигиги кўрсатди.

Атом таркибига кирувчи электроннинг мағнӣ зарядга эга бўлиши ва атомнинг умуман нейтрал эканлиги, атом ичида электроннинг зарядини мувозанатловчи мусбат зарядлаиган зарра бўлиши керак, деган фикр тұғдирди. 1914 йилда Резерфорд водород атоми катод шури билан бомбардимон қилинганда, пейтрап водород атоми мусбат зарядланиб қолади. Демак, катод нурлари атомар водороддан электронни уриб чиқариш натижасида у мусбат зарядланиб қолади, водород атомида фақат бир электрон ва электрон зарядига тескари заряд билан зарядланган қандайдир бошқа бир элементар зарра бўлиши керак. Бу зарраны Резерфорд протон деб атади. Резерфорд 1919 йилда атом физикасида жуда муҳим роль ўйнаган бошқа бир тажриба ўтказди. У радиоактив емирилишда ҳосил бўлувчи альфа-зарралар билан газ ҳолатдаги азот атомларини бомбардимон қилиб, тарихда биринчи марта бир элементнинг иккинчи элементга айланисини тажрибада кузатди. Бу ядро реакцияси деб аталувчи процессда водород ва кислород атоми ҳосил бўлди:



Шундай қилиб, гелий атомининг ядросидан иборат бўлган альфа-зарралар азот атомининг ядроси билан тўқнашганда қисқа вақт яшовчи қандайдир мураккаб ядро ҳосил бўлади ва у водород ядроси бўлган протонни чиқариб, кислород атомининг ядросига айланади. Шу вақтга қадар элементларнинг бир-бiriiga айланисиши фақат радиоактив емирилиш процессидагина кузатилган бўлса, энди биринчи марта ядро реакцияси процессида бир элементдан иккинчиси сунъий йўл билан

хосил қилипди. Шу йўл билан энг содда элемент -- водород атомининг ядроини ташкил этувчи иккинчи бир элементар зарра-протон кашф этилди. Бўлинмас деб ҳисобланган атом мураккаб тузилишга эга эканлиги маълум бўлди.

Элементларниг даврий системадаги ўрни билан шу элемент атомининг тузилиши орасидаги боғланишинг ўрганиш натижасида ядронинг таркибига кирувчи яна бир яиги зарра — нейтрон кашф этилди. Олимлар атом ядроининг мусбат зарядини кўрсатувчи сои билан элементларниг атом оғирлигига асосланиб тузилган Менделсев даврий системасидаги тартиб номери бир-бираiga тенг эканлигини аниқладилар. Лекин атом ядроининг мусбат заряди билай атом оғирлиги солиштирилганда кутимаган натижа берди. Атомниг ҳамма массаси унинг ядроисида тўпланганлиги учун элементнинг атом оғирлиги ядродаги протонларниг умумий оғирлигига тенг бўлиши керак эди. Масалан, литий атоми ядроининг заряди 3 га тенг бўлгани учун унинг ядроининг оғирлиги протон оғирлигидан уч марта катта бўлиши лозим эди (водород атоми ядрои шартли равиша 1 деб олинади). Амалда литий атомининг ядрои протон оғирлигидан 7 марта катта бўлиб чиқди. Бу жумбоқни ҳал этиш мақсадида Резерфорд ҳали тажрибада аниқламаган массаси протонниг массасига тахминан тепг, нейтрал-зарядсиз янги зарра мавжуд бўлса керак, деб тахмин қилди.

1930 йилда немис олимлари Боте ва Беккер бериллий металлини альфа зарралар билан нурлантирганда жуда кучли «тешиб ўтиш» хусусиятига эга бўлган «қаттиқ» иурланишинг ҳосил бўлишини сезиб қолишилди. 1932 йилда эса, инглиз физиги Чадвик махсус тажрибалар асосида бу янги нурланиш корпускуляр табиатга эга бўлган нейтрал зарралар оқимидан иборат эканлигини аниқлади. Кейинчалик, нейтрон деб аталгани бу зарралар эркин ҳолда ядро процессларида ҳо-

сил бўлиши аниқ тажрибалар асосида кўрсатилди. Бу процесс 1919 йилда Резерфорднинг биринчи ҳосил қилиган ядро реакцияси процессига ўхшаш, лекин бу ерда протон ўрнига пейтрон ҳосил бўлди. Бу пейтрапл зарра жуда ажойиб бомбардимон қилиш хусусиятига эга бўлиб чиқди. Нейтрон пейтрапл бўлганилиги учун зарядланган зарралар олдидан ва катта қалинликдаги жисм орқали бемалол ўтиб, ядроларни осон емириш хусусиятига эга. Нейтрон ёрдамида кейин жуда кўп ядро реакциялари олинди. Айниқса уран элементида бўладиган занжирли ядро реакциясини ҳосил этишда пейтроннинг роли аниқлангандан сўнг фанда катта бурилиш юз берди.

Нейтроннинг кашф этилиши бизнинг ядро тузилиши ҳақидаги тушунчамизни мутлақо ўзгартириб юборди. Нейтрон кашф этилмасдан олдин атом ядрои таркиби га протон ва электронлар киради, деб ҳисобланар эди. 1932 йилда Д. Д. Иваненко ва В. Гейзенберг электронларнинг атом ядрои таркиби га кирмаслигини исбот қилиб бердилар ва ядро протон ҳамда нейтронлардан ташкил топган бўлса керак, деган гипотезани илгари сурдилар. Ҳозир ҳақиқатан ҳам атом ядрои протон ва нейтронлардан (нуклонлардан) ташкил тонгалигини аниқланди.

Протонлар сони элементнинг тартиб номерига, демак, ядроннинг тўла мусбат заряди миқдорига тенг. Атом ядрои нуклонлардан ташкил тонгай экан, унинг массаси таркибидаги протон ва нейтронлар массасига тенг бўлиши керак. Лекин атом ядросининг массаси протон ва нейтронларнинг массалари йиғиндиқдан доим кичик бўлиб чиқади. Бу масса камчилиги *massa дефекти* деб аталади ва айрим зарралар — нуклонлар қўшилиб ядрони ҳосил этганда умумий массанинг доим камайишини кўрсатади. Масса дефектига  $E=mc^2$  формулага кўра тўғри келувчи энергия ядроннинг боғланиш энергиясини аниқлайди. Бу энергия ядропи ташкил

этувчи нуклонларни бир-биридан ажратиб олиш учун зарур бўлган энергия миқдорига тенг. Боглаиш энергияси протон ва нейтронларни ядрода катта куч билан бир-бирларига боғлаб туради.

Атом ядросининг тузилиши маълум бўлгандан сўнг, физиклар ядро кучларининг табиати билан қизиқиб қолдилар. Ўша вақтга қадар факат икки хил таъсир кучи маълум эди: гравитация-тортишиш кучи ва электростатик таъсир куч. Бу икки таъсир куч ўз табиати ва таъсир этиш миқдори билан бир-биридан фарқ қиласди. Тажрибадан ядродаги протон ва нуклонлар ўзаро жуда кучли боғланганини маълум бўлди. Лекин улар орасида қандай таъсир рўй беради, бу таъсир табиати, таъсир радиуси ва катталиги қандай эканлиги номаълум эди. Ядро кучи гравитация кучи эмаслиги аниқ, чунки жуда кичик массали зарраларда тортишиш кучи ҳисобга олмаслик даражада суст бўлади. Бу куч электростатик таъсир характеристерга ҳам эга бўлиши мумкин эмас, чунки оғир ядролардаги протонлар бир хил ишорали зарядга эга бўлгани учун ядро барқарор бўлолмас эди.

Атом ядросининг баъзи бир хусусиятларини ўргапиш ва турли мураккаб ва позик тажрибалар ўтказиш билан ядро кучининг баъзи хусусиятлари ва таъсир этиш қонуни аниқланди. Масалан, турли зарядланган зарраларининг ядроларда сочилишини ўргашиб, ядро кучи жуда қисқа масофада таъсир этувчи куч эканлиги аниқланди.  $10^{-13} \text{ см}$  масофада ядро кучи жуда катта таъсир этиш хоссасига эга ва масофа ортиб бориш билан у тез камайиб, ядронинг марказидан  $2-3 \cdot 10^{-13} \text{ см}$  узоқликда нолга қадар камайиб кетиши аниқланди. Демак, ядро таъсир майдони кескин камайиш чегарасига эга бўлиб, электростатик таъсирдан кучли фарқланади. Ядро кучларининг специфик хусусиятга эга бўлиши ядро моддасининг оддий жисмлардан жуда кескин фарқланувчи хусусиятга эга бўлишини аниқлай-

ди. Ядро кучларп таъсирида бўлувчи процессларда энергия катта миқдорда ажралиши ва бошқа шаклларга ўтиши мумкин. Атом ядросининг зичлиги жуда катта бўлади. 1 см<sup>3</sup> ҳажмдаги ядро моддасининг массаси тахминан 100 млрд. кг га тенг.

Радиоактив элементларнинг бета-емирилишини ўрганиш, ядро кучларининг табиатини озми-кўпми аниқлашда турткы бўлди. Бета-емирилиш процессида ядродан катта тезликда электронлар отилиб чиқади. Бу электроилар ядро ичидаги нейтронларнинг протонларга айланиши натижасида ҳосил бўлади, деган фикр айтилди. Бу процесснинг бўлишинга орасида, И. Е. Тамм, Д. Д. Иваненко ва В. Гейзенберг ядро зарралари орасида алмашинув характерга эга бўлган таъсир бўлиши керак, деган гояни айтдилар. Протон ва нейтрон кетма-кет ва жуда тез бир-бирига айланиши вақтида алмашинув таъсир куч рўй беради. Электрон билан нейтрено протон ва нейтрон орасида катта тезлик билан алмашиниб туриши натижасида протон ва нейтрон бир-бирига ўтиб туради, деб фараз қилинди. Бунинг натижасида ўзаро тортишиш кучи ҳосил бўлади, чунки юқорида айтилган таъсир куч натижасида ҳосил бўлган боғланган системанинг умумий энергияси протон билан нейтрон боғланмаган ҳолдагига қараганда кичик бўлади. Алмашинув кучини, электронлар билан ўзаро алмашиб молекула ҳосил қилган икки бир хил атомлар орасида ҳосил бўлган химиявий боғланиш кучига ўхшатиш мумкин. Лекин кўп вақт ўтмай, И. Е. Таммнинг ўзи бета-емирилишда ҳосил бўлувчи таъсир куч суст эканлигини ва у билан ядро процессларида юз берувчи таъсирини тушунириш мумкин эмаслигини аниқлади.

Япон физиги Юкава Тамм гоясини ривожлантириб, ядро кучларини «ташувчи» қандайдир бошқа зарралар мавжуд бўлса керак, деб фараз қилди. Юкава электромагнит майдонга ўхаш, лекин алоҳида табиат-

га эга бўлган бошқа типдаги майдон мавжуд бўлиши керак, деган хуносага келди. Квант механикасига асосан зарралар орасидаги таъсир ўша таъсирлашаётган зарралар томонидан қандайdir майдон квантининг ютилиши ёки нурланиши билан рўй беради. Масалан, электромагнит майдон ҳолида электрон ўзидан фотончиқаради ва бу фотон бошқа электронни томонидан ютилади. Фотон ўша фотонни чиқарган электрон томонидан қайта ютилиши ҳам мумкин. Бундай фотонларнинг нурланиш ва ютилиш процессларининг мажмуйи электромагнит майдонини ҳосил қиласади. Лекин бу ердаги нурланяётгани фотон оддий фотондан фарқланаб, *виртуал фотон* деб аталади. Юкава ядро кучи масаласини ҳал этишга уриниб (1935 й.) нуклонлар орасидаги ядро таъсир майдонининг «ташувчи» зарраси бўлиши керак, деган фикрни айтди. У математик ҳисоблашлар йўли билан бундай зарранинг заряди манфий ва электроннинг зарядига миқдор жиҳатдан тенг, массаси эса электрон массасидан тахминан 200—300 марта катта бўлиши керак, деган хуносага келди. Бу заррани Юкава «огир электрон» деб атади. 1937 йилда америкалик Лиддерсон ва Педдермейер космик нурлар таркибида мю-мезон деб ном олган яиги заррани кашф этдилар. Мусбат ва манфий зарядли мю-мезонлар бўлиши аниқланди. Уларнинг массаси электрон массасидан 207 марта катта бўлиб, спини  $\frac{1}{2}$  ва яшаш вақти  $2.2 \cdot 10^{-6}$  сек га тенг, мю-мезонлар қўйишдаги кўринишда емирилади:

$$\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \nu + \bar{\nu},$$

яъни мю-мезонлар емирилиши патижасида электрон (ёки позитрон) ва нейтрино билан антинейтрино ҳосил бўлади.

Физиклар аввалгида Юкава айтган зарра шу бўлса керак, деб ўйладилар. Лекин текширишлар мю-мезон

ядро кучлари агенти бўлолмаслигини кўрсатди. Биринчидан, мю-мезонлар ядро-актив бўлмаган зарра бўлиб чиқди, яъни улар модда билан асосан электромагнит майдон воситаси билангиша таъсирашади. Иккинчи дап, протон-протон ва нейтрон-нейтрон орасида таъсири аниқловчи нейтрал мю-мезон мавжуд эмаслиги маълум бўлди. Учинчидан, мю-мезонлар ядро майдонининг ташувчиси бўлиши учун спини 0 ёки 1 га тенг бўлиши керак эди, лекин унинг спили  $\frac{1}{2}$  га тенг экан.

1947 йилда Пауэлл ва унинг ходимлари биргаликда космик шурлар тарқибида пи-мезон деб ном олган янги зарра борлигини аниқлашдилар. Зарядли  $\pi^\pm$  мезоннинг массаси 273 электрон массасига тенг, яшаш вақти  $10^{-8}$  сек, спини 0. Унинг емирилиш вақтида мю-мезон ва нейтронио ҳосил бўлади. Бундан ташқари, нейтрал зарядли пи-мезон ҳам мавжудлиги аниқланди.

$\pi^0$  мезоннинг массаси 263 электрон массасига тенг, яшаш вақти  $10^{16}$  сек, спини 0. Унинг емирилиш вақтида иккита гамма-квант ҳосил бўлади.

Пи-мезоннинг хусусияти уи Юкава заррасининг худди ўзи эканлигини кўрсатди. Юкава ғоясига асосан ядро кучи таъсири қўйндагича бўлади: Нейтрон манфий зарядли пи-мезонни чиқариб протонга, аксинча, протон пи-мезонни ютиб нейтронга айланади. Протон — протон ва нейтрон — нейтрон ораларида таъсири пи-мезон воситасида бўлади. Мезон назариясига асосан нуклонлар мезон майдон квантлари бўлган пи-мезонлар воситасида таъсирашади. Бу назарияга асосан ҳозир кўп ядро процесслариини тушунириш мумкин. Лекин ядро кучи проблемаси, жуда мураккабдир, ҳозирги кунда у тўла ҳал қилингани, деб бўлмайди.

### 6-§. Майдон ва элементар зарралар

Корпускуляр — тўлқин дуализми фақат электромагнит майдон кванди ёки ёргуллик кванди — фотонларга-

гина хос бўлмай, материяниң ҳар қандай бошқа заралариға ҳам хос эканлигини юқорида кўргаи әдик. Бу масалани чуқурроқ анализ қилиш натижасида электромагнит майдон билан зарра (фотон) тўлқин «майдони» ўхаш, ёргуллик квант эса, тинч ҳолдаги массаси полга тенг бўлган «зарра» (фотон)нинг ўзири, деган хуносага келиш мумкин. Ҳозирги замон квант назарияси нуқтаи назаридан ҳар қандай заррани ўша зарралар тўлқин функцияси билан аниқланувчи майдони «квантп» деб қараш мумкин. Масалан, пи-мезонлар нуклонлар орасидаги таъсирни юзага келтирувчи ядро майдони квентидир, электрон эса, қандайдир «электрон майдон» квентидир ва ҳ. к. Лекин улар фотондан фарқли равишда тинч ҳолдаги массага эга ва ёргуллик тезлигидап кичикроқ тезликда тарқалади. Фотон сингари ҳар бир майдон квантни ўша заррани юзага келтирган манба томонидан ютилади ёки нурлатилади. Масалан, пи-мезонлар нуклонлар томонидан ютилади ва нурлатилади. Майдон квантни тушунчаси суперпозиция принципи билан боғлиқ. Бу принципига асосан ҳар қандай майдонни ўша майдонга хос бўлгай «энг содда» майдон ёки майдон элементи (масалан, ясси тўлқин) йиғиндишидан иборат, деб қараш мумкин. Ясси тўлқин, кўрилаётган майдон «квантни»ни характерлайди. Ҳар қандай ясси тўлқиннинг ажралмас характеристикаси бўлган тўлқин частотаси ва узунлиги унга мос квантнинг энергияси ва импульси билан боғланган бўлади. Бу боғланиш универсал характерга эга бўлиб, фақат фотон учунгина эмас, электрон, мезон ва бошқа зарралар учун ҳам қўйидаги кўринишга эга:  $E = h\nu$ ;  $p = \frac{h}{\lambda}$ .

( $E$  ва  $p$  — зарра энергияси ва импульси,  $\nu$  ва  $\lambda$  эса, унга мос тўлқин частотаси ва узунлиги). Эркин зарра импульси ва энергияси қўйидаги ифода орқали боғланган бўлади:  $E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2$ . Бу ерда  $m$  массали зарра ҳолати «элементар», чексиз кўламли ясси тўлқин —

«эҳтимоллик тўлқини» билан аниқланади. Ҳозирги замон физикаси нуқтаи назаридан ҳамма зарралар бундай хусусиятга эга. Зарра ҳақидаги бу янги тушунча атомистик дунёқарашни, элементар зарра тушунчалини бойитди.

Ҳозирги замон физикасига асосан оламнинг элементар «гишталари» ролини элементар зарралар ўйнайди. «Элементар» сўзини ишлатганда доим унинг нисбий эканлигини унутмаслик керак. Бу бизнинг билимимиз — нисбий характерга эгалигидандир. Протон, электрон, мезон ва бошқа зарралар «элементар» зарра деб аталар экан, бу, ҳозирги вақтда ўша элементар зарраларнинг қандай тузилишини аниқ билмаслигимиздандир. Лекин шунга қарамай, кўп физикавий ҳодисаларни элементар зарралар структурасини билмаган ҳолда ҳам ҳозирги замон тажрибалари аниқлнгига тўғри тушунтириш мумкин.

Кўп кишилар зарра деганда жуда кичик, «шарча»ни, «чанг» донасили кўз олдига келтирадилар. Лекин ҳозирги замон физикасига кўра элементар зарра тушунчалини ўзига хос, сифат жиҳатидан янги ва жуда умумий тушунчадир. Ҳар бир элементар зарра шу заррага хос бўлган майдон квanti сифатида қаралади. Кейинги вақтда зарралар орасидаги боғлиқлик, уларнинг хусусиятларидаги умумийлик тобора ойдинлашиб бормоқда.

Кориускуляр концепция нуқтаи назаридан ядро кучларни майдони пи-мезонлардан ташкил тоғган бўлади. Демак, бу майдонни протон ва нейтронларни ўраб олган мезонлар «булути» сифатида кўз олдимишга келтиришимиз мумкин. Бу мезонлар «булути» протон ва нейтронлар хусусиятини аниқлашда жуда катта роль ўйнайди; шунинг учун, протон ва нейтрон тушунчалини мезон тушунчалини ажратиб бўлмайди. Ядро кучининг таъсир радиуси пи-мезон массаси билан аниқланади:

$$r_0 = \frac{\hbar}{m_\pi c}, \text{ бу ерда } m_\pi \text{ — пи-мезон массаси, } c \text{ — ёруғ-}$$

лик тезлиги. Нуклонларнинг магнит моментлари қиймати улар атрофидаги мезон «булутлари» ҳосил этган токлар билан аниқланади.

Элементар зарраларнинг ажойиб хусусиятларидан бири — ҳар элементар зарранинг ўз антизаррасига эга бўлиш хусусиятидир. Ҳар бир элементар зарра ўз «жуфти»га эга бўлиб, уларнинг масса ва сипини бир хил. Бошқа зарралар билан таъсир этиш кучи абсолют жиҳатдан бир хил қийматли бўлиб, улар таъсир кучи ишораси билан фарқланиши мумкин. Биринчи марта электрон — позитрон антизарралар жуфти кашф этилган. Сўнг  $\mu^+$  ва  $\mu^-$ -мезонлар,  $\pi^+$  ва  $\pi^-$ -мезонлар, протон ва антипротон ва бошқа антизарралар жуфти кашф этилди. Нейтрал зарралар ҳам ўз антизарраларага эга бўлар экан. Масалан, нейтрон-антинейтрон, нейтрино — антинейтрино ва ҳ. к. Баъзи бир ҳолларда зарранинг антизарраси учрамайди. Бу ҳолда зарра билан унинг антизарраси бир хил бўлади, яъни зарра ўз-ўзига антизарра бўлади. (Масалан, нейтрал пи-мезон ва фотон.) Лskin ҳамма антизарралар қўйидаги умумий аннигиляция хусусиятига эга бўлади: зарра-антизарра жуфти қўшилиб, бошқа зарраларга айланиши мумкин. Ҳосил бўлган зарраларнинг тинч ҳолдаги массаси қўшилаётган зарраларнинг массаларидан кам ёки нолга тенг бўлиши ҳам мумкин. Масалан, электрон ва позитрон аннигиляцияси натижасида иккита гамма-квант (фотон) ҳосил бўлади. Бошқа антизарралар ҳам аннигиляция натижасида бир неча фотон ҳосил қилиши мумкин. Протон ва антипротон аннигиляцияси натижасида турли зарядли бир неча (ўрта ҳисобда 5 та) пи-мезонлар (кам миқдорда К-мезонлар ҳам) ҳосил бўлиши тажрибалардан аниқланган. Аксинча, етарли кинетик энергияга эга бўлган мезон маълум шароит-

ларда нуклоиларга айланиши мумкин. Масалан, нейтрал  $\pi^-$ -мезон протон ва антипротонга ёки нейтрон ва антинейтронга айланиши мусбат зарядли пи-мезон протон ва антинейтронга айланиши мумкин. Пи-мезонларниң бундай нуклонларга айлана олиши унинг қатор хусусиятларини аниқлайди. Бета-емирилиш процессида ядродан бир вақтнинг ўзида ҳам электрон, ҳам нейтрено чиқади. Демак, электрон-нейтрину майдон ҳақида ҳам сўз юритиш мумкин. Бундай майдоннинг кванди бўлиб электрон-нейтрину хизмат қиласди. Электрон-нейтрину майдон ҳам протон ва нейтриноларниң физиковий хусусиятини белгилайди ва улар орасидаги қўшимча таъсирни аниқлайди. Лекин бу таъсир кучлар ядро ва электромагнит майдонлар таъсир кучларига қараганда жуда суст бўлади.

Шундай қилиб, кўз олдимизда элементар зарраларниң янгидан-янги хусусиятлари намоён бўлмоқда, масалан, нуклонлар фақат электр зарядинигина эмас, ядро заряди, пи-мезон майдони зарядини ҳам ташувчи зарра ролини ўйнар экан. Протон ва нейтронлар ўз навбатида электроннинг физиковий хусусиятларини белгилашда маълум роль ўйнайди, электрон ва нейтрину протон-нейтрон майдон орқали таъсирлашади. Буларниң ҳаммаси элементар зарралар хусусиятининг хилма-хиллигини кўрсатади.

Элементар зарралар учуп бир-бирига айланиш хусусияти характерлидир. Етарли энергияли протон нейтронга айланиши мумкин:  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ . Бунда позитрон ( $e^+$ ) ва нейтрину  $\nu$  ҳосил бўлади. Нейтрон эса электрон ( $e^-$ ), протон ва антинейтринога ( $\bar{\nu}$ ) емирилади:  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ . Нейтрал пи-мезон иккита фотонга емирилади:  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ . Бундана протон,  $\pi^0$ -мезон ва бошқа зарралар элементар зарра эмас деган маъно келиб чиқмайди, албатта. Лекин, биз ўрганиб қолган атомистик дунёқараш иборасининг маъносини ўзгарти-

риб юборади ва қандай заррани элементар зарра, деб ҳисоблаш керак деган саволга жавоб боршини мушкуллаштиради. Нима учун, масалан, ёруғлик таъсирида протон ва электронга ажраладиган водород атомини (фотоэффект ҳодисаси) биз элементар зарра деб ҳисобламаймиз-у, лекин шу ёруғлик (фақат анча катта частотали) таъсирида нейтрон ва мусбат зарядли пи-мезонга айлапувчи протонни элементар зарра, деб ҳисоблаймиз? Бу саволга ҳозирча физика фани тўла жавоб берса олмайди. Ҳозирги вақтда «элементарлик» тушунчаси боғланиш энергиясининг микдорига қараб ҳал қилинади. Водород атомидаги электрон билан протонниң боғланиш энергияси масса дефекти (электрон ва протон массалари билан водород атоми массаси орасидаги фарқ) билан аниқланиб, унга  $E=mc^2$  формулага асосан тўғри келувчи энергия электрон билан протонниң ҳар бирига алоҳида-алоҳида тўғри келувчи энергиядан жуда камдир. Шунинг учун электрон билан протонни атомда алоҳида заралар, деб қарап мумкин. Яъни водород атоми элементар эмас. Лекин протондан пи-мезонниң ҳосил бўлиши учун жуда катта энергия талаб қилинади. Бу ердаги «масса дефекти» пи-мезонниң массасидан ҳам катта бўлиши керак. Шунинг учун пи-мезон ҳосил бўлгунга қадар у протон таркибига кирган бўлиши мумкин эмас, дейилади, яъни протон элементар зарра, деб ҳисобланади. Лекин бошқа ҳоллар ҳам учрайди. Масалан  $\Lambda$ -гиперон массаси нуклон ва пи-мезон массалари йиғинидисидан катта. Шунинг учун,  $\Lambda$ -гиперон протон ва пи-мезонга ёмирилганда, пи-мезон  $\Lambda$ -гиперон ичida «тайёр» ҳолда мавжуд бўлгандек туюлади. Шунга қарамай  $\Lambda$ -гиперон «элементар» зарра ҳисобланади. Бошқа стабил бўлмаган зарралар учун ҳам шу ҳол бажарилади.

Ҳозирги вақтда элементар зарралар сони ўттиздан ошиб кетди. Элементар зарралар проблемаси микрофизиканинг асосий проблемасини ташкил этганлиги

учун, биз бу ерда элементар зарраларнинг баъзи муҳим хусусиятларига қисқача тўхтаб ўтамиз.

Массасига қараб элементар зарралар қўйидаги группаларга бўлинади:

1) енгил зарралар — лептоилар. Буларга нейтрино  $\nu$  ва антинейтрино  $\bar{\nu}^*$ , электрон  $e^-$  ва позитрон  $e^+$  киради. Электромагнит майдон зарраси бўлган фотон алоҳида ўрин тутади ва унинг тинч ҳолдаги массаси нолга teng. Нейтрино билан антинейтринонинг тинч ҳолдаги массаси деярли йўқ даражада, яъни 0,0005 электрон массадан кичик. Позитрон массаси электрон массасига teng, бироқ улар зарядларининг ишораси билан фарқ қиласди. Мю-мезонлар ҳам лептонларга киради. Уларнинг массаси электрон массасидан тахминан 200 марта катта.

Мю-мезонлардан бошқа сингил зарраларнинг ҳаммаси барқарор, яъни стабилdir; уларнинг «яаш вақти»  $10^{20}$  йилдап кўпроқ; мю-мезон ўз-ўзидан  $10^{-6}$  сек вақт ичпда электрон (ёки позитрон) нейтрино ва антинейтринога айланади. Мусбат ва манфий зарядланган мю-мезонлар учрайди;

2) ўртача зарралар — мезонлар; улар икки группа га бўлинади: а) тинч ҳолдаги массаси тахминан 270 электрон массасига teng бўлган пи-мезонлар. Пи-мезонлар манфий, мусбат зарядли ва нейтрал бўлиши мумкин ( $\pi^\pm \pi^\mp$ );

б) массаси 980 электрон массаси атрофида бўлган турли кўринишдаги К-мезонлар. Мезонлар стабил эмас ва уларнинг «яаш вақти»  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-10}$  сек атрофида бўлади, баъзилари  $10^{-15}$  секундгина яшайди;

3) оғир зарралар — барионлар; буларга нуклонлар, яъни протон  $p$  ва нейтрон  $n$ , шунингдек, 1955 ва 1956

\* 1962 йилда икки жил нейтрон ва антинейтрино мавжудлиги аниқланган: мю-мезон нейтрино ( $\bar{\nu}_\mu$ ) ва антинейтрино ( $\bar{\nu}_\mu$ ) электрон нейтрино  $\nu_e$  ва антинейтрино  $\bar{\nu}_e$ )

йилларда очилган уларнинг антизарралари антипротон  $\bar{p}$  ва антинейtron  $\bar{n}$  киради; уларнинг массаси тахминан 1840 электрон массасига teng. Протон стабилdir, лекин нейтрон фақат ядро ичидагина стабил бўлиб, эркин ҳолатда протон, электрон ва антинейтринога айланади.

4) энг оғир зарралар — гиперонлар, уларнинг массаси 2200—2600 электрон массаси атрофида бўлиб, яшаш вақти  $10^{-10}$  сек.

Элементар зарраларнинг заряди ҳам асосий хусусиятларидан бири бўлиб ҳисобланади. Абсолют қиймати бўйича ҳамма зарядланган зарраларнинг заряди бир хил. Ҳар бир манфий зарядли заррапинг мусбат зарядланган зарраси ҳам бўлади. Шундигдек, нейтрал зарядланган зарралар ҳам мавжуд. Буларга фотонлар, нейтрино ва антинейтрино,  $\pi^+$ -мезонлар,  $K^0$  ва анти  $K^0$ -мезонлар, нейтрон, антинейтрон ва уч хил гиперон киради.

Шундигдек, элементар зарралар бир неча квант характеристикалари билан ҳам бир-биридан фарқланиши мумкин. Буларга магнит моменти, спин, жуфтлик, изотоп спин, «ажиблик», барион ва лептон зарядлар киради.

Элементар зарра спини, яъни механик моменти, бутун ёки ярим бутун квант сон билан пфодаланади. Электрон, позитрон, нейтрино, антинейтрино, мю-мезон, протон ва нейтронлар спили  $\frac{1}{2}$  га teng. Бошқа мезонларнинг спини 0 ва фотоннинг спини 1.

Спин тушунчасини зарранинг ўз ўқи атрофида айланиши билан боғлаш мумкин. Лекин бу ерда ўз ўқи атрофида айланадиган зарранн кўз олдига келтириш ярамайди. Спини  $\frac{1}{2}$  га teng бўлган зарралар магнит майдонида икки хил ҳолатни эгаллаши мумкин, деб тушинтирса бўлади: улар спиннинг йўналиши магнит майдон йўналиши бўйича ёки унга тескари бўлиши

мумкин. Спини 1 га тенг бўлган ҳолда йўналиши магнит майдон йўналишига тик бўлган ҳолат ҳам бўлади.

Спиндан сўнг энг муҳим квант характеристика жуфтликдир. Бу «чап ва ўнг тушунчалар» орасидаги фарқ билан боғлангандир. У қўйидагича аниқланади. Квант механикада зарралар ҳолати тўлқин функцияси деб аталувчи  $\psi$  катталик билан аниқланади. Агар  $x, y, z$  координатлар системаси  $-x, -y, -z$  координатлар системаси билан алмаштирилганда  $\psi$  ишорасини ўзгартирмаса жуфтлик  $+1$  га тенг, яъни жуфт экан дейилади. Агар  $\psi$  ўз ишорасини ўзгартирса, зарра жуфтлиги — 1 бўлиб, тоқ жуфтликка эга дейилади. Мураккаб системанинг жуфтлиги уни ташкил этувчи системалар жуфтликларининг кўпайтмаси билан аниқланади.

Энди изотоп спин деб аталувчи тушунчани кўриб чиқамиз. Физиклар баъзи зарралар бир-бирига жуда яқин элементар зарралар группаси — мультиплетлар мавжуд эканлигини сезиб қолдилар. Мисол учун протон билан нейтрон. Протон массаси 1836,12 электрон массасига тенг. Нейтрон эса 1838,65 электрон массасига эга. Уларнинг спинлари тенг.

Протон эркин ҳолатда стабил, нейтрон стабил эмас, лекин ядро ичидаги улар ўзларини бир хил тутадилар. Лекин улар зарядлари билан бир-биридан фарқ қиласди. Бошқа хусусиятлари жиҳатидан бир-бирига шунчалик ўхшашки, уларни турли «заряд ҳолатига» эга бўлган бир хил зарра — нуклон деб қараш мумкин. Мана шу турли ҳолатлар изотоп спинни характеристлайди. Зарралар орасидаги ядро кучлари таъсири уларнинг зарядига боғлиқ эмаслигини кўрсатувчи «заряд боғлиқ-сизлиги» қонуни худди шу изотоп спин тушунчасига тегишилдир.

Шундай қилиб, протон ва нейтрон дублет ҳосил қиласди. Худди шунингдек,  $K^0$ -мезонлар дублет,  $\Sigma$ - гиперонлар триплст ва  $\Lambda^0$ - зарра синглет ҳосил қили-

ши исботланган. Пи-мезонлар ҳам триплет ҳосил қиласы. Унинг  $\pi^+$ ,  $\pi^-$  ва  $\pi^0$  компонентлари бир хил спинга, деярли бир хил массага эта бўлиб, фақат зарядлари билан фарқланади. Ниҳоят яқинда «ажиблик» деб аталувчи янги квант характеристика тушунчаси киритилди. Зарралар системасининг ажиблиги зарядга, изотоп спинга ҳамда зарра ва антизарралар сони орасидаги фарққа боғлиқдир. Антизарра ўзига тегишли заррадан электрон билан позитрон ҳолатда учрайдигандек, заряди билан, магнит моменти ёки спиннинг йўналиши билан фарқ қиласи. Мисол учун, антинейтроннинг спини нейтрон спинидек  $\frac{1}{2}$  га teng, шунингдек, уларнинг магнит моментлари қиймати ҳам teng. Лекин нейтронда магнит момент билан спин йўналиши қарама-қарши бўлса, антинейтроңда уларнинг йўналиши бир хил. Яқинда кашф этилган  $\Lambda^0$  ва К-зарраларнинг изазарий ҳисобларга кўра келтириб чиқарилган яшаш вақтларидан  $10^{14}$  марта узокроқ яшаши аниқлангандан кейин «ажиблик» деб аталувчи квант характеристикаси киритилди. Қейинчалик бу уларнинг вужудга келиш усулига боялиқ эканлиги аниқланди: улар доим жуфтжуфт бўлиб вужудга келар экан ва ҳосил бўлган зарралар турли томонга кетиб, аннигиляция юз беришга улгурмайди.

Барион ва лептон сақланиш қонунини характеристлаш учун барион заряд ва лептон заряд тушунчалари киритилди. Ҳамма барионлар ва лептонларга шартли равишда  $+1$  га teng барион ёки лептон заряд берилади. Антибарион ва антилептонларнинг барион ва лептон зарядлари  $-1$ , деб белгиланади. Бошқа зарраларнинг барион ва лептон заряди  $0$  га teng. Ядро реакцияларида ва зарраларнинг айланишларида барион ва лептон заряд сақланиш қонунлари бажарилиши шарт.

Элементар зарралар ўзаро таъсир этишади. Таъсир

«кучи»га, түгрироғи таъсир этиш вақтига қараб ўзаро таъсир 4 хилга бўлинади.

1) кучли — оғир зарралар орасидаги таъсир. Мисол учун ядрода протон ва нейтронларин  $\pi^0$ - мезонлар бирбирига болгаб туради. Бу таъсир ўлчовсиз ва тахминан бирга тенг бўлган доимий билан характерланади ва  $10^{-23}$  сек вақт ичизда рўй беради.

2) ўртача — электромагнит таъсир, яъни енгил зарраларнинг фотон воситаси билан таъсири. Масалан, позитрон ва электрон айнигиляцияси. Бу ўртача таъсирни характерлайдиган ўлчовсиз доимий тахминан  $\frac{1}{137}$  га тенг. Яъни бу таъсир кучли таъсирга қараганда 137 марта секин рўй беради.

3) кучсиз — оғир ва енгил зарралар орасидаги таъсир, чунончи, нейтроннинг протон, электрон ва антинейтринога айланиш процесси. Бу таъсир доимийси  $10^{-14}$  яқин бўлади. Кучсиз таъсир нейтроннинг ютилиши ёки чиқарилиши билан кузатиладиган радиоактив бета-емирилиш процессида, шунингдек, нейтрино қатнашмайдиган баъзи мезонлар айланиши процессида кузатилади ва тахминан  $10^{-8}$  сек давомида рўй беради.

4) Бу уч таъсирдан бошқа гравитацион таъсир ҳам бор. Бу таъсир жуда кучсизdir. Унинг доимийси тахминан  $10^{-39}$ , шунинг учун атом ҳодисалари кўрилганда бу таъсир ҳисобга олинмайди. Кучсиз таъсир билан рўй берувчи ҳодисаларда ҳолат жуфтлиги ҳамма вақт сақлана бермайди.

Лекин кучли ва ўртача таъсир кучи билан кузатиладиган процессларда жуфтлик сақланади: фақат жуфтлик сақланиш қонуни бажариладиган процессларгина бўлиши мумкин.

Ядро кучлари электромагнит ва гравитация кучидан катта фарқ қиласи. Маълумки, электр майдон кучи Кулон қонуни билан аниқланади:

$$f = k \frac{e_1 e_2}{r^2},$$

бунда  $f$  бир хил ишоралы зарядлар орасидаги итаришиш кучи ёки турли ишоралы зарядлар орасидаги тортпыш кучи  $e_1$  ва  $e_2$  зарядлар миқдори ва  $r$  — улар орасидаги масофа,  $k$  — зарядлар орасидаги муҳитни характерловчи доимийдир.

Магнит қутблари орасидаги таъсир куч ҳам худди шундай күришишдаги қонуният билан аниқланади. Бу электр ва магнит майдон таъсир кучлари масофа квадратига тескари пропорционал бўлиши билан жисмлар орасидаги тортишиш (гравитация) кучига ўхшайди. Ядро кучлари жуда қисқа масофадагина таъсир қилиши билан фарқланади. Ядро кучи тажрибалар асосида аниқланган қуидаги тахминий қонунга бўйсунади:

$$f = kr \frac{1}{r} e^{-\frac{r}{r_0}}$$

бунда  $r_0$  — тахминий  $10^{-13}$  см га тенг бўлиб, у ядро кучлари таъсир радиуси дейилади.

Бундан ташқари, ядро кучлари тензор характеристерга эгадирлар, яъни спиннинг йўналишига ҳам боғлиқ бўлади. Ядро кучларининг табиати ҳалигача яхши ўрганилган эмас.

Ҳозирги вақтда атом ядросининг тузилиши ҳақида бир неча моделлар яратилган. Бир моделга асосан ядрони суюқлик томчисига ўҳшаган деб қаралса, иккинчисига асосан ядродаги нуклонлар худди атомдаги электронлар сингари маълум орбиталар бўйича ҳаракат қиладилар, деб қаралади. Тажриба натижалари баъзи ҳолларда «суюқлик томчиси» моделига асосан яхши тушунтирилса, баъзи ҳолларда «қобиқ» модели асосида тушунтирилади. Охирги йилларда ишлаб чиқилган ва такомиллашаётган «умумлашган» ядро модели асосида тажриба натижалари яхши тушунтирилмоқда.

Элементар зарраларниң бир-бирига айланиши процессларда, умуман ҳамма физикавий процессларда рўй берганидек, турли сақланиш қонунлар бажарилади.

Мисол учун импульснинг сақланиш қонунида  $\vec{p} = m\vec{v}$  катталик ўзгармаслиги керак; бу ерда  $m$  — зарра массаси,  $\vec{v}$  — унинг тезлиги, тезлик синтегри импульс ҳам вектор катталикдир. Импульснинг сақланиш қонуиига асосан, берк система учун ҳамма зарралар импульсларининг вектор йигинидиси ҳар қандай процесс юз берганда ҳам ўзгармасдан қолиши керак.

Ҳамма процесслар энергияниң сақланиш қонунига бўйсунади. Бу қонунга асосан берк системада рўй берувчи ҳамма процесслар учун тўла энергия доим ўзгармас бўлиб қола беради. Ва ниҳоят, ҳаракат миқдори моментининг сақланиш қонуни ҳам бажарилади.

Зарра радиус вектори  $\vec{r}$ ning зарра импульси  $\vec{p}$  га вектор кўпайтмаси  $\vec{M} = [\vec{r} \quad \vec{p}]$  — ҳаракат миқдори моментини беради. Берк системадаги ҳамма зарраларниң ҳаракат миқдори моментларининг вектор йигинидиси ўзгармас бўлиб қолади.

Микрозарралар икки хил табиатга эга бўлғанилквари учун бир вақтнинг ўзида ҳаракат миқдори моментининг абсолют қиймати  $|\vec{M}|$  ва унинг бирор ташкил этувчисигина аниқ қийматга эга бўлиши мумкин.  $\vec{M}$  нинг уч ташкил этувчиси ҳам бир вақтнинг ўзида аниқ қийматга эга бўлолмайди (Гейзенберг аниқсизлиги).

Юқоридаги уч қонун материянинг асосий яшаш шаклларидан бири бўлган макон — вақт хусусиятлари билан боғлиқдир.

1918 йилда немис математиги Эмми Нетер гравитация майдони бўлмаганда юқоридаги уч қонунни макон ва вақтнинг бир жинслилиги ва изотроплигидан келтириб чиқариш мумкинлигини кўрсатади. Макон бир

жинслилигидан импульснинг сақланиш қонуни, унинг изотроплигидан ҳаракат миқдори моментининг сақланиш қонуни, вақт бир жинслилигидан энергиянинг сақланиш қонуни келиб чиқади. Макон ва вақт бир жинслилиги шуи билдирадики, физика қонуилари бир жойдан иккипчи жойга кўчганда ва вақт ўтиши билан ўзгармайди.

Маконнинг изотроплиги шуни билдирадики, вақтдан фарқли равишда макон ҳамма йўналишлар бўйича бир хилдир.

Макон ва вақт бир жинслилиги биргаликда ўнг ва чап саноқ системаларининг эквивалентлилигини кўрсатади (чап саноқ системаси ўнг саноқ системасининг кўзгудаги тасвиридир). Бу системаларнинг эквивалентлигидан жуфтлик сақланиш қонуни келиб чиқади.

Биз юқорида айтиб ўтгандек, кучсиз таъсирларда юз берувчи ироцессларда жуфтлик сақланиш қонуни бажарилмайди. Бу қийинчиликлардан қутулиш учун 1956 йилда совет физиги Л. Д. Ландау янги назария яратди. Бу назарияга асосан жуфтлик сақланиш қонунининг бажарилмаслиги макон хусусияти билан эмас, зарраларнинг ўзига хос бўлган хусусият билан тушунилтирилади.

Фазо инверсияси бажарилганда (ўнг ва чап саноқ системалар бир-бирига алмаштирилганда), у билан бир вақтда зарра заряди ўз ишорасини ўзgartирса, зарра ўзининг антизаррасига айланади. Демак, биз яшаб турган дунё макони оддий инверсияга нисбатан шунинг учун ҳам симметрик эмаски, нормал шароитларда унида антизарралар йўқдир.

Мавжуд тажриба натижалари Ландау назариясининг тўғрилигини кўрсатади. Лекин бошқа гипотезалар ҳам бор. Масалан, совет физиги И. С. Шапиро фикрича, тахминан  $10^{-17}$  см масштабдаги макон учун симметрия тушунчасини қўллаш мумкин эмас.

1959 йил бошларида кучли таъсир орқали рўй бе-

рұвчп баъзи ҳолларда ҳам жуфтлик сақлашиш қоңуни бажарылмаслиги аниқланди. Юқорида айтилғанлардан, биз яшаб турған дунёning күзгудаги аксидан иборат бўлган «антидунё» мавжуд бўлиши керак, деган фикр пайдо бўлади. Бизнинг дунёмизда антизарралар кам учраганидек, «антидунё»да зарралар кам учраши керак. «Антидунё»да «антиэлемент» атом ядролари анти-протон ва антинейтронлардан ташкил топган бўлиши керак. «Антидунё»да, эҳтимол Больцман кўрсатганидек энтропия доим ортиб бормасдан, аксинча, камайиб борар, физикавий процесслариниг оқиш йўналиши теска-ридир.

«Антидунё» биз кузата олишимиз мумкин бўлган дунёдан шунчалик узоқ жойлашганки, улар ўзаро таъсири этмайдилар. Мезоатом, гиператом ва позитронийларнинг (улар стабил эмас) мавжудлиги «антидунё» мавжудлиги ҳақидаги фикрнинг кичик далили бўла олиши мумкин. Мезоатом ядродан ва унинг атрофида электроилар ўрнида айланиб юрувчи мезон «булути» дан ташкил топгандир. Гиператом ядроси нуклонлардан эмас, гипронлардан иборат. Позитроний эса умумий оғирлик маркази атрофида айланиб юрувчи электрон ва позитрондан ташкил топган. Космосдан, хусусан, Оқ қуш юлдузлар туркумидан бизга етиб келаётган радио тўлқинлари модда ва антимодда ўзаро таъсири натижасида ҳосил бўлган, деган фикрлар ҳам мавжуд.

Бу фикрларнинг келиб чиқишига сабаб бўлган макон ва вақт хусусиятларининг ўзгармас эканлиги ҳақидаги тушунча нисбий эканлигини назарда тутиш керак. Диалектика қонунларига асосан «ҳамма нарса ҳаракатда, ҳеч нарса ўзгармасдан қолмайди. «Ҳар қандай физикавий қонунларнинг ўзгармаслиги бирор чекланган соҳа учун тўғри бўлиб, ундан ташқарида қонун нотўғри ёки шу кўрилаётган ҳодиса ўз маъносини йўқотиши мумкин. Лекин бу кўрилаётган соҳанинг макон

ва вақтдаги ўлчови шундай катта бўлиши мумкинки, уни тасавур қилиш ҳам мумкин бўлмай қолади.

«Антидунё» мавжудлиги ҳақидаги фикр ҳозирча қизиқ бир гипотезадир холос. Лекин у диалектик материализмнинг материя чексизлиги ва ички қарама-қаршиликларга эга эканлиги ҳақидаги таълимотига зид эмас.

Кейинги вақтда жуда қисқа вақт яшайдиган элементар зарралар таъсири вақтида ҳосил бўлувчи ва резонанс деб аталувчи элементар зарраларнинг резонанс ҳолатлари мавжудлиги аниқланди. Резонансларнинг характерли хусусияти уларнинг жуда қисқа яшашидир. ( $10^{-22} \div 10^{-23}$  сек). Улар ҳосил бўлган нуқтанинг ўзида емирилади. Шунинг учун резонансларни фақат уларнинг емирилишидан ҳосил бўлган иккиласми зарраларнинг изига қараб ажратиш мумкин. Элементар зарраларни системага солиша резонанслар қулийлик учун алоҳида группага бириттирилади. Ҳозир жуда кўп резонанслар мавжуд эканлиги аниқлаинган. Элементар зарралар, уларнинг антизарралари ва резонансларни ҳисобга олганда элементар зарралар сони 200 дан ошиб кетади. Ҳозирги замон физикасининг тушуниришича, резонанслар пионлар ёки пионлар билан гиперонларнинг қисқа яшовчи ассоциациясидан ташкил топган. Улар ўз энергиясига, заряд, спин, изотоп спин ва бошқа квант характеристикаларига эга.

Биз юқорида элементар зарраларнинг массаларига қараб тўртта катта группага бўлинганини кўрган эдик. Элементар зарраларнинг баъзи умумий хусусиятларига қараб бундай группаларга бириттириш, уларнинг номаълум хусусиятларини, элементар зарралар дунёсида ҳукм сурувчи баъзи қонуниятларни аниқлашга ёрдам беради. Элементар зарраларни системага солиша уринишлар ҳозирги кунда ҳам давом этмоқда.

Кучли таъсири этувчи, бир хил спин, бар ion заряд ва жуфтликка (лекин ҳар хил массали), электр за-

рядли изотоп спин ва ажибликка эга бўлган зарраларни 8 ёки 10 тадан «супермультиплет»ларга биритириш, айниқса муваффақиятли бўлиб чиқди. Бундай супермультиплетларга бирикувчи элементар зарралар, массалар фарқини ҳисобга олмаганда кучли таъсир процессларида ўзларини бир хил тутар эканлар.

1965 йилда Гелл-майн ва Цвейг мезон ва барион мультиплетларга кирувчи ҳамма зарралар учта фундаментал зарралардан тузилган бўлиши мумкин, деган фикрни айтдилар. Бу зарраларни улар «кварклар» деб атади. Шуниси қизиқки, кварклар каср квант сонларга эга бўлиши керак. Масалан, уларнинг электр заряди  $\frac{1}{3}$  электрон зарядига каррали ва барион заряди  $\frac{1}{3}$  га тенг. Бу ҳолда барионлар уч кварк (икки кварк ва бир антикварк)дан, мезонлар эса икки кварк (кварк ва антикварк)дан ташкил топган, деб қараш мумкин. Ҳозирга қадар каср зарядли зарраларни қидиришлар ҳеч қандай натижа бермади. Улар ё жуда оғир массага эга бўлиши, ёки умуман бўлмаслиги керак. Эҳтимол, барион ва мезонларни кварклардан тузилган деб қараш қулай математик усуслни қўллаш натижасидир.

1971 йилда Белоруссия Фанлар академиясининг академиги Н. Акулов ўзининг кўп йиллик тадқиқот ишларининг натижаларини умумлаштириб, элементар зарралар хусусиятини аниқлашда янги метод яратди. Н. Акулов элементар зарралар хусусиятини ўрганиб, материянинг универсал квантлари (қисқача, униквантлар) мавжуд бўлиши керак, деган хуносага келди. Нейтринодан бошлаб ҳамма элементар зарралар шу униквантлардан ташкил топган бўлади. Униквантлар мусбат ёки манфий зарядга ва спинга эга бўлиши керак. Лекин уларнинг қиймати электрон заряди ва спин қийматидан икки марта кичикдир. Униквант массаси унинг микрозарра ичидаги қандай сатҳда бўлишига боғлиқ бўлади. Энг пастки ҳолатда униквант массаси электрон массаси-

нинг ярмига тенг ва ҳ. к. Масалан, электрон магнит кучлари ёрдамида бириккан иккита манфий зарядли униквантдан ташкил топган, деб тушунтирилади. Олим яна қуидаги муҳим принципни таърифлаб берди: агар элементар зарралар массаларининг ортиб бориши тартибида, Менделеев жадвалида элементларнинг жойлашишга ўхшатиб жойланса, маълум даврлар ҳоснил бўлар ва ҳар бир зарра ўз қаторидаги ўзига қадар жойланган зарралардан ташкил этилганлигинин кўрсатиш мумкин. Акулов назарияси элементар зарраларни системага солиш ва уларга хос умумий қонуниятларни аннқлаш йўлида қилинган сўнгги ишлардан биридир.

Модда тузилишининг ягона назарияси ҳали яратилган бўлмаса ҳам аниқланган эмпирик катталиклар ва майдон квант назарияси ёрдамида элементар зарраларнинг ўзаро таъсир процессларини, уларнинг туғилиши ва йўқолиши (айланиш) актларини маълум даражада тушунтириб бериш мумкин.

Сўнгги вақтда микродунё физикаси соҳасида қилинётган кашфиётлар шу вақтга қадар жуда сирли бўлиб келган кучсиз таъсир табнатини аниқлашда катта аҳамият касб этиб, оламнинг физикавий манзарасини яратиш имконини туғдирмоқда. Микродунё тасвирини ойдинлаштирувчи шу кашфиётларга қисқа тўхтаб ўтамиз.

Беш стабил элементар зарра — протон, нейтрон, электрон, фотон ва гравитон — олам барқарорлигининг асосини ташкил этади. Энг сўнггиси — гравитон (бу зарранинг ҳам тинч ҳолдаги массаси нолга тенг бўлиши керак) ҳали кашф этилган эмас, лекин физиклар унинг мавжудлигига шубҳа қилмайди. Турли элемент ядро ва атомлари, хилма-хил модда бўлаклари шу фундаментал зарралардан ташкил топган бўлиб, уларда зарралар электромагнит, гравитацион, кучли ва кучсиз таъсирлар туфайли ўзаро боғланган бўлади.

Гравитацион таъсир космосдаги макрожисмларнинг

ўзаро бодланиши ва ҳаракатланишида намоён бўлади, электромагнит таъсир бизга жуда яхши таниш бўлиб радио тўлқинлари, ёруғлик нури, рентген ва юқори энергияли гамма-нурланишлар табиатини аниқлайди. Айниқса, бу таъсир атом тузилишини таъминлаб, ҳамма моддаларнинг химиявий хусусиятларини аниқлайди.

Кучли таъсир — ядро кучлари ҳам деб аталиб, улар ядродаги протон ва нейтроиларнинг ўзаро бодланишини, оғир элементар зарралар орасидаги таъсирини таъминлайди. Уларнинг таъсир этиш масофаси жуда қисқа.

Кучсиз таъсир кучли таъсир масофасидан ҳам қисқа масофага таъсир этувчи куч бўлиб, улар баъзи элементар зарраларнинг ўзаро таъсирида ва ядроларнинг емирилишида намоён бўлади. Бу процесслар факат кучсиз таъсир воситасида рўй беради.

Электромагнит таъсиrlарда таъсир кучини ташувчи зарра массаси нолга тенг бўлган фотондир ва таъсир масофаси чексиз катта бўлиши мумкин. Гравитацион таъсир ҳолида ҳам аҳвол шундай бўлади. Кучли таъсир воситасида бўладиган процессларда зарралар протон, нейтрон ёки турли гиперонлар билан алмашадилар. Бу таъсир ташувчи зарралар катта массага эга бўлгани учун (фотон ва гравitonлар массаларига нисбатан) кучли таъсир радиуси жуда қисқа бўлади ва тахминан  $10^{-13}$  см га тенг. Кучсиз таъсиrlарда алмашинувчи, яъни таъсири ташувчи зарралар массаси янада катта бўлиши керак. Шунинг учун ҳозирги замон юқори энергияли тезлаткчларда олинган зарралар билан амалга оширилган турли ядро процессларида ва элементар зарраларнинг ўзаро таъсиrlарида ҳам кучсиз таъсир воситачиси бўлган оғир зарраларнинг кузатилиши қийин бўлмоқда. Кучсиз таъсир радиуси жуда кичик бўлиб,  $10^{-15}$  см дан кичик.

Таъсир радиуси билан таъсири ташувчи воситачи

**Зарранинг массаси орасидаги бундай тескари боғланиш аниқсизлик принципининг натижасидир.**

Аниқсизликка эга бўлган узлукли квант электродинамикаси дунёсидан тобора аниқроқ бўлган дунёнинг яратилиши ажойибdir. Ҳақиқатан, ядро, сўнг атом, сўнг молекулалар, кристаллар... бу мураккабликнинг яратилиши кетма-кетлиги ва таъсирини тушунишимиз учун таъсири кучлар табиатини аниқ билишимиз зарур. Кучсиз таъсири узоқ вақт давомида сирли куч бўлиб келди ва ниҳоят, 1967 йилда Стиван Вайнберг ва Абдус Салам кучсиз ва электромагнит таъсиirlар бир хилдир деган фикрни айтишиди. Лекин кучсиз таъсири жуда суст ва жуда кичик масофада намоён бўлади. Кучсиз таъсирининг «қўёли қисқа», лекин жуда оғир зарралар воситасида таъсирии узатади. Бу алмашинувчи зарра —  $W$ -зарралар (ёки бозонлар) массаси протон массасидан бир неча ўн марта катта бўлиши керак.

Демак, вазнсиз фотон билан оғир бозон бир оиласа мансуб бўлган зарралар экан, деган хулоса келиб чиқади. Бундай «қариндош-уруглик»нинг сабабини тушунириш жуда қийин. Лекин бунга сабаб фотон ва бозонларнинг ҳаракатини ифодаловчи тенгламаларнинг бир хил симметрия групласига бўйсунишидир. Шундай экан, бу тенгламалардан зарраларнинг ўзаро кучсиз таъсиралишида алмашишадиган ҳамма зарралар «ҳисоблаб чиқиши» мумкин. Бозонлар «ҳисоблаб чиқарилди». Улардан энг қизиқарлиси ва энг оғир зарра —  $Z$ -бозондир. Унинг заряди нолга teng, массаси 79,6 протон массасига teng. Кучсиз таъсириланувчи зарралар  $10^{-15}$  см масофага яқинлашишганда ўзаро шундай бозонлар воситасида таъсиралишиши керак. Ана сизга кучсиз таъсирининг «кучи»!

Лекин ҳар қандай назария тажрибада тасдиқланиши зарур. Олимлар бозонларнинг мавжудлигини тажрибада исботлашга кириптиб, бозон ёки агар у ҳосил

бўлса, унинг қолдирган «изларини» топишга ҳаракат қила бошладилар. Энг қулайи  $Z$ -бозонларга хос эфектларни кузатиш бўлди. Бу зарралар нейтриноларнинг протон ва нейтронларда сочилиши жараёнида намоён бўлиши мумкин.  $Z$ -бозонларнинг воситасида бўладиган ҳамма процесслар «нейтрал токлар» номини олди. Лекин бу процессларни кузатишда асбобларнинг сезгирилиги узоқ вақтгача етарли бўлмай келди. Кўп физиклар бундай процессларнинг мавжудлигидан шубҳаландилар ҳам. Лекин 1975 йилда Женевадаги ядро тадқиқотларининг Европа марказидан олинган хабарларда айтилишича, бундай процесслар мавжуд бўлиши керак. Улар йиллар давомида нейтриноларнинг протон ва нейтронларда сочилишини бир неча юз ҳолини кузатдилар. Нейтринолар  $Z$ -бозонлар воситаси билангина таъсиrlаниб сочилиши мумкин. Бу эса Вайнберг — Салам назариясини тасдиқловчи биринчи хабар эди. Демак, кучсиз ва электромагнит таъсиr бирлиги мавжуд. Шундай экан, энди элементар зарралар ўзаро тўрт хил куч воситасида эмас, фақат уч хил куч воситасида таъсиrlаниши керак, деган хulosса келиб чиқади. Бу кучлар гравитация таъсиr кучи, «электромагнит + кучсиз таъсиr» кучи ва ядро кучлари.

Кучсиз таъсиrlанинг янги назариясидан келиб чиқувчи «нейтрал токлар» хulosаси ўта янги юлдузларнинг ҳосил бўлишини тўғри тушунтириб берди. Ўта янги юлдузнинг вужудга келиши массив юлдузнинг кучли гравитация кучи таъсирида унинг кескин қисқаришидан бошланади. Юлдузнинг бундай «ичига» портлашидан кейин тескари портлаш — ташқарига ортиқча модданинг улоқтириб ташланиши процесси қандай юз беришини тушунтириш қийин эди.

Юлдуз гравитация кучи таъсирида кескин сиқилгандан кейин бу сиқилишга қарши қандай куч таъсирида унинг ортиқча моддаси сртга улоқтириб таш-

лапиб, сүнг барқарор нейтрон юлдуз ҳосил бўлади?

1966 йилда Нью-Мексикалик олимлар Солгайт ва Уайт сиқилган юлдуз сиртқи қатламининг бир қисми-ни юлдуз марказида ҳосил бўлгай нейтринолар оқими-нинг босими сиртга улоқтириб ташлайди, деб фараз қилдилар. Лекин Калифорниялик Уилсоннинг ўша вақтда мавжуд бўлган кучсиз таъсир назарияси асосида ҳисоблашлари шуни кўрсатдики, нейтрино оқими юлдуз қобигидаги бир қисм моддани сиртга улоқтириб ташлаши мумкин эмас. Чунки эски назарияга асосан нейтринолар модда орқали жуда бемалол ўтиши керак эди.

Яқинда Нью-Йорклик Даниель Фридман нейтрал процесслар нейтринонинг модда билан таъсирини тартибга солиши кераклигини пайқаб қолди. Аниқланишича, бу ҳолда нейтрино ядродаги протон ва нейтронлар билан алоҳида таъсирилашмай, ядро билан таъсирилашар экан. Бу ҳолда сиқилаётган юлдуз марказидан чиқувчи нейтрино оқимининг босими юз марта ортиб кетади. Натижада юлдузнинг сиртқи қисмидаги, асосан темир элементидан иборат бўлган модда ҳар томонга қараб улоқтирилиб ташланади.

Уилсон қўшимча ҳисоблашлар асосида Фридман фикрини тасдиқлади. Кучсиз таъсириниң янги назарияси «шундай қилиб» мустаҳкамланди. Бу узоқ космосдаги юқори энергияли гигант юлдузлар масштаблари  $10^{-15}$  см дан кичик бўлган процессларда ҳосил бўлар экан. Кучли таъсир масофаси ҳам шунга тенг. Натижада кучли портлаш юз бериб, бўшлиқда бир зумга ўта янги юлдуз чараклайди.

Кучли таъсири ҳам бирор бошқа таъсир билан бирлаштириш мумкин эмасмикан, деган савол тугилади. Мумкин ташки тажриба шароити буни аниқлашга имкон бермас. Эҳтимол, шароит ўзгартирилиши би-

лан, кучли таъсир ҳам кучсиз таъсирга ўхшаш эканлигى билиниб қолар. Ҳақиқатан ҳам гарвардлик Д. Политцер ва ундан бехабар ҳолда пристонлик Д. Грасс ва Ф. Вильчеклар ажойиб қонуниятни кашф этдилар. Вайнберг назариясига ўхшаш назарияга кўра ўзаро таъсир энергиясиинг ортиши билан «кучли таъсир» нинг эффектив таъсир кучи камаяр экан. Бу эса чегаравий ҳол учун ҳозирга қадар ҳисобланишн муаммо бўлган кучли таъсирни кучсиз ва электромагнит таъсир методларидан фойдаланиб ҳисоблаш мумкин, деган хуносага олиб келади. Эҳтимол, бу хуроса фақат жуда юқори энергиялар учунгина тааллуқлидир. У ҳолда, жуда юқори энергияларда кучли таъсир кучсиз таъсирга айланади. Яъни кучли таъсир кучсиз таъсирнинг ўзи-ю, лекин «суст энергиялар» дунёсида у ўзини кучли таъсир сифатида намоён этади.

Ҳозирги мавжуд тезлаткичларда тезлантирилган зарраларнинг энергияси жуда кичик бўлганлиги сабабли элементар зарраларни кваркларга парчалаш мумкин бўлмаётганмикан? Хуллас, элементар зарралар микродунёсида ҳамма нарсалар «аралашиб» кетгандек туюмдоқда. Балки катта энергияларда кучли таъсир кучсиздек, аксинча, кичик энергияларда кучсиз таъсир кучлидек намоён бўлар.

Стiven Вайнберг бундай ҳолнинг бўлиши эҳтимол, деб ҳисоблади. Унинг фикрича, кучли таъсир ўз ички табиати билан кучсиз ва электромагнит таъсирларга ўхшашдир, бир хилдир.

Ҳозирча, табиатда мавжуд таъсир кучлар тўртта ёки иккита, деб фол очишга эртароқ. Эҳтимол ҳамма таъсир кучлар табиати бир хилдир. Ҳар ҳолда табиат сирларини ўрганиш соҳасида яна бир қадам ташланди. Яқин орада янги назария яратилиб қолиши эҳтимолдан холи эмас. Унга кўра бир неча стабил элементар зарралар ва икки ёки ягона таъсир тури асосида ҳар хил структура-

ли ва шаклдаги моддий оламни тушунтириб бериш мумкин бўлар. Агар шундай назария яратиладиган бўлса, ундан келиб чиқадиган хуносаларни кўз олдимизга келтириш ҳам қийин. Эҳтимол ўшанда аниқ фан атрофимиздаги моддий олам «қандай» тузилган деган саволга жавоб берибгина қолмай, «нима учун шундай» тузилган деган саволга жавоб бериш имконига ҳам эга бўлиб қолар.

---

## МАТЕРИЯ ТУЗИЛИШИ ҲАҚИДА

### 7-§. Материя тузилиши ва оламнинг моддий бирлиги

Оlam ўз табиатига кўра моддий ва унда рўй берувчи ва кузатилувчи ҳамма ҳодисалар ҳаракатдаги материянинг турли ҳолати ёки хусусияти натижасидир. Материя — бизни ўраб олган объектив, яъни онгимизга боғлиқ бўлмаган ва ундан ташқарида мавжуд бўлган реалликдан иборатdir. Материяни унинг хусусиятлари ва намоён бўлиш шакллари билан биргаликда қараш керак.

Материя ҳаракати ва ривожланиши қонунларининг умумийлиги оламнинг моддий бирлигига мисол бўла олади. Масалан, элементар зарра ва атомларнинг Ерда ва космосда намоён бўлиш шакллари турлича бўлса-да, уларнинг ўзаро таъсир қонунлари бир хилдир. Бундан фойдаланиб биз узоқда жойлашган юлдуз ва планеталарнинг хусусиятларини, улар тарқатаётган электромагнит нурланишларни Ердаги жисмларнинг нурланишлари билан солишириб ўрганишимиз мумкин. Olамнинг моддий бирлигини материянинг олий формаси тирик организмларда кузатиладиган ривожланиш қонуниятларида ҳам кўриш мумкин.

Ердаги тирик мавжудотлардан бошқа дунёдаги тирик организмлар қанчалик фарқланмасин атрофдаги муҳит билан модда алмасиниш, ўсиш ва ривожланиш хусусиятлари улар учун ҳам хос бўлади. Бу ҳаракат формасининг

бир кўриниши бўлган ҳаётнинг умумий ва муҳим хусусиятларидан биридир.

Оlamning moddijiy birligi tabiat ҳодисаларининг tabiat қонунларига bўйсунган ҳолда, sababiyat principiga, materialiya va uning muҳim xususiyatlарinинг saqlanishi қonunlariiga asosan vujudga keliishiда ҳам namoēn bўladidi. Olamda ҳеч қандай gайри-tabiiy, moddijiy asosiga эга bўlmagan, fan, ilm va tajriba asosida tushuntiriш mumkin bўlmagan ҳodisa учрамайди. Niҳоят, olam moddijiy birliginинг энг muҳim namoēn bўliши uning zamonda abadiй mavjуд bўliши, йўқдан bor va bordan йўқ bўlmaslik xususiyati, makonda cheksiz va tuziliшининг bennixоялигидадир. Materialiya ҳamma ҳodisa va narsalarinинг moҳiyati, boш negizi sifatida absolut, ҳechdan yaratilmaydi va butunlai йўқ bўlib ketmайдi. U doim bир ҳolatdan ikkinchisiga ўтиб, ўзгариб turadi. Uning ҳamma ўzgariшlari maъlum sabablarغا kўra bўlib, tabiat қonunlariiga bўйсунади.

Olamning birligi ҳaқida sўz kетганда, olam tuzulishinинг bir xilligini tushuniш яramайдi, albatta. Er sharoitiда учрайdig'an kўp қonunlar galaktika mashtabida namoēn bўlsa ҳam, ularning taъsiри ҳamma erda bир xil bўladidi, яъni ҳamma erda moddанинг bir xil shakkлari mavjуд, bir xil himиявий biirkimalar ҳosil bўladidi, deb tushuniш soddalik bўlar edi. Чупки ҳар қандай muайyan sifat maъlum ўlчov chegaralariida gina mavjуд bўlib, u cheksiz katта ёки cheksiz kichik miқdorij қiyamatlarга эга bўliши mumkin emas. Bu miқdorij ўzgariшlarinинг sifat ўzgariшlariiga ўtiш umumiy қonunidan keliib chiқadi. Bu қonuniga asosan moddijiy obъektlar ҳolati va xususiyatlariда rўy beruvchi miқdorij ўzgariшlar maъlum rivожlaniш poғanasiда tub sifat ўzgariшlariiga olib keladi. Яnги sifat esa boшقا miқdorij xarakteristikalarpaga эга bўlib, rivожlaniшning boшقا miқdorij қonunlariiga bўysunadi. Materialiya turлari, shakli xilm-a-xildir, sifat

жиҳатдан бениҳоядир. Ҳаракат формалари ҳам бир-бипдан фарқланиб, масалан, космик обьектлар ҳаракат қонунлари элементар зарралар таъсир қонунларига ўхшамайди. Олдин маълум бўлган материянинг доим янги хусусият ва қонунлари кашф қилиниши мумкинлигини эътироф этиш керак. «Одамзод ақли табиатда кўп ажойиб-гаройиб нарсаларни кашф этган ва ҳали яна кўп нарсаларни кашф этиб, шу билан табиатга ўз ҳукмронлигини орттириб боради...»<sup>1</sup>, деб ёзган эди В. И. Ленин.

Илгариларни оламнинг моддий бирлиги унинг тузилишидаги бир хиллик, бир жинислнкдан иборатdir, деб тушунилар эди. Чунки оддий шароитларда маълум бўлган материя хусусиятлари ва қонунларини бутун коинотга тадбиқ этиш мумкин, деб ҳисобланган. Масалан, бундай қарап XVII—XIX асрларда ҳукм сурган оламнинг механистик манзараси чегарасида мавжуд бўлган. Галилей ва Ньютон классик механиканинг муҳим қонунларини таърифлаб бердилар. Ньютон ва Лейбниц яратган дифференциал ва интеграл ҳисоблаш бу қонунларни турли шароитлардаги жисм ҳаракатларига тадбиқ этишининг аниқ математик ифодасини келтириб чиқаришга имкон яратди. Физика аниқ миқдорий ҳисоблаш имконига эга бўлган фанга айланди. Ньютон механикасига асосан ҳамма макрожисмлар ҳаракатини ўрганиш мумкин бўлди. Айниқса, Ньютон назариясининг осмон механикасига муваффақиятли тадбиfi, Ньютон механикаси қонунларини коинотдаги ҳамма жисмлар ҳаракатига ва жумладан, микродунё учун ҳам тадбиқ этиш мумкин, деган фикрга олиб келди. Материя тузилишида оддий иерархия принципи ҳукм суради, яъни ҳар бир оддий система ундан мураккаброқ тузилган системани ташкил этади, у эса ўз навбатида ўзидан соддароқ системалардан тузилган бўлади, деб ҳисоблан-

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14-том, 314-бет.

ди. Ҳар бир системаниң ташкىл этувчи таркибий элементлар эса бутун олам тортишиш кучи таъсирида бирлашган бўлиб, таъсир кучи таъсирилашувчи жисмлар массаларининг кўпайтмасига тўғри ва улар орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционалдир. Материянинг ички тузилишида ҳам тортишиш кучи мавжуд, лекин унга атомларни макроскопик жисмларга бириктирувчи электр ва магнит таъсир кучлари ҳам қўшилади.

Олимлар ҳар бир жисм, жумладан тирик организм ҳам атомлардан ташкил топганлиги учун ҳар қандай мураккаб ҳаракат формаларини атомлар ҳаракати билан ва демак, механик қонунлар асосида тушунтириш мумкин, деб ҳисобладилар. Машҳур француз математиги ва файласуфи Лаплас XVIII аср охирида шундай деган эди: «Агар атомлардан тортиб гигант космик системаларни ташкил этувчи ҳамма жисмларнинг ҳаракатини ягона математик формула асосида ҳисоблаб берувчи киши бўлганда эди, у ҳамма жисмларнинг келажакда қандай ҳаракат қилишини олдиндан айтиб бера олган бўлар эди. У ҳатто жисмларнинг ўтмишдаги ҳаракатларини ҳам кўз олдига келтирган бўлар эди».

Механика қонунларининг бундай универсаллигига ишониш коинотнинг ҳамма сирларини маълум бирламчи қонунлар асосида келтириб чиқариш мумкин, деган фикрга олиб келди. Агар жисм ҳаракати ҳақидаги бошлангич маълумотлар берилган бўлса ва бирламчи умумий қонунлар тўғри бўлса, бутун олам сирларини ҳатто берк хонада ўтириб ҳам билиб олиш мумкин. Бундай дунёқараш киши онгининг чексиз билиш имконига эга эканлигига ишонч ҳосил қилишга, рационалистик билиш назариясининг яратилишига олиб келар эди.

Лекин оламнинг механистик манзараси чегарасида ўз қийинчиликлари мавжуд эди. Бундай қийинчиликларнинг биринчиси кўп элементлардан ташкил топган системани математик ифодалаш масаласи билан боғланган.

Ҳар қандай жисм жуда кўп атомлардан ташкил топган бўлиб, атомлар орасида турли таъсир ва боғланишлар мавжуд. Шунинг учун тўрт ёки беш атомдан ташкил топган система ҳаракатининг ҳам аниқ математик тенгламасини яратиш жуда мураккаблашиб кетади. Миллиардлаб атомлардан ташкил топган системалар учун эса бу масала амалда ечимсиз бўлади.

Иккинчи қийинчилик материя тузилишини тушунтириш билан боғланган эди. Ҳар қандай жисмнинг ҳосил бўлишини тушунтириш учун уни ташкил этган атомлар орасида тортишиш кучи, электр ва магнит кучлари таъсирининг мавжудлигини эътиборга олишга тўғри келади. Шу кучлар таъсирида атомлар мураккаб системаларга бирикади. Лекин бу кучлар қандай воситалар орқали узатилади? Бу кучлар бўшлиқ орқали ўз-ўзидан олиб ўтилади дейиш ақлга тўғри келмайдиган нарса эди. Ҳаракат ўз-ўзидан, яъни жисмсиз бўлиши мумкин эмас. Шунингдек, куч ҳам фазода моддий воситачисиз бир жисмдан иккинчисига олиб ўтилиши мумкин эмас. Жисмларнинг ўзаро таъсиралишини тушунтириш учун улар орасида кучларни узатувчи моддий восита — дунёвий эфир бўлишини эътироф этиш зарур эди. Бу эфир атомлар орасида узлуксиз тарқалган бўлиши керак. Эфир дискрет тузилишга эга деб қарабалса, унинг элементлари орасидаги боғланишини тушунтириш учун яна қандайдир қўшимча куч ва уни узатувчи янада нафисроқ бўлган қандайдир янги муҳит мавжудлигини эътироф этиш зарур бўлиб қолади. Шунинг учун атомларни бириктирувчи куч ташувчи восита — эфир фазода узлуксиз тақсимотга эга бўлиши керак. Бу эса, истаган жуда кичик ҳажмли фазода эфирнинг жуда кўп элементи бўлиши керак, физика тили билан айтганда бундай система чексиз катта эркинлик даражасига эга бўлиши керак, демакдир. Лекин бундай системани классик меҳаника изоҳлаб беролмайди. Шундай қилиб, оламнинг меҳанистик манзараси асосида ҳатто материя тузилиши-

даги баъзи фундаментал ҳодисаларни ҳам тушунтириб бериш мумкин бўлмади. Бу қийинчиликлар Фарадей ва Максвеллинг электромагнит назариясининг ривожланиши билан янада чуқурлашди. Бу назарияга асосан электр ва магнит ҳодисалари орасидаги боғланишни аниқлаш, уларнинг бир-бирига айланиши мумкинлигини, шунингдек, ёруғликнинг электромагнит табиатга эга эканлигини кўрсатиш мумкин бўлди. Максвелл электромагнит майдон тенгламалар системасини яратди ва бу тенгламалар асосида шу вақтда маълум бўлган ҳамма электр ва магнит ҳодисалар тушунтириб берилиди. Физиклар узоқ вақт давомида Максвелл тенгламаларини Ньютон механикасининг динамик тенгламалари билан боғлашга уриндилар. Оламнинг механик манзарасига ишонч шунчалик катта эдикি, ўша вақтдаги муваффақиятсизликка қарамай, бари бир бир кун майдон тенгламаларини Ньютон механикаси қонунлари кўринишига олиб келинишига ишондилар. Лекин вақт ўтиши билан янгидан-янги тушунтириш мумкин бўлмаган фактлар юзага кела бошлади. Радиоактивликнинг ўрганилиши натижасида атомнинг мураккаблиги ва бўлишини мумкинлиги маълум бўлди. Катод нурларини ўрганиш электронларнинг кашф этилишига олиб келди. Ёруғликнинг турли йўналишларда эфирда тарқалишини Майкельсон тажрибасида ўрганиши эса, эфир тушунчасини рад этди. Бу физикадаги ахволни кескин ўзгартириб юборди. Чунки эфир электромагнит ва гравитацион майдоннинг моддий ташувчиси, деб ҳисобланган. Майдон эфирдаги кучланганлик ёки деформациялар мажмуидир, деб қарабланган эди. Лекин эфирнинг реаллиги тажрибаларда исбот қилинмади ва майдон ўзининг моддий асосидан жудо бўлди. Бир томондан Максвелл тенгламалари электромагнит ҳодисаларини яхши тушунтириб берса, иккинчи томондан бу тенгламалар нимани ифодалайди, қандай муҳитнинг ўзгариши Максвелл тенгламалари системаси билан ифодаланади деган

саволга ҳеч ким жавоб бера олмас эди. Майдон яхлит энергиядан иборат, моддий бўлмаган ҳаракатдан иборат, деб қарашга уринишлар ҳам бўлди. Баъзилар эса, майдон у ёки бу турдаги куч таъсири этувчи фазодан иборатdir, деб ҳисобладилар.

Оламнинг механистик манзараси чегарасида материя тушунчаси тузулишга эга бўлмаган, бўлинmas атом тушунчасига мос, деб қаралар эди. Атом баъзи таркибий элементларга емирилиши мумкин эканлиги, унинг бўлишувчалиги маълум бўлгандан сўнг баъзи физиклар материя йўқолмоқда, деб хулоса чиқардилар. Классик механиканинг универсал эмаслиги ҳамма ҳодисаларин тушунтиришга ярамаслиги ҳақидаги исботни баъзи физик ва файласуфлар «физика принципларининг емирилиши», «материализмнинг тўитарилиши», деб қабул қилдилар. Физика фанида методологик кризис юз берди. Бу аслида оламни механистик тушунтириш дунё қарашининг кризиси эди. В. И. Ленин ўзининг «Материализм ва эмприокритицизм» асарида кризис сабабларини чуқур анализ қилиб, ундан қутулиш йўлларини, материянинг йўқолиши ва фан принципларининг емирилиши ҳақидаги фикрларнинг асоссиз эканлигини кўрсатиб берди. Материя тушунчасини бўлинmas атом тушунчаси билан алмаштириш нотўғри албатта, чунки материя тушунчаси жуда кенг бўлиб, у табиатдаги турли хусусиятга эга бўлган ҳамма объектларни ўз ичига олади. Материянинг ҳар бир зарраси, ҳо у атом бўлсин, ҳо электрон бўлсин, тузилиш жиҳатдан бениҳоядир, чексиз кўп хусусиятларга эгадир.

Бу даврга келиб Пуанкара ва Лоренц оламнинг электромагнит манзарасини яратдилар. Уларнинг дунё қарашига асосан материя атомларнинг таркибига кирувчи мусбат ва манфий зарядланган зарралар бирлигидан иборат бўлиб, унда электромагнит ва гравитацион майдон бирлашган бўлади. Электронлар механик қонунларга бўйсунган ҳолда ҳаракат қиласидилар, элек-

тромагнит майдонда юз берувчи ўзгарышлар эса Максвелл тенгламалари билан ифодаланади. Лоренц назарияси эски механистик дүнекәраш билан уининг асосида тушунтириш мумкин бўлмаган янгл фактларни бирлаштиришга уришувчи компромиссли назария эди. Лекин бу назария узоқ яшамади. XX аср бошларида микропроцессларда кузатилувчи ва классик физикага зид бўлган таъсир дискретлиги ёкни узлуксиз эмаслиги маълум бўла бошлади. Электроннинг атомдаги энергетик сатҳлари электрон ва бошқа зарраларнинг қатор хусусиятлари ҳам дискрет қийматларга эга бўлиши аниқланди. Шу билан бирга зарраларнинг тўлқин хусусиятга эга бўлиши улар тўлқин қонунларига бўйсуган ҳолда характеристланиши, дифракция, интерференция хусусиятларга эгалиги маълум бўлди. 1925 йилда Э. Шредингер яратган электрон ҳаракати тенгламаси олдин маълум бўлган тенгламалардан катта фарқ қилиб, уининг асосида аниқланувчи тўлқин функцияси заррани фазонинг маълум нуқтасидаги ҳажмда бўлиши эҳтимолини ифодалайди.

Кейинги бир неча ўн йилда специфик хусусиятга эга бўлган ўтиздан ортиқ турлн элементар зарралар кашф қилинди. Уларнинг хилма-хил хусусиятга эга эканлиги материя тузилишининг сифатан бениҳоялигини кўрсатади. Элементар зарралар орасида фотонлар, нейтрино ва антинейтрино, электронлар, позитронлар, протон ва антипротонлар стабиллар. Турли массали мезонлар, нейтрон ва антинейтронлар, гиперонлар ва уларнинг антизарралари стабил бўлмай стабил микрозарраларга емирилади. Бундан, стабил бўлмаган зарралар стабил зарралардан ташкил топган бўлади, деган хулоса келиб чиқмайди, албатта. Стабил бўлмаган элементар зарралар стабил зарраларда кузатилганидек ҳамма процессларда бир бутун зарра сифатида таъсирлашадилар. Микрофизиканинг ривожланиши давомида моддий объекtlарнинг бир-бирларига айланиши характери ҳақидаги

тушунчалар, майдон билан модда орасидаги муносабат, материя тузилишидаги узлуксизлик ва дискретлик, сода жисм билан мураккаб жисм орасидаги муносабат, микродунёдаги диалектика бирлиги ва хилма-хиллиги ҳақидаги янги фалсафий проблемалар вужудга келди.

Классик атомистик дунёқарашга асосан материянинг ўзгариши унинг ўзгармас атомларининг қўшилиши ёки ажралиши натижасида юз беради, деб ҳисобланар эди. Ҳозирги замон физикларининг нуқтаи назарига кўра обьектларнинг бир-бирига айланиш процессларида сифатан янги микрообъектлар ҳосил бўлади. Масалан, нейтрон протон электрон ва антинейтрионга айланади, пи-мезон эса мю-мезон ва мезон нейтриносига (ёки антинейтриносига) айланади. Электрон ва позитрон қўшилиб фотон ҳосил қилиши мумкин ва аксинча, юқори энергияли фотон атом ядроси майдонида электрон позитрон жуфтини ҳосил қилиши мумкин. Бу охириги процесс майдоннинг моддий характерга эга эканлигини кўрсатишда муҳим аҳамиятга эга.

Маълумки, эфири ҳақидаги гипотеза инқизозга йўлиқ-қандан кейин баъзи физиклар майдоннинг моддийлилигига иккиланиб, уни гоҳ соғ енергияга, гоҳ турли кучлар таъсир этувчи фазога ўхшатишга уриндилар. Шунинг учун электрон ва позитроннинг фотонга аннигиляцияниши материянинг «йўқолиши»га исбот бўла олади, деб қаради. Материя енергияга айланди ва ҳамма ҳодисалар субстанцияси материя эмас, енергиядир, демак, материализм барбод бўлди деб ҳисоблаган физиклар бўлди. Бундай концепция энергетизм номини олди. Назарий жиҳатдан бу концепция асосизdir, албатта, чунки электромагнит майдон квантини (фотонни) «соғ» енергиядан иборат дейиш ярамайди, квантлар моддий объектдан иборатдир ва улар енергия хусусиятидан ташқари импульс, спин каби физикавий хусусиятларга, шунингдек, дифракция, интерференция ва бошқа микрообъектларга айланиш хусусиятига эгадир. Энер-

гия ўз-ўиздан мавжуд бўлиши мумкин эмас. У ҳаракатдаги материя хусусиятларидан бироридир. Энергия — ҳаракат ўлчови бўлиб моддий системанинг ички ўзгаришларга қодирлигини ва маълум иш бажара олиш хусусиятини характерлайди. Энергия фазода ҳаракатланётган жисмнинг кинетик энергияси сифатида ёки турли потенциал энергиялар сифатида памоён бўлиши мумкин. Потенциал энергия Ер сиртидан маълум баландликка кўтарилган жисмнинг гравитацион энергияси, сиқилган пружинанинг механик энергияси ёки атом ядросига қамалган ядро энегрияси, иссиқлиқ, химиявий энергия кўринишида памоён бўлиши мумкини.

Юқоридаги ҳамма ҳолларда энергия моддий объектга тегишли бўлиб, унинг хусусиятини билдиради. Электрон-позитрон жуфтининг фотонга айланнишида, шунингдек, турли ядро реакцияларида материя энергияга айланмай у бир кўринишдан бошқа кўринишга ўтади. Масалан, атом ядроси нейтрон ва протонлардан ташкил топганлиги учун унинг массаси ядро таркибига кирган нейтрон ва протонлар массаларининг йигиндисига тенг бўлиши керак эди. Лескин ядро массаси доим уни ташкил этган нуклонлар массасидан «масса дефекти» деб аталувчи миқдорга кам бўлишини кўрган эдик. Бу «масса дефектига» Эйнштейннинг  $E=mc^2$  формуласига асосан мос келувчи энергия ядродаги нуклонларнинг ўзаро тўла боғланиш энергиясини таъминлайди. Ядро реакцияларида эса реакцияга кирган ядроларнинг ички боғланиш энергияси реакцияяда ҳосил бўлган зарра ва ядро парчаларининг кинетик энергияси кўринишида ва атрофга нурланган энергия сифатида ажralиб чиқади.

Материянинг сақланиш қонуни энергиянинг сақланиш қонуни каби ҳеч қандай процессларда бузилмайди. Бу икки қонун алоҳида ва ўзига мустакил қонунлардир. Уларни умумий бир қонунга бирлаштириш хатодир. Чунки материя ҳамма ҳодисаларининг умумий ва

абсолют субстанциясидир. Энергия эса, материя хусусиятларидан биридир, холос.

Электромагнит майдон квантлари фақат электрон позитрон-жуфтагина айланмай, энергияси етарли бўлганда мезонлар ва нуклонлар жуфтини ҳам ҳосил қилишлари мумкин. Бу эса, майдон билан модда орасидаги боғланиш ва уларнинг ўзаро бир-бирига айланиш хусусияти мавжудлигини билдиради. Зарраларнинг емирилиши ва бир-бирига айланishiда ҳамма сақланиш қонунлари бажарилади. Масса, спин, электр заряд, изотоп спин, жуфтлик (кучли таъсирлар учун), ядро заряди, барийон сон ва бошқа хусусиятларнинг сақланиши элементар зарралар билан майдон орасидаги бирликни, улар орасидаги умумийликни билдиради ва элементар зарралар ва майдонларнинг ягона назарияси яратилиши зарурлигини кўрсатади.

Классик физика нуқтаи назаридан атрофимиздаги материя майдон ва моддага, яъни материянинг икки шаклига ажратилади. Майдон деганда массага эга бўлмаган ва бутун фазони тўлдирувчи электромагнит ва гравитацион майдон назарда тутилади. Массага эга бўлган ва фазода дискрет локаллашган микро ва макрожисмлар эса моддани ташкил этади. Материяни бундай икки шаклга ажратиш нисбийdir, албатта. Космик фазода биз ҳақиқатан, бир-бирлари билан майдон воситаси билан таъсирланувчи моддий жисмларни кузатамиз. Майдон туфайли бу жисмлар турли системаларга бирашадилар. Фазо ана шу майдон ва жисмлар мажмудан ташкил тонган бўлади. Микродунёда эса майдон билан моддани нисбий бўлса қам ажратиш мумкин бўлмай қолади. Ҳар бир жисмда унинг таркибиغا киругчи атом ядролари ёки элементар зарралар фазонинг жуда кичик қисмини, яъни жисм эгаллаган ҳажмнинг тахминан  $10^{-36}$  қисминигина эгаллаган бўлади. Жисм ҳажмининг бошқа қисмини эса майдон тўлдиради, яъни жисмининг асосий қисмини майдон ташкил этади. Ҳар бир

зарра бошқа зарралар билан турли майдонлар восита-сида таъсиrlашади. Зарраларнинг массаси электр заряди, мезон заряди каби тушунчалар гравитацион майдон, электромагнит майдон ва мезон майдонларнинг боғланиш константаси (доимийси) ҳисобланади. Бу майдонларнинг ҳар бири зарра тузилишида иштирок этади ва шунинг учун зарра ва унинг майдони орасидаги чегарани аниқлаш қийиндир. Протоннинг тузилиши ҳақидаги гипотезалардан бирига асосан унинг марказида катта зичликка эга бўлган «ядро» ёки «керн» мавжуд бўлиб, атрофини пи-мезон майдони ўраб олган бўлади. Пи-мезонлар эса атом ядроси ичидағи нуклонларни ўзаро боғловчи ва улар орасидаги ядро таъсирини «ташувчи» восита ролини ўйнайдилар, яъни пи-мезонлар ядро майдонининг квантидир. Демак, электромагнит ва гравитацион майдонлар қаторида пи-мезон ёки ядро майдони ҳам протон таркибиغا кирап экан.

Худди шунингдек, электрон электромагнит майдон билан боғланган бўлиб, усиз мавжуд бўла олмайди. Бундай боғланишини электроннинг энг муҳим хусусияти бўлган заряд характерлайди. Шунга мувофиқ квант механикасида элементар зарралар турли майдонларнинг уйготилган ҳолати ёки квантлариdir, деган гипотеза илгари сурилди. Бу гипотезага асосан, масалац, электронлар ва позитронлар электрон-позитрон майдон квантидир, фотонлар — электромагнит майдон квантидир, мезонлар турли хилдаги мезон майдонлар квантларнайдир ва ҳ. к. Жуда юқори энергияли таъсиrlарда зарраларнинг катта эркинлик даражасига эга бўлиши уларни майдонга ўхшатиш имконини берали, бу эса юқоридаги гипотезанинг тўғрилигини кўрсатувчи далил ҳисобланади.

Охирги ўн йилликлар давомида зарралар йўқолиши ва янгидан пайдо бўлиши мумкинлиги исботланди ва улар маълум реакцияларда майдон квантлари орасидаги таъсирини узатувчи зарра ролини ҳам ўйнаши мум-

кинлиги аниқланди. Масалан, юқори энергияли фотон электрон-позитрон жуфтини ҳосил қиласи ҳамда электрон ва позитрон ўзаро аннигиляцияланиши натижасида фотонларга айланади. Бу процессда модда зарралари майдон квантлари орасидаги таъсирни узатувчи зарралар ролини бажаради. Юқори энергияли фотонларнинг атом ядроисида сочилиш процессида ҳосил бўлган мезонлар ҳам юқорида айтилган таъсир узатувчи зарра ролини ўйнаши мумкин. Бу мезонлар аннигиляцияланаб янга фотон ҳосил қиласи. Атом ядроисида ядро майдони квенти ролини мезонлар ўйнайди.

Лекин элементар зарраларнинг майдон назарияси муҳим қийинчиликларга дуч келди, майдон манбани нуқтавий характерга эга деб ҳисобловчи фаразга асосланиб зарранинг ўз энергиясини, массаси ва зарядини келтириб чиқаришга уринишлар бемаъни натижаларга, яъни юқоридаги физикавий катталикларнинг жуда катта қийматга эга бўлиб чиқнишга олиб келди. Агар зарядланган зарра маълум ҳажмга эга бўлиши керак деб ҳисобланса, майдон назариясига асосан зарраларнинг стабиллигини тушунтириш мумкин эмас. Чунки зарра элементлари орасидаги итаришиш характерга эга бўлган электр кучларни мувозанатлаш учун қандайдир майдон табиатига эга бўлмаган янги кучлар таъсир этишини эътироф қилишга тўғри келади. Бундан ташқари, агар ҳар бир зарра шу зарра мос келувчи маълум майдоннинг квантидан иборат деб қаралса, ҳар бир зарра учун алоҳида майдон тушунчасини киритишига тўғри келади. Бироқ зарра қандайдир маълум майдоннинг ҳосиласидир деб қараш жуда соддадир, чунки зарра тузилиши ва унинг хусусиятлари таъсир этаётган ҳамма майдонларга bogлиқ бўлади.

Эски атомистик дунёқараш материя дискретлиги тушунчасини абадийлаштиради. Фарадей — Максвелл назариясида, аксинча, узлуксиз майдон тушунчаси киритилади ва зарралар майдонларнинг тугунлариdir,

леб қаралади, Лоренц назариясига асосан зарядлар майдонга нисбатан бирламчи моҳиятга эга деб ҳисобланади. Қвант назариясида эса, яна зарраларга нисбатан майдон бирламчидир деган ғояга қайтилади. Ышундай қилиб, фан ривожланиши давомида бу икки дунёқарашининг алмашиниб туринини кузатамиз. Албатта, юқоридаги узлуксизлик ва дискретлик ёки заррабат майдон тушунчаларининг қайси бирни бирламчи эканлигини аниқлаш уччалик катта аҳамиятга эга бўлмаса керак. Назарий физика аппаратидан фойдаланиб майдондан заррани ва аксинча, заррадан майдонни келтириб чиқариш мумкин. Муҳими шуидаки, материянинг бу икки шаклини биргаликда қараш керак. Майдонни зарралар юзага келтиради ва ўз навбатида майдон зарраларнинг хусусиятлари ва тузилишини аниқлайди.

Материянинг бу икки хусусиятини бир-биридан ажратган ҳолда қараш мумкин эмас, улар материянинг ажралмас шаклларидан иборатdir. Материя тузилишида узлуксизлик ва дискретлик бирлиги намоён бўлади. Бу бирлик маълум энергияли квантга мос келувчи майдон уйғотилган ҳолатгагина хос бўлмай минимал энергияга эга бўлган ва вакуум ҳолати деб аталувчи майдон ҳолатига ҳам таалуқлидир. Электромагнит майдон назариясига асосан электромагнит майдон энергиясини осцилляторлар йиғиндинисига ўхшатиб қўйидагича ифодалаш мумкин:

$$E = h\nu \left( n + \frac{1}{2} \right),$$

бунда  $n$  — осцилляторлар сони; ҳар бир осциллятор алоҳида фотонга ўхшатилади. Агар фотонлар сони нолга тенг бўлса, юқоридаги формулага асосан майдон энергияси нолга тенг бўлмайди. Демак, фотон бўлмаса ҳам электромагнит майдон энергияси йўқолмайди. Вакуум майдон зарраларга узлуксиз таъсир этиб уларнинг хусусиятларини ўзgartириб туради. Электронлар-

нинг маълум мувозанат ҳолат атрофида тебранма ҳаракат қилинши, атомлардаги электронларниң энергетик сатҳларининг силжиши, массаси, электр зарядида ва зарра магнит моментларида кузатиладиган маълум ўзгаришлар юқорида айтилган таъсир натижасида юз беради.

Майдон вакуум ҳолатининг мавжудлиги жуда катта фалсафий аҳамиятга эга, чунки у табиатда абсолют бўшлиқ йўқлигини ва материя тузилишида узлуксизлик билан дискретликнинг бирлигини кўрсатади.

Микродунёдаги қарама-қаршиликларнинг диалектика бирлиги ҳар бир зарранинг стабиллиги ва ўзгарувчалигининг бирлигига ҳам намоён бўлади. Зарралар ўз майдони ва бошқа атрофдаги зарра майдонлари билан узлуксиз таъсирилашиб туради, майдон квантини чиқариб ва ютиб туради, яъни ҳеч вақт ўзгармас ҳолатда қолиб кетмайди. Бундан ташқари, стабил зарралар ўзгармас хусусиятларга — дискрет қийматли спин, электр заряд, магнит момент, изотоп спин ва қатор бошқа хусусиятларга эга.

Микродунё ҳақидаги назариянинг асосий масалаларидан бири элементар зарраларнинг ички тузилиши — структурасини аниқлашдан иборатdir. Зарра ва майдон турларининг кўплиги, зарраларнинг ўз нурланиш майдони билан узлуксиз таъсириланishi ва хусусиятларининг статистик характеристга эга бўлиши уларнинг маълум тузилишга эга эканлигини кўрсатади.

Лекин мураккаброқ зарра ёки система ўз хусусиятларини сақловчи бошқа зарралар тўпламидан ташкил топган бўлади, деган тушунчани ишлатиш ноўриндир. Буни боғланиш энергиясининг миқдори катта ёки кичик бўлишига қараб маълум даражада тушунтириш мумкин. Ҳар қандай мураккаб система (ҳо атом ядроси, ҳо галактик тўплам) элементларининг боғланиш энергияси, яъни ўзаро таъсир энергияси, ўша система-нинг тинч ҳолдаги массасига тўғри келувчи ўз энергия-

сидан анча кичик бўлади. Шунинг учун бундай системаларнинг ҳосил бўлишидаги умумий масса дефектни системанинг тўла тинч ҳолдаги массасидан анча кичик бўлади. Масалан, гравитация кучининг таъсирида боғланган космик системалардан масса дефекти система массасининг  $10^{-13} - 10^{-17}$  қисмини ташкил этади, сув молекуласининг боғланиш энергиясини белгиловчи масса дефекти сув молекуласини ташкил этувчи водород ва кислород атомларининг массалари йиғиндисидан  $10^{-10}$  марта кичик, яъни  $10^{-10}$  қисмини ташкил этади, атом ядролари учун эса масса дефекти ядро массасининг  $10^{-3}$  қисмини ташкил этади. Шундай килиб, барқарор моддий системанинг катталиги (ўлчами) қанча кичик бўлса, уни ташкил этувчи элементлари ўзаро шунча кучлироқ боғланган бўлади. Богланиш энергияси ортиб бориши билан системанинг ташкил этган элементлари ўз индивидуаллигини йўқота боради. Ядрода нуклонлар шунчалик мустаҳкам боғланганки, уларни нисбатан кичик энергия сарфлаб бир-биридан ажратиш мумкин эмас. Моддий системаларнинг масса бирлигига тўғри келувчи болганиш энергиясининг ортиб бориши қонуниятини элементар зарраларга ҳам қўллаш мумкин. Элементар зарраларда ички боғланиш энергияси шунчалик каттаки, уларнинг қиймати элементар зарранинг ўз энергиясига яқин бўлади. Ҳозирги вақтда тезлатгичларда юқори энергияли зарралар ҳосил қилиш мумкин. Уларнинг энергияси ўша тезлатилаётган зарраларнинг ўз энергиясидан минг, ҳатто миллион марта катта бўлиши мумкин. Агар элементар зарралар бошқа зарралар системасидан ташкил топган бўлганда эди, юқори энергияли зарралар билан улар бомбардимон қилинганда у ўз ташкил этувчи зарраларига парчаланган бўлар эди. Лекин бу ҳол кузатилмайди. Ҳамма маълум процессларда таъсир энергияси  $10^6 m/s^2$  га қадар ортганда, тўқнашиш вақтида турли бошқа зарралар — электронлар, позитронлар, ҳар хил массали мезонлар, нуклон-

лар, ҳатто оғир гиперонлар ҳам ҳосил бўлади. Бу процессларда энергия, масса, заряд, спин, изотоп ва бошқа хусусиятлар сақланиш қонунлари бажарилади. Албатта, бу янги ҳосил бўлган зарралар тўқнашишда қатнашган зарралар таркибига тайёр ҳолда киради деб ўйлаш соддалик бўлар эди. Уларнинг ҳосил бўлиши процессда қатнашган бошланғич зарралар тузилишига боғлиқ, лекин улар тайёр ҳолда бўлмай, квант назарияси тили билан айтганда, яширин виртуал ҳолат тарзида мавжуд бўладилар. Зарра таркибида, масалан, виртуал электрон-позитрон жуфти, манфий ва мусбат зарядли мезонлар, протон ва антипротонлар ҳамда бошқа виртуал ҳолатдаги зарралар жуфти бўлиши мумкин. Бу ҳолларда таъсир энергияси шунчалик каттаки, ҳосил бўлган масса дефекти ҳамма виртуал зарраларнинг массасини қоплади. Агар таъсир энергияси электрон-позитрон жуфти, мезонлар ва нуклонлар жуфтларининг ўз энергиясидан катта бўлса, виртуал ҳолатда ҳосил бўлган зарралар ошкор ҳолда кузатилувчи зарралар ҳолатига ўтишлари мумкин. Шундай қилиб янги зарралар ҳосил бўлади. Бундай процесслар космик нурлар таркибида учрайдиган юқори энергияли зарраларнинг атом ядролари билан тўқнашишида узлуксиз ҳосил бўлиб туради. Шунинг учун ҳам иккиласми космик нурлар таркибида турли мезонлар, гиперонлар ва бошқа зарралар учрайди.

Зарраларнинг тузилиши ташқи таъсир боғланишларнинг турли бўлишига қараб ўзгариши мумкин.

Зарраларнинг бир-бирларига айланиши уларнинг тузилишларида умумийлик борлигини кўрсатади. Шунинг учун ҳам зарра ва майдонларнинг умумий назариясини яратиш физиканинг муҳим масаласига айланади. В. Гейзенберг бошчилигидаги физиклар мана шундай назарияни яратишга ҳаракат қилдилар. Уларнинг фикрича ҳамма элементар зарралар қандайдир субквант спинор майдон ҳолатларидан иборатдир. Бу майдон элементларнинг ўзаро таъсири чизиқли эмас, яъни

уларнинг хусусиятлари ва боғланишлари аддитив қўшилмайди, миқдор ўзгаришлар сифат ўзгаришларига ўтади ва ярим бутун спинли зарралардан бутун қийматлп спинга эга бўлган турли хусусиятли зарралар ҳосил бўлади. Гейзенберг назариясида микродунёning маълум бўлган доимийлари — ёруғлик тезлиги, Планк доимииси ва электрон зарядидан ташқари янги доимий — элементар узунлик ҳам киритилади.

Бу бирлик элементар зарраларнинг минимал таъсир қилиш соҳасини характерлайди ва тахминан  $10^{-13}$  смга тенг. Бу назарияга асосан баъзи физикавий ҳодисаларни тушунтириш мумкин бўлди. Масалан, чизиқли бўлмаган спинор майдон тенгламасидан қатор зарраларнинг массалари қийматини келтириб чиқариш мумкин. Лекин элементар зарралар ва майдонларнинг умумий назарияси ҳали кўп ҳодисаларни тушунтиришга ожиздир.

Ягона майдон назарияси яратилган тақдирда ҳам уши материя тузилиши ҳақиқидаги сўнгги назария деб қараш мумкин бўлмас эди. Чунки материя ўз тузилиши жиҳатидан бениҳоядир. Ҳар бир объект мураккаб ва хилма-хил ташқи ва ички боғланишларга эга. Тузилишга эга бўлмаган энг содда объектларнинг бўлиши мумкин эмас. Чунки бундай объектни ташкил этувчи материя элементлари орасида ўзаро таъсир, ички боғланиш ва ўзгаришлар доим мавжуд. Ички боғланишсиз жисмларнинг химиявий, электр, магнит ва гравитацион хусусиятларини, ташқи боғланишларини тушунтириш мумкин эмас. Жисмлар тузилишга эга бўлганлиги учун улар ўзаро таъсирлашади, ўзгаради, турли хусусиятларга, ташқи боғланишларга эга бўлади. Шунинг учун ҳам материя тузилишини ўрганиш чексиз процессдир. Уни ўрганиш давомида янги-янги назариялар яратилади ва фан ривожланишиб боради. Фан ривожланишининг ҳар бир погонаси абсолют ҳақиқат элементини ўз ичига олади, унга яқинлашишда муҳим роль ўйнайди.

## 8-§. Материя тузилиши ва масса тушунчаси ҳақида

Материя тушунчаси физика ва фалсафа фанининг энг қадимий ва асосий проблемаларидан биридир. Қадимги дунё кишилари учун, ҳатто фалсафани унча яхши билмайдиган ҳозирги замон кишиси учун ҳам, материя, атрофдаги жисмларни ташкил этувчи қаңдайдир бошланғыч материалдан иборатдир деб ўйлаш характерлидир. Шунинг учун ҳам бундай материалнинг хусусиятларини аниқлашга интилиш ва конкрет объектларнинг ўша материал асосида қандай ҳосил бўлишини тушунишга интилиш табиийдир.

Антик натурфилософлар объектив-реал материя мавжудлиги ўз-ўзидан маълум, деб ҳисоблаганлар. Ф. Энгельс фикрича бу, бошланғич, табиий вужудга келган материализмнинг бир кўриниши эди.

Дастлаб антик натурфилософлар материя сезги органларга таъсир кўрсатувчи олов, сув, тупроқ ва ҳаводан ташкил топган, деб ҳисоблаганлар. Кейинчалик Левкипп, Демокрит, Эпикур, Лукреций ва бошқалар яратган атомистик дунёқараш вужудга келди. Материя тузилишини ўрганиш атомистик таълимотнинг асосий проблемасини ташкил этди. Бу соҳада олиб борилгап тадқиқотлар материя проблемасига илмий нуқтаи назардан ёндашиш имконини яратди. Шу билан бирга, материяни ўрганиш ва уни апиқлаш мумкинлигини эътироф этишнинг ўзи чекли хусусиятларга эга бўлган бирламчи материя ҳақидаги метафизик концепциясининг яратилишига олиб келади. Албатта, бу борада материалистик фалсафа материя онгнмиздан ташқарида мавжуд бўлган объектив борлиқдан иборат деб ҳисобловчи нуқтаи назаридан иш кўрди.

XIX асрнинг иккинчи ярмида ҳамма жисмларнинг асосини ташкил этувчи «бўлинмас» атом тушунчасининг узил-кесил ҳал қилиниши яқинлашгандек бўлиб

қолди. Бирламчи материя бўлинмас ва ўзига ҳеч нарсани сингдирмайдиган атомлардан ташкил топган жуда майдада корпускулалар мажмуудан иборатдир, деб қаралди.

XIX асрнинг охирларига қадар бирламчи материя ҳақидаги метафизик концепция табиий фанларда юз берраётган ривожланишларга зид келмади. Лекин XIX аср охири ва XX аср бошларида физикада «янги революция» яратилди. Бўлинмас деб ҳисобланган атом мураккаб тузилишга эга эканлиги маълум бўлди. Эр-хотин Кюрилар томонидан радиоактивлик ҳодисасининг кашф қилиниши, Ж. Ж. Томсон ва Стоней томонидан электронинг кашф этилиши, Лоренц электрон назариясининг яратилиши, Абрагам, Кауфманлар томонидан электрон массасининг унинг ҳаракати тезлигига қараб ўзгаришининг аниқланиши, Максвелл электромагнит майдон назариясининг яратилиши ва бошқа қатор кашфиётлар материя тузилиши ҳақидаги олдинги тушунчаларни барбод қилди. Материя асоси деб ҳисобланган бирламчи материя — бўлинмас атом тушунчаси инқирозга дуч келди. Материя деб ҳисобланиб келган нарса йўққа чиқди, унинг ўринини электр, эфир ва бошқа тушунчалар эгаллади. Физиклар орасида «материя йўқолди» деган ибора «мода» бўлиб қолди. Бу эса физиклар тили билан айтганда, маълум хусусиятларга эга бўлган ва материя деб ном олган нарса йўқолди, демак, В. И. Ленин кўрсатганидек материя йўқолгани йўқ, материя ҳақида бизга маълум бўлган билимларимиз чегараси йўқолди. Бундай хулосага келиш учун материя ҳақидаги тушунчанинг ўзини ўзgartириш керак эди. Материя тушунчасининг фалсафий маъносини материя тузилиши ҳақидаги илмий дунёқарашдан ажраталиши зарур эди. Бу икки нарсани чалкаштириб юбориш идеалистларни объектив реалликнинг йўқолиши маъносида материянинг йўқолиши, фалсафий материализмнинг бутунлай барбод бўлиши ҳақидаги нотўғри фикрга олиб келди.

Табииёт фанларида юз берган янги ўзгариш ва каш-фийётларни умумлашириб диалектик материализм материянинг янги умумий таърифини яратди. В. И. Ленин ибораси билан айтганда «Материя объектив реалликни ифодалайдиган фалсафий категория бўлиб, бу объектив реалликни инсон ўз сезгилари билан идрок қиласи, объектив реаллик бизнинг сезгиларимизга боғлиқ бўлмаган ҳолда мавжуддир, бизнинг сезгиларимиз ундан копия олади, сурат олади ва уни акс эттиради»<sup>1</sup>. Бу ерда материянинг объектив реалликини эътироф этиш янги нарса эмас, албатта. Чунки буни диалектик материализм биринчи бўлиб таърифлаб берган эди. Диалектик материализм томонидан материя категориясининг таърифиға киритилган принципиал янгилик В. И. Лениннинг қўйидаги иборасида ўз аксини топади: «...Материянинг фалсафий материализм эътироф қиласидиган ва у билан чамбарчас боғлиқ бўлган бирдан-бир «хоссаси» унинг объектив реаллик бўлиш, онгимиздан ташқарида мавжуд бўлиш хоссасидир»<sup>2</sup>.

Табииёт фанларида қилинган янги революциянинг асосий хуносаси, В. И. Ленин кўрсатганидек, материянинг сифатан бепоёнлиги, унинг ичкарига қараб чексиз эканлигидадир.

«...Диалектик материализм тараққий қилиб бораётган инсон илмининг табиатнинг билиш йўлида ўтган бу даврларнинг ҳаммаси мубаққат, нисбий, тахминий характеристда эканини қаттиқ уқтириб кўрсатди. Атом сингари, электрон ҳам бепоёндир, табиат бениҳоядир...»<sup>3</sup>

Бирламчи материя ҳақидаги метафизик концепцияга қарама-қарши ўлароқ материянинг бепоёнлиги ҳақидаги диалектик тезис ҳар қандай абсолют бирламчи,

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14-том, 135-бет.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14-том, 289-бет.

<sup>3</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14-том, 291-бет.

бошланғич материя тушунчасиши инкор этади. Бирламчи материяни инкор этишдан материяни унинг сўнгги конкрет хусусиятлари мажмуй асосида таърифлаш ёки аниқлаш мумкин эмаслиги келиб чиқади. Чунки бу хусусиятлар бепоён ва бениҳоя материяни тўла характеристлай олмайди, унинг баъзи бир конкрет форма ва ҳолатларинигина босгилайди. Материянинг бепоёллиги унинг онгимиздан ташқарида мавжуд бўлиши мумкин бўлган нарса сифатида аниқлашга уринишни бемаъни ҳаракат эканлигини кўрсатади. Шундай қилиб, материянинг объектив реаллик бўлиш, онгимиздан ташқарида мавжуд бўлиш хоссаси унинг бирдан-бир хоссасидир.

Материяни материалистик диалектика нуқтаи назаридан тушунтириш қатор муҳим физикавий тушунча, жумладац, масса тушунчасини тўғри анализ қилиб бериш имконини яратди. Масса моддий объектларнинг энг муҳим физикавий характеристикаларидан бири ҳисобланади.

Классик физикада масса материянинг асосий хусусияти ҳисобланаб, материядаги модда миқдорини ифодалайди. Масса материя миқдорининг ўлчови эканлиги ўз-ўзидан маълум нарсадек туюлиб, ҳозир ҳам бу фикр тарафдорлари топилади. Шунинг учун ҳам масса тушунчасини материалистик диалектика нуқтаи назаридан анализ қилиш зарурдир.

Классик физикада қабул қилинган масса тушунчасининг таърифини Ньютон аниқлаб берган эди. Ньютон таърифича, масса ёки материя миқдори шундай катталики, у жисмнинг зичлиги ва ҳажмига тўғри пропорционалдир. Ньютон массанинг бу таърифини аниқлашда зичликни ҳажм бирлигидаги масса ёки материя миқдори деб қарамай, уни ҳажм бирлигидаги бирламчи материяни ташкил этувчи зарралар миқдоридан иборат деб қараган. Яъни Ньютон таърифида масса операцион (массани қандай ўлчашни кўрсатиш) характеристига эга бўлмай, фалсафий характерга эгадир.

Ньютон массаси жисм оғырлиги орқали аниқлаш мумкинлігнің күрсатған. У ҳолда масса — материя миқдоридір деб тушунтириш нима учун керак бўлди, деган савол туғилади. Ньютон бу тушунчани инерция кучи ҳақидағи фінкни асослаш учун киритган эди. Ҳар қандай жисмнинг ўз тўғри чизиқли текис ҳаракат ёки тиң ҳолатини сақлашга инициалист материяга хос бўлган «қаршилик кўрсатиш» (инерция) хусусияти бўлиб, у жисм массасига тўғри пропорционалдир. Шундай қилиб, Ньютон массаси инерция ўлчови сифатида таърифлайди ва материянинг инерциясини материядаги модда миқдори маъносидаги масса билан боғлади.

Масса — жисм инерциясининг ўлчовидир, деган тушунча асосида Ньютон ўзининг номи билан аталған механиканинг иккинчи қонунини таърифлаб берди. Ньютон механикасининг муваффақияти туфайли массаматерия миқдорининг ўлчовидир, деб ҳисобловчи фикр асослидек кўринди.

Физика фанининг ривожлалашып патижасида массаматерия миқдорининг ўлчовидир деган тушунча нотўғри эканлиги аниқланди. Лоренцнинг электрон назариясидан электрон ўзининг механик массасидан ташқари электромагнит табиятга эга бўлган қўшимча массага ҳам эга эканлиги маълум бўлди. Тажрибада ҳаракат тезлигининг ортиши билан электрон массасининг ортиши аниқланди. Масса — материя миқдорининг ўлчовидир деб қаралганда тезлик билан массасининг ортиши ўз-ўзидан тушунарлайдек кўринади. Ҳақиқатдан ҳам, электрон электромагнит майдон орқали ҳаракатланганда у ўз массасини электромагнит майдон ҳисобига, яъни майдон кўринишидаги материя миқдори ҳисобига орттиришиб мумкиндейк туюлади. Лекин бу нотўғри.

Нисбийлик назариясига асосан масса билан тезлик орасидаги боғланиш универсал характерга эга ва факат электромагнит майдон орқали ҳаракатланиш билан-

гина боғлиқ әмас. Ҳар қандай жисм массаси  $m$  унинг нисбий тезлиги  $v$  га боғлиқ бўлади:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

бунда  $c$  — ёруғлик тезлиги,  $m_0$  — жисмнинг тинч турган ҳолатдаги массаси.

Жисм тезлиги нисбийдир. Демак, масса ҳам нисбий, чунки масса тезликка боғлиқ. Яъни бир жисм турли саноқ системаларига нисбатан ҳар хил массага эга. Масалан, Ер билан Ой орасида ҳаракатланаётган электрон Ерга нисбатан бир хил массага эга, Ойга нисбатан бошқа ва бирор бошқа электронга нисбатан учинчи қийматли массага эга ва ҳ. к.

Албатта массанинг нисбийлигидан унинг объектив эмаслиги келиб чиқмайди. Гап массанинг объектив нисбийлигидадир. Электроннинг турли координатлар системаларига нисбатан (Ер, Ой, электрон ва ҳ. к.) ҳар хил массага эга бўлишига сабаб унинг Ер, Ой ва электрон билан (яъни координат системаси учун қабул қилинган жисм билан) ўзаро таъсирининг ҳар хиллигидандир, деган хулоса чиқариш нотўғри албатта. Массанинг қиймати фақат жисмнинг кўрилаётган координат системасига нисбатан ҳаракат тезлигигагина боғлиқдир. Шундай қилиб, турли жисмларга нисбатан кўрилганда электроннинг массаси турлидир, лекин ҳар бир аниқ ҳолда маълум кўрилаётган жисмга нисбатан олинган масса ҳақида гап юритиш ўринли бўлади. Масалан, электроннинг бошқа бирон электрон билан таъсири кўрилаётган бўлса, худди шу электронга нисбатан биринчисининг массаси назарда тутилиши керак. Кўрилаётган таъсири учун электроннинг бошқа жисмларга (масалан Ер, Ой) нисбатан массасининг ҳеч қандай аҳамияти қолмайди.

Массага бундай қараш масса-материя миқдорининг ўлчовидир, деган тушунчага тамоман эндирилди. Бир объектиларниң ўзи турли моддий жисмларга нисбатан ҳар хил материя миқдорига эга бўлиши мумкин эмас.

Ҳозирги вақтда масса-материя миқдори билан боғлиниқ бўлмаган инерция ўлчови сифатида қаралади. Албатта, инерция билан «материя миқдори» орасидаги боғланишни инкор этишни баъзи идеалистлар шарҳлагандек тушуниш ярамайди. Улар «материя миқдори» тушунчасига зарурият қолмаган экан умуман «материя» тушунчасининг ҳам кераги йўқ, деган хулоса чиқардилар. Инерция онгимизниң хусусияти эмас, у моддий объектиларниң ўз ҳолатлари ўзгаришига тўсқилик қилувчи реал хусусиятидир. Материализм нуқтаи назаридан бундай хусусиятнинг мавжудлиги, ҳар қандай моддий объект инерция хусусиятининг «ташувчи»си эканлигини тан олишин талаб қиласди.

Шундай қилиб, масса моддий объектиларниң инерция ўлчовидир.  $(m_i = \frac{F}{a})$ , бунда  $F$  — таъсир кучи,

$a$  — жисмнинг тезланиши), деб таърифлаш мумкин. Лекин бу таъриф массани ҳамма томонлама ҳарактерлайди деган хулолага келиш нотўғри, албатта. Масса тушунчаси фаннинг ривожланиши билан жуда мураккаб эканлиги ва у моддий объектиларниң қатор бошқа фундаментал хусусиятларини ҳам ҳарактерлаши маълум бўлди.

Бизга маълумки, Эйнштейн қонунига асосан масса энергияга пропорционалдир. Демак, масса жисмдаги энергия миқдорини ҳам ҳарактерловчи ўлчов бўла олади. Бу эса ҳозирги замон физикаси нуқтаи назаридан, масса тушунчасини энергия билан боғламаган ҳолда тўла тушуниш қийинлигини кўрсатди.

Ниҳоят, масса моддий объектиларниң гравитация хусусиятининг ўлчови сифатида ҳам таърифланади:

$$F = k \frac{m_r M}{r^2},$$

бунда  $m_r$  — гравитацион масса,  $M$  — Ернинг гравитацион массаси,  $F$  эса  $r$  масофа узоқликда жойлашган жисмлар орасидаги гравитация таъсир кучи. Юқорида кўриб ўтилган инерт масса билан бу ердаги гравитацион массалар пропорционал бўлиши шарт эмас, чунки улар жисмнинг икки хил турли хусусиятларини характерлайди. Лекин тажриба шунин кўрсатадики, бу икки масса бир-бирига тенг экан. Бу Галилей аниқлаган жисмларниң эркин тушиш тезланиш уларниң инерт массасига боғлиқ бўлмай, турли жисмлар учун бир хил қийматга эга эканлигидан келиб чиқади. Ҳақиқатан, Ньютоннинг иккичи қонунига кўра эркин тушаётган жисмга таъсир этаётган куч  $F = m_n g$  ( $g$  — эркин тушиш тезланиши). Бундан ташқари, бутун олам тортишиш қонунига асосан шу жисм Ерга

$$F = k \frac{m_r M}{r^2}$$

куч билан тортилади. Демак,  $m_n g = k \frac{m_r M}{r^2}$ . Фақат

$$m_n = m_r \quad \text{бўлган ҳолдагина} \quad g = k \frac{M}{r}, \quad \text{яни ўз-}$$

гармас бўлиб чиқади. Шундай қилиб, жисмнинг эркин тушиш тезланиши инерт ва гравитацион массалар тенг бўлгаидагина ўзгармас ва жисмларниң массаларига боғлиқ бўлмас экан. Бу тенгликни биринчи марта Эйнштейн ўзининг тортишиш назарияси (умумий нисбийлик назарияси) асосини ташкил этган эквивалентлик принципида тушуптиради. Баъзи кишилар инерт ва гравитацион массалар тенглигини массанинг материя миқдори ўлчови эканлигидан келтириб чиқармоқчи бўладилар: инерция ва тортишиш материя миқдорига пропорционал бўлганилиги учун юқоридаги икки мас-

са тенгдир, деб ҳисоблайдилар. Масаланинг бундай «ҳал этилиши» масса материя миқдори эканлиги ҳақидаги тушунчанинг методологик жиҳатдан ожиз эканлигини кўрсатади. Масса — инерция ўлчовидир деб қараш нима учун битта физикавий катталик материянинг ҳам инерция ва ҳам гравитация хусусиятини белгилаши мумкин деган саволни туғдирди. Бу савол туғилмагандан Эйнштейннинг эквивалентлик принципи кашф этилмас эди, инерт ва гравитацион массаларнинг тенглигиги тўғри тушунтириб бериш мумкин бўлмасди.

Шундай қилиб, ҳозирги замон физикасига асосан, масса моддий обьектининг энг муҳим хусусиятларидан бири бўлиб, жисмнинг инерция, гравитация ва энергия ўлчовлари бўлиб хизмат қиласди. Албатта бу таъриф мавжуд бўлган ҳамма қийинчиликларни бартараф этолмайди. Масалан, ҳозирга қадар элементар зарраларнинг ўз масса ва энергиялари қийматларининг назарий ҳисобларга кўра чексиз бўлиши, уларнинг масса спектрини тушунтиришда учрайдиган қийинчиликлар ҳали ҳам бартараф этилган эмас.

## 9-§. Материя ва ҳаракат бирлиги

Ҳаракат материянинг яшаш усулидир. Диалектик материализмнинг ҳаракат билан материя орасидаги муносабатни ифодалайдиган бу муҳим тезиси жуда катта методологик аҳамиятга эга. Ҳаракатсиз ҳеч қандай моддий обьектни тасаввур қилиш мумкин эмас. Фақат ҳаракат жараёнида жисмларнинг шакли ва турлари аниқланиши мумкин. Ҳаракатдан ва атрофдаги жисмлардан ажralган ҳолдаги жисм ҳақида ҳеч нарса дейиш мумкин эмас, фақат ҳаракати туфайли жисмнинг мавжудлигини ўрганиш, билиш мумкин, жисмни

ўрганиш учун унинг ҳаракатини ўрганиш керак, деб ёзган эди Ф. Энгельс<sup>1</sup>.

Бу материалистик концепцияга қарама-қарши ўла-роқ метафизикча фикрлашга икки бир томонлама қа-раш хосдир. Биринчисига асосан объект ҳаракатсиз ҳам мавжуд бўлиши мумкин. Ҳаракат шу объектга ташқа-ридан бериладиган нарсадир, деб ҳисобланади. Бундай дунёқарашиб метафизик субстанциализм деган ном олди.

Бу дунёқарашиб эски материализмга хос бўлиб, XVII—XVIII аср фанининг ривожланиши даражасида тасдиқланиши мумкин эди. Ҳақиқатан агар фақат ме-ханик ҳаракатгина эътиборга олинадиган бўлса, жисм-нинг моҳияти ҳаракат билан аниқланмайди, деган фикр-нинг келиб чиқиши турган гап.

XIX асрнинг иккинчи яримидан бошлаб, айниқса, XX асрда табиатшунослик фанларининг ривожланиши ту-файли янги ғоялар пайдо бўлди ва юқоридаги дунёқа-рашга зид келиб қолди. Олдин субстанцияни абсолют-лаштирган метафизик дунёқарашиб энди ҳаракатни абсолютлаштиришга олиб келди. Шундай қилиб, иде-алистик релятивизм деб ном олган оқим пайдо бўлди. Бу оқим тарафдорлари ҳаракатсиз субстанцияни уму-ман инкор қилиб, ҳамма нарса фақат ҳаракатдан ибо-рат, яъни ҳеч қандай ташувчисиз соғ ҳаракат мавжуд бўлиши ҳақидаги фикрни илгари сурдилар.

Метафизик субстанциализм ҳам, релятивизм ҳам жисмларни ҳаракатга боғлик бўлмаган субстанциядан иборат деган умумий фикрга асосланади. Диалектик материализм нуқтаи назаридан эса ҳаракатсиз субстан-ция бўлиши мумкин эмас. Субстанция ҳаракатсиз ҳеч қандай маънога эга эмас, ҳаракат субстанциянинг яшаш усулидир. Уларни алоҳида тасаввур қилиб бўл-майди.

Ҳозирги замон элементар зарралар физикаси нуқ-

---

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., Т. 33, стр. 67—68.

тai назаридан ҳаракат материянинг яшаш усулидир деб тушунтирувчи диалектик концепциянинг тўғри эканлигини яққол кўрсатиш мумкин. Агар релятивистик квант механикасига асосан заррани унга хос бўлган ҳаракатлардан ажralган ҳолда қараш мумкин бўлган бўлса, релятивистик квант механикасига асосан зарраларни ҳаракатсиз тасаввур этиш ҳам мумкин эмас. Уларни узлуксиз бир-бирига айланиб турнишиз, яъни ҳаракатсиз кўз олдига келтириш мумкин эмас. Геллманн, Розенфельд ва Чу ўзларининг «Кучли таъсирланувчи зарралар» мақоласида кучли таъсирланувчи зарралар (барионлар ва мезонлар) — «кучли таъсир болаларидир» деб ёзган эдилар. Яъни бу зарраларнинг хусусиятлари уларга хос бўлган ҳаракат хусусиятлари билан тўғридан-тўғри аниқланади. Бу холоса ҳозирги замон физикасига диалектика руҳи сингиб кетганлигининг яна бир далили бўлиб ҳисобланади.

Идеалистик релятивизм кўринишларидан бири — энергетизмдир. Ў алоҳида фалсафий оқим сифатида XIX асрнинг иккинчи ярмида юзага келди. XIX асрда кашф этилган энергиянинг сақланиш қонуни асосида турли бир-бирига алоқадор бўлмагандек туюлган кўп физикавий процесслар умумий нуқтаи назардан тушунтирилди. Физикавий процессларнинг ички механизмига эътибор бермаган ҳолда уларни энергиянинг айланиши нуқтаи назаридан тушунтириш мумкин бўлди. Энергетик ёки умумийроқ қилиб айтганда принциплар методи номини олган бу билиш методи XIX асрнинг иккинчи ярмида термодинамика фанининг ривожланишида муҳим аҳамият касб этди. В. Освольд ва Э. Махнинг фалсафий энергетизми шу методни абсолютлаштириш натижасида юзага келди. Энергетизм маълум фалсафий холосаларга олиб келди. Ҳатто, энергетистлар атомларнинг мавжуд бўлишини ҳам инкор этдилар ва физиканинг асосий вазифаси энергетик муносабатларни аниқлашдан ва тушунтиришдан иборатдир, деб ҳисоб-

ладилар. Атомларни инкор этиш билан бирга энергетистлар умуман энергияни ташувчи моддий объектни ҳам инкор этдилар ва энергия ўз-ўзидан мавжуд бўлиб, ҳеч қандай «ташувчи»га муҳтож эмас, деб ҳисобладилар.

Табиий фапларнинг ривожланиши натижасида тобора чуқурлашиб ва апиқлашиб бораётган объектларнинг ҳаракатдан ташқарида бўла олмаслиги ҳақидаги фикрни метафизиклар иуқтаи назаридан ривожлантириб, энергетистлар фақат ҳаракат мавжуддир деб жарсола бошлидилар. Энергетизмнинг асосчиларидан бири бўлган В. Освальд тақиқид қилиб В. И. Ленин шундай деб ёзди: «Освальд «энергия» сўзини номуайян маънода ишлатиш йўли билан муқаррар сифатида келиб чиқадиган бу фалсафий альтернативадан (материализм ёки идеализм альтернативасидан) ўзини қутқариб қолишга уринган, лекин унинг худди ана шуидай уриниши бу хил найрангларниң беҳудалигини яна бир марта исбот қиласди. Агар энергия ҳаракат бўлса, у вақтда сиз мушкулликни фақат эгадан кесимга кўчириб қўйган бўласиз, фақат материя ҳаракат қиласдими?— деган саволни ўзгартиб, энергия моддий нарсами?— деган саволга айлантирган бўласиз. Менинг онгимдан ташқарида, инсонга ва инсониятга bogлиқ бўлмаган ҳолда энергиянинг бир шаклдан иккничи шаклга ўтиши воқе бўладми ёки булар фақат идеялар, символлар, шартли белгилар ва шу кабилардан иборатми? Эски гносологик ҳолатларни «янги» терминология билан ҳаспўлашга уринишдан иборат бўлган «энергетика» фалсафаси худди ана шу масалада шарманда бўлиб қолди»<sup>1</sup>.

Шундай қилиб, энергияни фундаментал фалсафий категория сифатида тасаввур этишга уриниш асоссиз-

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14-том, 300—301-бетлар.

дир. Бундай энергия тушунчаси материя ва оиг ўртасидаги қарама-қаршиликни бартараф этиш у ёқда турсин, уларни чалкаштириб юборади, шикоблайди.

Хозирги вақтда энергетизм алоҳида фалсафий оқим сифатида ийқ бўлиб кетган. Лекин бу оқимнинг қолдиқлари сифатида физиканинг баъзи масалаларини энергетизм нуқтаи назаридан тушуниришга уринишлар учраб туради. Маълумки, Эйнштейннинг масса билан энергиянинг боғланишини кўрсатувчи қонуни мухим аҳамиятга эга. Бу қонун асосида турли ядро реакцияларида ажралувчи (ёки ютилевчи) энергия миқдори ҳисобланади. Ўнииг фалсафий аҳамияти ҳам каттадир. Лекин бу қонуннинг фалсафий маъноси кўпинча нотўгри талқин этилади. Масалан,  $E=mc^2$  қонун материя ва ҳаракатнинг узвий боғлиқлигини исботловчи асосий ва мухим қонуи, деб қаралади. Бунда · масса материянинг асосий физикавий характеристикаси, энергия эса ҳаракатнинг физикавий характеристикаси, деб ҳисобланади. Масса ва энергиянинг пропорционаллик қонунидан масса билан энергия ўзаро пропорционал ҳолда доим бирга мавжуд бўлиши келиб чиқади, демак, материя билан ҳаракат ҳам доим бирга мавжуд бўлади ва шунинг учун юқоридаги қонун материя ва ҳаракатнинг узвий боғлиқлигини исботловчи қонундан иборатdir, деган фикр туғилади. Бундай фикр юзаки қараганда тўғридек туюлади, лекин у масса билан материя орасидаги айнаи ўхашашлик тўғрисидаги нотўгри фикр натижасидир. Энергетизм руҳи билан тарбияланган баъзи файласуфлар шу нотўгри фикрга асосланиб, масса ва энергия пропорционаллиги материянинг энергияга айланишини тушунтиради, демак, «материянинг йўқолиши» ҳақида ганириш мумкин деган холосага келадилар. Бундай тушунча массанинг энергияга ва аксинча, энергиянинг массага айлапиши ҳақидаги нотўгри фикрга таяниш натижасида вужудга келади. Мисол тариқасида ядро физикасида учрайдиган масса дефек-

ти (етишмовчилиги) тушунчасини кўриб чиқамиз. Маълумки, термоядро реакцияси натижасида катта энергия ажралиб чиқади. Бундай реакция оғир водород-дайтейрий ва тритий ядроларининг қўшилиши ва гелий ядро-сининг ҳосил бўлишида кузатилади. Альфа-зарра (гелий атомининг ядроси) икки протон ва икки нейтрондан ташкил топган бўлади. Протон ва нейтронларнинг массаси аниқ маълум бўлиб, мос равишда  $1,6724 \cdot 10^{-21}$  г ва  $1,6747 \cdot 10^{-24}$  г га тенг. Икки протон ва икки нейтроннинг умумий массаси эса  $6,6294 \cdot 10^{-24}$  г га тенг. Альфа-зарра икки протон ва икки нейтрондан ташкил топганлиги учун унинг массаси ҳам уни ташкил этувчи зарралар массаларининг йиғиндинсига тенг бўлиши кепрак эди. Лекин альфа-зарранинг массаси  $6,6440 \cdot 10^{-24}$  г га тенг бўлиб юқоридаги умумий массадан тахминан  $0,05 \cdot 10^{-21}$  г га камдир. Бу масса етишмовчилиги *масса дефекти* деб аталади. Термоядро реакцияси вақтида ажралиб чиқадиган энергия худди шу масса дефекти билан тушунтирилади. Юқоридаги масса дефектига,  $E=mc^2$  формуласи асосан ҳисобланса,  $4,5 \cdot 10^{-5}$  эрг ёки 28 Мэв (миллон вольт) энергия тўғри келишини кўриш мумкин. Бу процессда масса дефектига мос келувчи материя миқдори энергияга айланаб, «йўқолгаңдек» туюлади.

Зарра ва антизарраларнинг (масалан, электрон ва позитрон) анигилияцияланиш реакциясида қўшилаётган зарраларнинг бутун массаси электромагнит нурланишига айланаб «йўқолади». Бу реакция натижасида иккита фотон ҳосил бўлади:  $e^- + e^+ \rightleftharpoons \gamma + \gamma$ . Тескари йўналишда қўрсатилган стрелка реакциянинг тескари йўналишда ҳам бўлиши мумкинлигини, яъни икки маълум энергияли фотонларнинг тўқишашиб қўшилиши натижасида электрон-позитрон жуфтисининг ҳосил бўлишини билдиради. Баъзи чет эл физиклари бу реакцияларни «материянинг анигилияциялапиши» ва аксинча,

«энергиянинг материализацияланиши» деб ҳам атадилар.

Юқорида кўриб ўтилган реакцияларда ҳеч қандай массанинг йўқолиши ва унинг энергияга айланиши кузатилмайди, албатта. Кўрилган реакцияларни бундай тушунтириш физикавий маъноси жиҳатидан нотўғри ва масса билан энергиянинг пропорционаллиги ҳақидағи қонунга зиддир. Масса билан энергиянинг пропорционаллиги ҳақидағи қонунга асосан ҳар қандай  $m$  массали объект шу массага пропорционал бўлган  $E=mc^2$  энергияга эга эканлигини ва аксинча,  $E$  энергияга эга бўлган ҳар қандай объектга  $m=\frac{E}{c^2}$  тенглик билан аниқланувчи масса мос келишини кўрсатади. Шундай қилиб, масса билан энергия пропорционаллиги қонуни массанинг энергиясиз, аксинча, энергиянинг масасиз мавжуд бўлиши мумкин эмаслигини билдради. Баъзи физиклар томонидан массанинг энергияга айланиши ва энергиянинг массага айланиши ҳақидағи нотўғри иборанинг ишлатилишига масса ва энергия тушунчасининг шаклланиши ва улар орасидаги боғланишнинг аниқланиши тарихида баъзи нотўғри қараш ва фикрларга йўл қўйиш сабаб бўлди. Масалан, электрон ва позитронларнинг аннигиляцияланиши ёки электрон-позитрон жуфтишинг ҳосил бўлиши реакциясида ( $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$ ) чап томонда массага эга бўлган объектлар сифатида характерланувчи электрон ( $e^-$ ) ва позитрон ( $e^+$ ) жойланган. Улар билан боғланган энергия ҳақида фақат назарий фикрлаш йўли билан тасаввур ҳосил қилишади. Реакциянинг ўнг томонида эса электромагнит майдон квантларини (гамма-квант) ифодаловчи белгилар ёзилган. Тарихан электромагнит майдон квантлари физикларнинг кўз олдидаги фақат энергия хусусияти сифатида гавдаланганди. Электромагнит майдон квантига хос бўлган масса эса фақат назарий фикрлаш йўли билан кўз олдимишга келтирилади. Юқорида айтганларнизга асосан

рсакцияниң чап томонида фақат массалар билан ва ўнг томонида эса фақат энергиялар билан иш күрилаётгандек бўлиб туюлади. Масса билан энергиянинг ўзаро бир-бирига айланиши ҳақидаги нотўғри иборашиг ишлатилишига, шунингдек, масса билан энергия орасидаги пропорционаллик қонунини масса ва энергияниң эквивалентлик қонуни деб аташ ва физикада энергетик методниң ишлатилиши каби ҳоллар сабаб бўлди. Баъзи физиклар томонидан «массанинг энергияга айланиши», «масса ва энергия эквивалентлиги», «материяниң аннигиляцияланиши», «энергиянинг материализацияланиши» каби номувофиқ ибораларниң ишлатилиши идеалистик физик ва файласуфларга қўл келиб қолди ва улар фан ютуқларини энергетизм нуқтари назаридан тушунтиришга уриндилар.

Масса билан энергия пропорционаллиги қонуни ҳар қандай мөддий обьектларнинг икки фундаментал хусусиятларини ташкил этувчи ва илгари мустақил ҳисобланган масса ва энергияниң ўзаро чамбарчас бөгланганини кўрсатади. М. Бори сўзи билан айтганда бу қонун «мөддий дунё ҳақидаги билимларимизни бирлаштириш» йўлида катта қадам бўлди. Шу билан бирга масса ва энергияниң пропорционаллигини кўрсатувчи  $E=mc^2$  ифода асосий физикавий тушунчаларга хос бўлган ички диалектик бирликин аниқ кўрсатади. Масса ва энергия тушунчалари бир-бирига бөглиқ бўлмаган ҳолда яратилган эди. Масса мөддий обьектларниң инерциясини, ўз ҳолатини сақланига интилини хусусиятини характерласа, энергия, аксенича, иш бажариш қобилиятини, мөддий обьект ҳаракатини характеристиковчи ўлчовдан иборат эди.  $E=m\mathbf{c}$  формула шу қарама-қарши тушунчаларниң бөгланишини, бирлигини ифодалайди. Ҳаракат ўлчови бўлган инерция ўлчови ва ҳисобланувчи массада ўз ифодасини топади. Масса ва энергия про-

порционаллиги ҳақидағи қонуннинг чуқур диалектик маъноси шундан иборатдир.

Шуни яна бир таъкидлаб ўтиш керакки, масса ва энергия пропорционаллиги қонуннинг асосий фалсафий аҳамияти материя ва ҳаракатнинг бирлигини илмий асослашдан иборат эмас. Бироқ, ҳар қандай моддий объект массага эга, массага эса маълум энергия пропорционал, демак, ҳар қандай моддий объектга маълум энергия түғри келади, энергия эса ҳаракат ўлчовидир, шундай экан, бу материя ва ҳаракатнинг ўзаро боғлиқлигини асослайди, деб эътиroz билдириш мумкин, албатта. Бундай фикрлаш түғри, лекин у ўзига хос маънога эга бўлган масса ва энергия пропорционаллиги қонунига ҳеч қандай алоқадор эмас.

Юқоридаги эътиroz ўтган асрнинг ўрталарида қашф этилган энергиянинг сақланиши ва айланиши билан боғланган. Масса ва энергия пропорционаллиги қонуннинг ўзига хос хусусияти шундан иборатки, у классик физика қашф этган энергия ва массанинг сақланишини ифодаламайди, балки моддий объектнинг илгари бир-бирига алоқадор ҳисобланмаган икки асосий хусусиятларининг ички боғланишини аниқлайди.

---

## МАКОН ВА ВАҚТ ПРОБЛЕМАСИ

### 10-§. Макон ва вақт юъективлиги ва уларнинг хусусиятлари

Юзаки қараганда жуда оддий кўринган макон ва вақт масаласи табнатшунослик ва фалсафанинг фундаментал категорияларидан бирни бўлиб, ҳозирга қадар охиригача ҳал этилмаган мураккаб проблемадан иборатdir.

Тарихан макон ва вақтга нисбатан икки хил қарап юзага келган. Улардан биринчisi субстанционал концепция бўлиб, бу концепция нуқтаи назаридан макон ва вақт материя билан бир қаторда ўз-ўзидан мавжуд бўлган ва материя жойланиши мумкин бўлган бўшлиқ, деб қаралади. Ҳамма жисмлар макон ва вақтда мавжуд бўлади ҳамда макон ва вақт алоҳида-алоҳида мавжуд бўлиши мумкин деб, ҳисобланади. Макон бу соф кўлам ва вақт соф давомийлик бўлиб моддий обьектлар шу кўлам ва давомийлик «ичига жойлашган». Бу фикрни биринчи марта Демокрит айтган эди. У «... ҳақиқатда эса фақат атомлар ва бўшлиқ мавжуд» деб, бўшлиқ ҳам атомлар сипгари ҳақиқатан мавжуд эканлигини эътироф этади. Макон ва вақтнинг субстанционал концепциясини Ньютон ва классик физика ҳар томонлама ривожлантирди.

Иккинчи концепция — реляцион концепция бўлиб, унга асосан макон ва вақт моддий обьектларнинг яшаш шаклидир. Макон — обьектларнинг бирга мав-

жуд бўлишини, вақт эса улар ҳолатларининг кетмакетлингини ифодалайди. Реляцион концепцияни диалектик материализм ва релятивистик физика ривожлантириди. Бу концепцияга асосан макон ва вақт категориясини қўйидагича таърифлаш мумкин: Макон ва вақт — моддий обьектлар ва улар ҳолатлари орасида ги ўзаро боғланишининг умумий шаклидир. Макон — мавжуд бўлган обьектларининг ўзаро боғланишини, уларнинг бир-бираига нисбатан жойланпши ва катталигини ифодаловчи муносабатлар мажмуидир: вақт эса бир-бираини алмашувчи ҳолатлар, уларнинг кетмакетлиги ва давомийлигининг ўзаро боғланишини ифодаловчи муносабатлар мажмуидан иборатdir.

Реляцион концепцияга қўшимча равишда макон ва вақтнинг яна қўйидаги хусусиятларини айтиб ўтиш зарурдир. Биринчиси — макон ва вақт объективлиги ва иккинчиси уларнинг умумийлигидир.

Макон — вақт объективлиги шуни билдирадики, улар киши онгидан ташқарида борлиқ шакллари ва моддий обьектларнинг ўзаро боғланиши сифатида мавжуд бўлади. Субъектив идеализм нуқтаи назаридан, киши ўз онги ва ҳиссётлари билан макон ва вақтда мавжуд бўлмай, аксинча, макон ва вақт жисмларни қабул қилиш (сезиш) усули сифатида кишида мавжуд бўлар эмиш. Материализм билэн бир қаторда объектив идеализм ҳам макон ва вақт объективлигин эътироф этади. Лекин материализм нуқтаи назаридан объективлик фақат субъект онгигагина эмас, умуман ҳар қандай онгга боғлиқ эмаслиги маъносида тушунилади. Шунинг учун, макон ва вақт «дунёвий онг», «абсолют идея» ва ҳ. к. ларга боғлиқ бўлмайди.

Макон ва вақт умумийлиги шуни билдирадики, ҳеч нарса макон ва вақтдан ташқари мавжуд бўлиши мумкин эмас, чунки улар Фейербах ибораси билан «ҳар қандай бирликнинг асосий шартларидир». Энгельс айтгандек «ҳар қандай бирликнинг асосий шакллари-

дир». Материализмнинг бу төзиси объектив идеализма қарши қаратилғандыр. Объектив идеализм қарашыча, атрофимиздаги дүйненниң макон ва вақт характерига эга бўлиши унинг «ҳақиқий эмаслиги»ни билдирадар эмиш. Ҳақиқий реаллик руҳий характерга эга бўлиб, макон ва вақтдан ташқарида мавжуд бўлар эмиш (масалан, Гегельнинг абсолют идеяси — бирдан-бир реаллик бўлиб, у макон ва вақтдан ташқарида мавжуд бўлади ва унинг ҳосиласигина макон хусусиятига эга).

Субъектив идеализм макон ва вақтнинг объективилигини инкор этиши билан бирга унинг умумий характерга эгалигини ҳам инкор қиласди. В. И. Ленин макон — вақт объективилигини инкор этиш унинг умумийлигини ҳам инкор этишга олиб келишини айтиб: «Агар вақт ва макон фақат тушунчалардан иборат бўлса, у вақтда уларни яратган инсоният вақт ва макон доирасидан четга чиқишига ҳақлидир...<sup>1</sup>», деб ёзади. Шундай қилиб, диалектик материализм идеализмга қарама-қарши ўлароқ макон — вақт объективлиги ва умумийлигини эътироф этади ва субстанционал концепцияни ёқловчи метафизик материализмга қарама-қарши ўлароқ макон — вақтнинг реляцион концепциясини илгари суради.

Макон ва вақт объективлик ва умумий характерга эга бўлишидан ташқари, бир-бирига ва ҳаракат билан боғланган, миқдор ва сифатан чексиз ва ўз тузилишларидаги дискретлик ва узлуксизлик бирлиги билан характерланувчи умумий хусусиятларга эга.

Макон ва вақт юқорида кўрсатилган умумий хусусиятлардан ташқари яна бошқа асосий хусусиятларга эга. Булар — маконнинг уч ўлчовлиги, бир жинсли эканлиги ва изотроплиги ҳамда вақтнинг бир ўлчовлиги, бир жинсли ва қайтмас процесс эканлигидир.

Макон уч ўлчовлидир. Ҳамма моддий обьект ва

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14-том, 191-бет.

процесслар уч ўлчовли фазо структурасыга эга, маконнинг бу хусусияти ҳаракатининг умумий хусусиятларидан келиб чиқади. Классик физика (ёки микродунё) шуқтани назаридан нуқта энг содда ва бўлинмас абстракт объектдир. Нуқтанинг ҳаракати чизиқни ҳосил қиласди. Чизиқни бир ўлчовли макон деб қараса бўлади. Чизиқнинг ўз-ўзига параллел бўлмаган ҳаракати натижасида икки ўлчовли макон — сирт ҳосил бўлади. Текисликнинг ҳаракати эса уч ўлчовли маконни ҳосил қиласди. Ҳажмга эга бўлган уч ўлчовли жисмнинг ҳар қандай ҳаракати ўлчови учдан ортиқ бўлган макон ҳосил бўлишига олиб келмайди, яъни реал физиковий олам уч ўлчовлидир. Жисмнинг фазодаги ҳолатини характерлаш учун учта бир-бирига боғлиқ бўлмаган катталиклардан фойдаланиш кифоя. Бу катталиклар турли координат системасида ҳар хил бўлиб, масалан тўғри бурчакли декарт координатлар системасида узуилик, кенглик ва балаидлик деб пом олган  $x$ ,  $y$ ,  $z$  катталиклардан иборат. Сферик координатлар системасида бу уч катталилк радиус-вектор  $r$  ва  $\varphi$  ҳамда  $\Theta$  бурчаклардан ташкил топади ва ҳ. к. Турли координатлар системаси фақат қулайлик учун ишлатилиб, жисмнинг фазодаги ҳолатини характерлаш учун фақат учта катталиклардан фойдаланиш кифоялиги — объектив фактдир.

Математикада кўп ўлчовли макон (фазо) тушунчаси кенг ишлатилади. Лекин у алоҳида маънога эга. Кўп ўлчовли фазо жисмнинг турли ( $n$  хил) хусусиятларининг ўзаро боғланишини ифодалайди. Масалан,  $N$  та заррадан ташкил топган системада ҳар бир зарра учта фазовий координатлар ва импульснинг уч йўналишдаги проекцияси билан характерланса, битта зарранинг ҳолатини б ўлчовли фазодаги нуқта билан ифодалаш мумкин бўлади  $N$  та заррадан иборат бўлган система хусусиятини эса б  $N$  ўлчовли фазо ёрдамида характерлаш мумкин. Шундай қилиб, математик нуқтаи на-

зардан жуда күп хусусиятга эга бўлган системани характерлаш учун кўп ўлчовли (ҳатто чексиз ўлчовли) фазони ҳам фикран яратиш мумкин. Лекин бу ерда кўрилган фазо шартли ва сунъий характерга эга. Ҳар қандаи мураккаб ҳодисани уч ўлчовли реал физикавий ва вақт координатаси ёрдамида ифодалаш мумкин. Кўп ўлчовли фазо тушунчалиги математик абстракция, умумлаштиришдан иборатdir. Лекин у ҳам ҳақиқатини, реал ҳодисаларни жисм катталигини характерловчи уч ўлчовли фазо хусусиятларидан фарқланувчи бошқа турли хил хусусиятларининг мажмуини ифодалайди.

Макондан фарқли ўлароқ, вақт бир ўлчовли ва қайтмасдир (вақт бир йўналишда оқади). Нима учун вақт моментлари тўғри чизиқ нуқталари каби тартибли ва кетма-кетдир? Нима учун у ўтмиш, ҳозир ва келажак йўналишида оқади? Бу саволларга ҳозирча тугал жавоб олинган эмас.

Вақтнинг асосий хусусиятларидан бири, унинг қайтмаслигидир. Фазонинг бир нуқтасига бир неча марта қайтиш мумкин. Шу маънода фазо «қайтишли»-дир. Лекин вақт қайтишли эмас, ўтмишга қайтиш мумкин эмас. Ўтмишга фақат фикран қайтиш мумкин, уни хаёлда тиклаш мумкин.

Баъзилар (масалан, Б. Рассел) вақт қайтмаслигини киши онгига хос бўлган хусусиятлардан (фикрлаш, эслаш) келтириб чиқаришга уриндилар. Лекин онг вақтда мавжуд, аксинча эмас, яъни вақт онг маҳсули эмас. Вақт обективлиги ва унинг бир йўналишда оқиб, қайтмаслик хусусиятга эга бўлиши фақат объектив процессларнииг хусусиятларидан келиб чиқади.

Вақт қайтмаслигини сабабият ва натижажа тушунчаси билан боғлаб тушунтиришга уриниш адабиётда кўп учрайди. Ҳодисалардаги сабабият ва вақт тартиби бир хилдир. Агар ўзгарилаётган физикавий системанинг ҳар бир ҳолати ундан олдинги ҳолат натижаси деб қаралса, шу система тарихини чизиқли сабабиятлар

кетма-кетлигидан ташкил топган дейиш мумкин. Ҳар бир ҳодиса ўзидан кейин рўй берган ҳодисага сабаб бўлади, сўнггиси эса илгаригисининг натижаси сифатида юзага келади. Бу сабабият боғланишлар кетма-кетлигига маълум вақт моментлари кетма-кетлиги мос келади. Вақт кетма-кетлигиги сабабиятлар кетма-кетлигидан келтириб чиқариш мумкин, деган фикрга асосан вақтнинг сабабият назарияси яратилди. Бу назарияга асосан сабабиятлар кетма-кетлиги вақт табиати ва хусусиятларини тушунтириб беради. Бу нуқтаи назарни XX асрда Ганс Рейхенбах кенг ишлаб чиқди. Лекин вақт тушунчасиз, нарсалар кетма-кетлигига қайси бири сабабият ва қайсиси натижага эканлигини аниқлаш қийин. Сабабият кетма-кетлигигинг ўз вақт кетма-кетлиги тушунчаси асосида келтириб чиқарилади. Нисбийлик назариясига асосан абсолют вақт кетма-кетлиги сабабиятлар кетма-кетлигининг мавжуд бўлиш шартидир. Бунга асосан вақт кетма-кетлиги сабабият кетма-кетлигига нисбатан фундаменталроқ статусга эга деган ҳулоса келиб чиқади.

Вақтнинг бир йўналишда оқиши хусусиятини энтропиянинг ўсиши қонуни билан тушунтиришга уринишлар анча табиийдек кўрипнади. Агар ташки дунёдан изоляцияланган берк системада қайтмас процесслар мавжуд бўлса, унинг энтропияси фақат ўсиши мумкин ва у системани доим эҳтимоллиги каттароқ бўлган ҳолга ўтишига олиб келади. Лекин бу дунёқараш ҳам муҳим қаршиликларга дуч келди. Энтропиянинг ўсиш қонуни статистик характерга эга ва макроскоопик системалар учун бажарилади. Кўрилаётган система-нинг катталиги қанчалик чекли (кичик) бўлса, бу қонидан оғиш (флюктуация) эҳтимоллиги шунча кўп бўлади. Жуда катта вақт интервалида ҳам энтропиянинг ўсиши қонунидан оғиш эҳтимоллиги ортади. Лекин ҳисоблашлар шунин кўрсатадики, макросистеманинг энтропияси жуда катта (биз яшаётган олам

ёши  $10^{10}$  йилдан тахминан ўн даража катта) вақт ичида камайиши мүмкін. Шунинг учун вақт йұналиши күпчилік қайтмас процесслардаги энтропияның ўсиш йұналиши билан аниқланады деса ҳам бұлади. Лекин бу холосасының жуда мұхимлігінга қарамай энтропияның ўсиши ҳеч шубҳасыз вақтнің бир йұналишда оқишини ифодаловчы назариядир, деб қараш қийин. Энтропияның ўсиши табиатнің әмпирік қонунияти-дир ва уны назарий асосынан беріш керак. Шунинг учун у вақт қайтмаслығының әмпирік тасдигидир, холос. Назарий жиҳатдан исботлаш учун эса вақтнің бир йұналишда оқишини табиатнің фундаментал қонуналаридан келтириб чиқариш керак.

Артур Эддингтонтың энтропияның ўсиши билап вақтнің бир хил йұналишга әгалігі орасынанға боғланишиши «вақтнің термодинамик ўқи» деб атайды. У вақтнің яна иккі «ўқ» — «космологик» ва «электромагнит» ўқларап ҳам мавжудлігінің айтади.

Вақтнің «электромагнит» ўқи төбранаётган электр заряддан тарқалаётган электромагнит тұлқинларинің нурлапиши билап боғланады. Бу нурлапиш қайтмас процесстір, яғни манба фақат чексизликка тарқалувчы электромагнит тұлқинлар сочады. Аксинча, чексизликда тарқалған электромагнит нурлапиш бир нүктадаги манбага тұйпапиши мүмкін әмас. Лекин Максвеллнің электромагнит назариясын асосида ҳам тарқалувчы ва ҳам тұйпапиувчы электромагнит тұлқинлар бўлиши мүмкін. Тұйпапиувчы тұлқинларнің кузатылmasлығы тажрибада тасдиқланады. Демак, «электромагнит» ўқ тушунчасы ҳам вақтнің бир йұналишда оқишининің әмпирік тасдигидир.

Космологик «вақт ўқи» концепцияның кенгайиб бориши билан боғланады. Бу қараша асосан, концепцияның кепгайиши вақт йұналишини белгилайди. Лекин бу ерда концепцияның кепгайиши сабабини аниқлаш зарур дір. Агар концепт кенгайиши табиат қонуни бўлмай

тасодиғий характерга эга бўлса, у вақтнинг бир йўналишда оқишининг назарий асоси бўлолмайди. Эҳтимол юқорида кўриб чиқсан термодинамик, электромагнит ва коибот кенгайиши процессларининг қайтмас бир йўналишни характери вақтнинг йўналишини белгиламай, аксинча, вақт бир йўналишга эга бўлгани учуп улар кузатилар. Шундай қилиб, вақтнинг бу хусусияти ҳозир ҳам сирли ва тушунтириш қийин бўлиб қолмоқда. Макон бир жинсли ва изотроп хусусиятга эга. Уннинг бир жинсли эканлиги шуни билдиради, фазонинг ҳамма цуқталари тенг ҳуқуқлайдир. Ҳамма йўналишда маконнинг бир хиллиги уннинг изотроплигини кўрсатади. Вақт ҳам бир жинсли бўлиб, вақт моментларининг бир хиллигини билдиради.

Макон ва вақт бир жинслилиги ва маконнинг изотроплиги оламнинг асосий хусусиятларини ифодалаб, муҳим физикавий қонуулар билан боғлангандир. XX асрда Гильберт, Клейн ва Нетер таърифлаб берган ва Нетер теоремаси номини олган назарияга асосан, системанинг хусусияти ундаги координат ўзгаришга боғлиқ бўлмаса, унга бирор сақланиш қонуни мос келади.

Макон ва вақт бир жинслилиги ва маконнинг изотроплиги, системанинг баъзи маълум ўзгаришларга нисбатан инвариант эканлигини билдиради. Масалан, вақт бир жинслилиги вақт силжишига, яъни вақт ўқининг бошлиғич нуқтасининг ўзгаришига нисбатан инвариантлигини билдиради. Макон бир жинслилиги — координат бошининг ўзгаришига нисбатан фазонин инвариантлигидандир. Маконнинг изотроплиги эса координат системанинг фазодаги бурилишига нисбатан маконнинг инвариантлигини кўрсатади. Вақт силжишига нисбатан симметриялпк, яъни вақтнинг бир жинслилигига энергия сақланиши қонуни мос келади. Импульс сақланиш қонуни макон бир жинслигининг натижасидир ва маконнинг изотроплигидан импульс моментининг сақланиш қонуни келтириб чиқарилади. Шундай қилиб, Нетер

теоремаси макон ва вақт ҳақиқатан ҳам материя яшашининг бир шакли эканлигини, унинг хусусиятлари моддий процессларининг ўтишини анпқловчи фундаментал қонунларда ўз ифодасини топишини кўрсатади.

## 11-§. Классик физика ва нисбийлик назариясида макон ва вақт тушунчаси

Макон ва вақтиниг бир жиңислиги ва макон изотроплиги фундаментал сақланиш қонунлар билан боғлиқ бўлибгина қолмай, улар ҳам Галилейнинг нисбийлик принципи асосида, ҳам маҳсус нисбийлик назариясининг асосида ётади.

Галилейнинг нисбийлик принципига асосан ҳамма инерциал системалар эквивалентдирлар, яъни бир система иккинчисига нисбатан тўғри чизиқли текис харатат қилаётган бўлса (инерциал система), улардаги бўлаётган механик процесслар бир хил бўлади ёки инерциал система ичida ўtkазilaётган ҳар қандай механик тажрибалар ёрдамида системанинг тинч ёки тўғри чизиқли текис ҳаракатда эканлигини аниқлаш мумкин эмас.

Классик механика қонунлари ҳамма инерциал системаларда бажарилади. Лекин классик механикани яратувчи физиклар олдида умуман табиатда инерциал система борми, деган савол туғилди. Ҳақиқатан, Ер билан ҳам, Қуёш билан ҳам боғланган система инерциал система бўлолмайди, чунки Ер Қуёш атрофида, Қуёш эса Галактика маркази атрофида айланади. Бирорта ҳам реал система инерциал система бўла олмаса, инерциал система тушунчасига нисбатан келтириб чиқарилган механика қонунлари тўғрими, деган савол пайдо бўлади.

Шу саволга жавоб излаш жараёнида абсолют макон ва абсолют вақт тушунчалари яратилди. Абсолют

макон қўзғалмас ва у билан боғланган саноқ система инерциалдир. Абсолют маконга нисбатан механика қонунлари аниқ бажарилади. Абсолют вақт ҳам нисбий бўлмай текис оқади. Бу тушунчаларни биринчи марта Ньютон айтиб ўтган. Абсолют макон ва вақтни тажрибада кузатиш мумкин эмаслиги Галилеининг нисбийлик принципи билан тушунтирилади.

Классик электродинамика қонунлари, жумладан, ёруғлик тезлигининг вакуумда ўзгармас қийматга эга бўлиши Галилейнинг нисбийлик принципига мос эмаслиги аниқланди.

Ёруғликнинг тўлқин назариясига асосан, ёргулек нури олам муҳити ҳисобланган эфир зарраларининг тебраниши натижасида тарқалади. Ёруғлик тезлигининг эфирга нисбатан деб ҳисобланиши табиий эди. Эфир қўзғалмас бўлгани учун, унга нисбатан ҳаракат қилаётган системада ёруғликнинг тезлиги ёруғликнинг эфирда тарқалиш тезлиги с билан, кўрилаётган системанинг эфирга нисбатан ҳаракат тезлиги  $v$  нинг вектор йигиндисидан ташкил топган бўлиши керак эди. Агар ёруғликнинг бу икки системадаги (абсолют эфир ва унга нисбатан ҳаракатдаги система) тезликлари аниқланса, ҳаракатдаги системанинг абсолют маконга нисбатан абсолют тезлигини аниқлаш мумкин.

Шу фикрларга асосан Майкельсон ва Морли тажриба ёрдамида Ернинг эфирга нисбатан ҳаракатини аниқламоқчи бўлдилар. Бу тажрибада ёруғликнинг Ер ҳаракати йўналишидаги ва унга тик йўналишдаги тезликлари турли бўлиб чиқиши кутилган эди. Лекин ёруғлик тезлиги ҳамма йўналишларда бир хил бўлар экан.

Механика қонунлари Галилей алмаштиришларига нисбатан ковариант (ўзгармас) бўлгани учун ҳар қандай механик тажрибалар ёрдамида системанинг абсолют ҳаракатини ёки тинч ҳолатда эканлигини аниқлаш мумкин бўлмаган эди. Электродинамика қонунлари

(Максвелл тенгламалари) Галилей алмаштиришларига нисбатан ковариант эмас, чунки, Максвелл тенгламаларига ёруғликнинг эфир билан болжаиган системадаги тезлиги с киради. Лекин Майкельсон тажрибаси шуни кўрсатадики, оптик тажрибалар ёрдамида ҳам абсолют ҳаракатни сезиш мумкин эмас экан.

Эйнштейн Майкельсон тажрибаси патижаларига асосланиб Эйнштейн нисбийлик принципи номини олган умумий нисбийлик принципини яратди. Бу принципга асосан ҳар қандай физикавий тажриба (на механик, на электромагнит характердаги) ёрдамида системанинг тинч ёки тўғри чизиқли текис ҳаракат ҳолатини аниқлаш мумкин эмас. Бундан ёруглик тезлигининг ўзгармаслиги принципи келиб чиқади, яъни ёруғлик тезлиги абсолютdir. Бу қарама-қаршиликни Эйнштейн бартараф қилди. Бу ерда нисбийлик принципи билан ёруғлик тезлигининг ўзгармаслиги принципи бир-бирига зид эмас, фақат Галилейнинг нисбийлик принципини электромагнит ҳодисаларга ёйиш ва инерциал системада ҳам ёругликнинг вакуумдаги тезлиги ўзгармас бўлиши қонуниши қабул қилиш зарур. Бу принциплар асосида Эйнштейн ёруғлик тезлигини ўз ичига оловчи ва электромагнит ҳодисалар учун қўлланishi мумкин бўлгани релятивистик назариянинг янги қонуиларини келтириб чиқарди.

Нисбийлик назариясига асосан классик физика асосида яратилган макон ва вақт тушунчаларига қараш бутунлай ўзгарди. Макон ва вақт макон — вақт деб аталувчи ягона маънога эга бўлган тушунчага бирикади. Буидай макон — вақт бирлиги турли хилдаги тўрт ўлчовли макон — вақт катталикларини ўз ичига оловчи нисбийлик назариясининг математик аппаратида ўз ифодасини топади. Тўрт ўлчовли макон — вақт интервалии уч ўлчовли макондаги узуонлик ва бир ўлчовли замондаги вақт интерваллари бирлигидан иборат бўлади. Классик механикада узунлик ва бирвақтлилик

абсолют ҳисобланганидек, макон — вақт абсолют характерга эгадир.

Нисбийлик назарияси аниқлаган макон ва вақт орасидаги ички боғланишининг мавжудлиги классик механика ва кундалик тажрибалар нуқтаи назаридан жуда ажойиб туюлган хулосаларга олиб келди. Булар — узунлик ва вақтнинг нисбийлиги, катта тезликли ҳаракатларда узунликнинг «қисқариши», вақтнинг «секилининш» ҳақидаги хулосалар, масса билан энергиянинг ўзаро боғлиқлиги ва ҳ. к. лардир. Масалан, ҳаракатдан системанинг тезлиги ёруғликнинг вакуумдаги тезлигига қанча яқин бўлса, ундаға  $\frac{v^2}{c^2}$  процесслар шунчалик секин рўй беради:  $t = t_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  бунда  $t$  — ҳаракатдаги системадаги вақт,  $t_0$  — тинч турган системадаги вақт,  $v$  ҳаракатдаги системанинг тезлиги,  $c$  — ёруғлик тезлиги. Бу ҳол космик иурлар таркибида учровчи мезонларниң яшааш вақтини кузатишда тасдиқланди. Мезоннинг ўртача яшааш вақти унинг тезлигига боғлиқ бўлади. Мезон тезлиги ёруғлик тезлигига яқинлашганда унинг муҳитда босиб ўтган (емирилишга қадар) йўли узунлашади ва бу ҳол мезоннинг ўртача яшааш вақти узайиши билан тушунтирилади.

Нисбийлик назариясининг муҳим аҳамияти шундан иборатки, у макон ва вақтнинг ўзаро боғланган, макон — вақт бирлигидан иборат эканлигини кўрсатди. Макон ва вақт катталикларининг (узунлик, вақт) нисбийлиги эса шу бирлик натижасидир. Классик физикада алоҳида-алоҳида маънога эга бўлган вақт ва макон, нисбийлик назариясидаги ягона макон — вақтнинг аспектлари эканлиги, электр ва магнит майдонлар бирбиридан ажралган ҳолда кўрилиши мумкин бўлмаган электромагнит майдон бирлигидан иборат эканлиги, масса ва энергия ўзларининг «классик» мустақиллигини йўқотиб, ўзаро, маълум қонуни асосида боғланган катталиклар эканлиги аниқланади.

Ҳозирги замон табиатшунослигига нисбийлик назарияси диалектик материализмнинг таянчи бўлиб хизмат этиши шубҳасизdir. Фаннинг ривожланиши билан унинг асосий тушунчаларининг маъноси, жумладан, макон ва вақт тушунчалари ўзгариб, чуқурлашиб моддий оламнинг хусусиятларини тўлароқ ва чуқурроқ акс эттириб боради. Ленин кўрсатгандек «вақт ва макон ҳақида ривожланиб бораётган тушунчаларимиз обьектив реал вақт ва маконни акс эттиришни, умуман ҳамма ерда бўлгани сингари, бу ерда ҳам обьектив ҳақиқатга яқинлашувини қатъий суръатда ва очиқ-оидин эътироф қилинmas экан...»<sup>1</sup> фалсафада изчил материалистик дунёқарашни ёқлаш мумкин эмас. Макон ва вақт тушунчасининг нисбийлик назарияси асосида ўзгариши, чуқурлашиши Лениннинг юқорида айтган сўзини тасдиқлайди.

Макон ва вақт ҳақидаги кишилар тушунчасининг ўзгарувчан ва нисбий эканлигидан фойдаланиб, махистлар обьектив реал макон ва вақт мавжудлигини инкор этмоқчи бўлдилар. Бу борада ҳам махистларнинг ноҳақ эканлигинн кўрсатиб, «Инсоннинг макон ва вақт ҳақидаги тасаввурлари нисбий тасаввурлардир. Лекин бу нисбий тасаввурлардан абсолют ҳақиқат вужудга келади, бу нисбий тасаввурлар ривожланиб, абсолют ҳақиқат йўлидан илгарилаб боради ва унга яқинлашади. Материянинг тузилиши ва ҳаракат формалари ҳақидаги илмий билимларнинг ўзгарувчанлиги ташки оламнинг обьектив реаллигини рад қилмагани сингари, инсоннинг макон ва вақт ҳақидаги тасаввурларининг ўзгарувчанлиги ҳам макон ва вақтнинг обьектив реаллигини рад қилмайди»<sup>2</sup>, деб ёзади В. И. Ленин.

Албатта, нисбийлик назария яратган макон ва вақт

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асрлар, 14-том, 190-бет.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Асрлар, 14-том, 189-бет.

ҳақидаги умумий тушунча ҳам «ҳақиқатнинг сўнгги инстанцияси» эмас.

Макон ва вақт ҳақидаги тушунча Эйнштейннинг умумий нисбийлик назариясида янада чуқурроқ ривожлантирилди ва маҳсус нисбийлик назарияси очиб бера олмаган объектив ва реал макон ва вақт хусусиятлари ни кашф этади.

Эйнштейн умумий нисбийлик назариясини ўзи ишлаб чиққан маҳсус нисбийлик назарияси ва гравитацион ҳамда инерт массаларининг тенг бўлиши фактига асосланиб яратди. У вақтга қадар, яъни 300 йил давомида гравитацион ва инерт массаларининг тенглиги тасодифий бўлса керак, деб келинар эди. Эйнштейн инерт ва гравитацион массалар тенглигини мантиқан чуқур анализ қилиб, шу анализ асосида маҳсус нисбийлик назариясини умумлаштиргди.

Маҳсус нисбийлик назариясига асосан физикавий процесслар ҳамма инерциал системаларда бир хил бўлади. Нисбийлик принципини ҳамма системалар учун умумлаштириш мумкин эмасми, деган савол тугилади. Абсолют инерциал система табиатда учрамайди. Чунки ҳамма системалар ҳаракати нисбийдир. Инерциал бўлмаган берк система ичida физикавий тажрибалар ўтказиб, шу системанинг нотекис (масалан, тезланиш билан) ҳаракат қилаётганини айтиб бериш мумкинми, деган савол пайдо бўлади. Эйнштейн ҳар қандай тажриба ёрдамида жисм тезланиш билан ҳаракатланаётидими ёки тортишиш майдонида жойланганми деган саволга жавоб бериш мумкин эмаслигини хаёлий тажриба асосида кўрсатди.

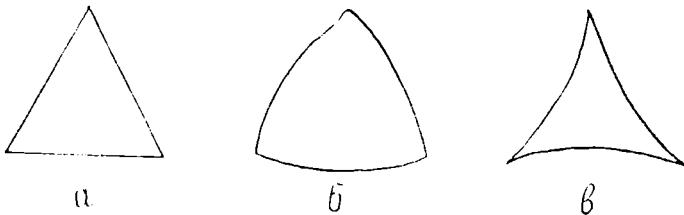
Ҳақиқатан, ташки дунёдан изоляцияланган лифт эркин тушаётган бўлса, уининг ичидаги жисм оғирлиги йўқолади. Лифт ичидаги киши тортишиш майдони йўқолдими ёки лифт тортишиш майдонида эркин тушаётидими, деган саволга жавоб бера олмайди. Бу хаёлий тажриба асосида Эйнштейн тортиш кучи майдони бি-

лан тезланишли ҳаракат натижасида ҳосил бўлган майдоннинг бир хиллигини кўрсатувчи эквивалентлик принципини таърифлаб берди. Эквивалентлик принципига асосан классик физика нуқтai назаридан тасодифий деб қарабган инерт ва гравитацион массалар тенглиги табиатнинг фундаментал қонунидан иборат эканлиги тушутирилиб берилди. Эквивалентлик принципига асосланниб Эйнштейн ўзининг умумий нисбийлик принципини таърифлаб берди. Унга асосан табиат қонулари инерциал ва ноинерциал ҳамма саноқ системаларда ковариант эканлиги аниқланди.

## 12-§. Геометрия ва физика

Кундалик тажрибаларга асосланган оддий тушунчага кўра, геометрия атрофимизми ўраб турган маконнинг хусусиятларини ифодаловчи фандир. Қадимги Юнонистонда яратилган Эвклид геометрияси бир неча аксиомалар системасига асосланган бўлиб, маконнинг асосий хусусиятларини ифодалайди. Икки минг йил давомида Эвклид геометрияси ягона ва реал олам хусусиятларини аниқ ифодаловчи геометриядир, деб ҳисобланиб келинди.

XIX асрда Лобачевский, Больян, Гаусс ва Риман ишлари натижасида уч геометрия системаси: яъни Эвклид, Лобачевский ва Риман геометрияси мавжудлиги аниқланди. Бу уч геометрия фарқини тушунтириш учун одатда икки ўлчовли фазо, яъни текисликдан фойдаланади. Эвклид геометрияси бу ҳолда текисликда муносабатларни ифодаласа, Риман геометриясига сфера сирти мос келади. Сфера сиртида тўғри чизиқ ўрнига ёй кесими ишлатилади. Эвклид геометриясида текислик билан иш кўрилади ва унинг эгрилиги нолга тенг. Риман геометрияси текислиги мусбат эгрилика эга. Лобачевский геометрияси манфий эгриликли текисликдан иборат бўлган псевдосфера сиртида реализацияланади. Эвклид геометриясида учбурчакнинг ички бурчаклари



1-расм.

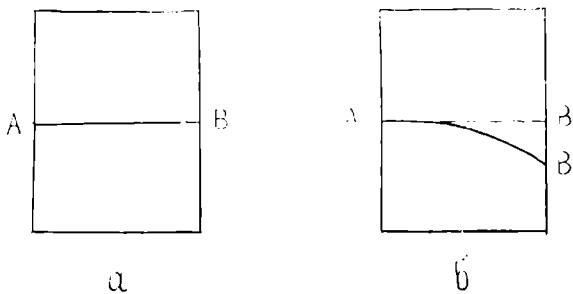
йигиндиси  $180^\circ$  га teng (1-расм). Риман геометриясида эса у  $180^\circ$  дан катта ва Лобачевский геометриясида  $180^\circ$  дан кичик (1-б ва  $\beta$  расм). Ички бурчаклар йигиндининг  $180^\circ$  дан фарқини учбуручак дефекти деб атаб  $\Delta$  билан белгиласақ, учбуручак дефекти  $\Delta=0$  бўлганида Эвклид геометрияси,  $\Delta>0$  да Риман ва  $\Delta<0$  да Лобачевский гометрияси билан иш кўрилмоқда дейиш мумкин.

Учбуручак дефектининг унинг сиртига нисбати шу учбуручак сиртининг эгрилигини аниқлади. Кўрилаётган текисликларни уч ўлчовли фазога жойласак уларнинг эгрилигини ясси текислик кўринишидан огишига қараб аниқлаш мумкин. Лекин кўрилаётган текисликларни уч ўлчовли фазога жойламай ҳам уларнинг эгрилигини аниқлаш мумкин. Учбуручак дефектининг нолдан фарқланиши унинг сиртининг эгрилигини белгилайди ва учбуручак дефекти кўрилаётган сирт хусусиятининг Эвклид геометриясидаги сиртдан фарқланишининг ўлчовидир, деб қарап мумкин.

Икки ўлчовли сирт ҳақида айтилганларни энди уч ўлчовли фазога қўлласак унинг эгрилигини аниқлаш мумкин. Албатта, уч ўлчовли маконнинг эгрилигини сезиш учун уни тўрт ўлчовли маконга жойлаш керак, ёки юқорида кўрилган иккинчи йўл билан, яъни эгриликнинг нолдан фарқи  $\Delta$  ни аниқлаб топиш мумкин. Бу ерда биринчи усулдан фойдаланиш ярамайди, чунки

тұрт үлчөвли физикавий макон мавжуд әмас. Бу ерда күрилган уч үлчөвли маконнинг эгрилиги шартлардан. Макон эгрилиги деганда, ҳозирги замон фани нұқтаи назаридан, фазометрикасининг Эвклид метрикасидан фарқланишини тушуниш керак. Умумий нисбайлык назариясинаң хизмати шундаки, у эвклид бўлмаган геометрия ҳам физикавий маънога эга эканлигини тушириб берди.

Эйнштейннинг эквивалентлик принципиданоқ макон эвклидмас метрикага эга бўлиши мумкинлиги кўринади. Ҳақиқатан, агар «Эйнштейн лифти» тинч турибди ва тортишиш кучи майдони йўқ, деб қарасак,  $A$  тирқишидан чиқаётган ёруғлик  $B$  нұқтага тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиб тушади (2-а расм.) Энди лифт  $g$  тезланиш билан юқорида ҳаракат қиласа, ёруғлик нури  $A$  дан чиқиб лифтнинг қарама-қарши деворига етиб боргунга қадар, лифт  $BB'$  масофани босиб ўтгани учун у  $B$  нұқтага әмас  $B'$  нұқтага тушади (2-б расм.)



2-расм.

Эквивалентлик принципига асосан лифтнинг тезланиш билан ҳаракати ва тортишиш майдонидаги ҳаракати бир бўлгани учун, тинч турган лифт ичидаги ернинг тортиш майдони таъсирида ёруғлик нури  $AB$  тўғри чизиқ бўйлаб әмас, балки  $AB'$  эгри чизиқ бўйлаб тарқа-

лиши келиб чиқады.  $AB'$  эгри чизиқ әвклид геометриясындағи түгри чизиқ  $AB$  хусусиятити, яъни иккі нұқта орасидаги әңг қисқа масофа бўлиш хусусиятити сақлайди. У «Әңг түгри чизиқ» ёки геодезия чизиги номини олди.

Кўриб ўтилганлардан шундай хулоса келиб чиқадики, реал маконда доим гравитацион майдон таъсири мавжуд, демак, ундағы ҳар бир чизиқ әвклид түғри чизигидан иборат бўлмайди, яъни реал макон метрикаси әвклид метрикасидан фарқланади.

Шундай қилиб, геометрия билан тортишиш майдони бир-бирига чамбарчас боғлиқ экан. Реал оламнинг метрик характеристикалари (яъни фазодаги масофа ва вақт оралиги) гравитацион майдонга боғлиқ бўлар экан. Эйнштейн сўзи билан айтганда, гравитацион майдон таъсир кўрсатар ва ҳатто, макон—вақт континуумининг метрик қонунларини аниқлар экан.

Албатта, юқорида кўрилган хаёлий тажрибалар әквивалентлик принципи түғри бўлган ҳолдагина метрик характеристикаларнинг әвклидмас бўлиш мумкинligини билдиради. Реал тажрибаларда макон метрикасининг әвклидмаслигини кўрсатиш мумкин эмас. Буни фақат умумий нисбийлик назарияси хулосаларининг тажриба натижалари билан мос келишигина исботлайди.

Нисбийлик назариясига асосан макон—вақт бирлиги билан характеристланувчи фазо метрикаси («иккى қодиса оралиги»)  $dS^2 = \sum_{ik}^4 g_{ik} dx_i; dx_k$  билан ифодаланади.

Бу ерда  $x_1, x_2, x_3, x_4$  ўзгарувчилар уч ўлчовли фазодаги  $x, y, z$  ва вақт  $t$  га мос келади. Юқоридаги ифода 16 ҳад йиғиндисидан иборат, яъни  $i$  ва  $k$  лар 1 дан 4 гача қиймат олишлари мумкин.

Одатда юқоридаги ифодада сумма белгиси ташлаб юборилиб  $dS^2 = g_{ik} dx_i; dx_k$  кўринишда ёзилади. Агар  $i \neq k$  ҳолда  $g_{ik} = 0$  ва  $i = k$  да  $g_{ik} = 1$  деб олсақ,  $dS^2$  маҳсус нисбийлик назариясидаги оралиқ ифодаси-

ни беради. Умумий ҳолда  $g_{ik}$  лар бундай «содда» қийматлар олмай улар ихтиёрий ўзгарувчилар, янын  $x_1, x_2, x_3, x_4$  ларнинг функциясидан иборат бўлиши мумкин. 16 коэффициентлар мажмуидан иборат бўлган катталик тензор деб аталувчи маҳсус математик катталикини ташкил этади.

$g_{ik}$  тензор фундаментал метрик тензор деб аталади, чунки унинг компонентларининг қийматлари метрика характеристини аниқлайди. Эвклид геометриясида  $i = k$  бўлганда  $g_{ik} = 1$  ва қоллар учун  $g_{ik} = 0$  эвклид-мас геометрияда  $g_{ik}$  компонентлари бошқа қийматлар олади.

Эйнштейн,  $g_{ik}$  компонентлари фақат макон—вақт континуумининг метрикасини аниқлабгина қолмай, гравитацион потенциалларга ўхшашиб катталиклардан иборат эканлигини кўрсатди.  $g_{ik}$  компонентлар қиймати моддий массаларнинг тақсимланиши билан аниқланади. Шундай қилиб, умумий нисбийлик назариясига асосан гравитация билан метрика маълум жиҳатдан бир-бирига ўхшашиб экан. Гравитация майдони макон—вақт метрикасининг эвклид геометрияси билан аниқланувчи фазо метрикасидан фарқланишини характеристлар экан, ва аксинча, макон — вақт метрикаси гравитацияни характеристлайди. Гравитацион ва метрик майдон битта реал бирликнинг икки хил ифодаси бўлиб, уларнинг бирини иккинчисиз мавжуд бўлиши мумкин эмас.

Шундай қилиб, асрлар давомида ноъмалум бўлиб келган тортишиш сири кутилмаган усул билан ҳал этилди. Эйнштейнга қадар олимлар тортишиш кучи сирини осмон жисмларини ҳаракатга келтирувчи кучларнинг таъсир механизмини ўрганиш йўли билан ҳал этимоқчи бўлган бўлсалар, Эйнштейн масаланинг қўйилишини ўзгартирраб юборди. Тортишиш кучлари механизмада ёки электродинамикада таъсир этувчи кучлар сифатида мавжуд эмас. Жисмларнинг тортишиш майдонидаги ҳаракати ўзига хос инерция бўйича ҳаракат-

дан иборат ва бу ҳаракат тўғри чизиқлари «энг тўғри чизиқ» ёки геодезия, дунёвий чизиқлар билан алмаштирилган «эгри» маконда бўлади. Ўз вақтида Галилей кўрсатганидек, тўғри чизиқли ҳаракат ҳар сафар жисмга махсус таъсир этувчи кучлар таъсиридагина юзага келувчи ҳаракатдан иборат бўлмай, жисмнинг эвклид ҳарактердаги маконда инерция бўйлаб ҳаракатидан иборатдир. Худди шунга ўхшаш, Эйнштейн ҳам, тортишиш майдонида жисм махсус гравитация кучлари таъсирида ҳаракат қилмай, уларнинг ҳаракати эвклид бўлмаган макоида инерция таъсирида юзага келувчи ҳаракатдан иборат эканлигини кўрсатди.

Умумий нисбийлик назарияси тортишиш қонунининг тензор шаклида ёзилган янги тенгламасини яратди. Нисбийлик назарияси Ньютон механикаси асосида тушунишиб бериш мумкин бўлмаган қатор ҳодисаларни тушунтирибди. Масалан, Меркурий перигелийнинг ҳаракати ёргулук нурининг гравитация майдонида букилиши, Гравитация майдонида вақтнинг секунланини ва спектр чизиқларининг гравитация майдони таъсирида қизил спектр чизифи томон силжиши (гравитацион қизил силжиши) ва ҳ. к. Бу эффектларнинг ҳаммаси тажрибаларда тасдиқланди. Масалан, гравитацион қизил силжиши француз олимлари Паунд ва Репке Мессбауэр эффицити ёрдамида жуда катта аниқлик билан бажарилган тажрібада исбот этдилар (1960 й.).

Маълумки, Ньютон механикасида макон ва вақт абсолют характерга эга эди. Махсус нисбийлик назариясига асосан макон—вақт континууми абсолютdir. Умумий нисбийлик назарияси эса макон ва вақтгина эмас, макон—вақт континуумини ҳам абсолютликдан маҳрум этади. Макон—вақт материяси  $g_{ik}$  компонентлари билан ифодаланиб у моддий массаларнинг тақсимотидан ҳоснл бўлади, макон—вақт моддий объектларнинг жуда умумий муносабатларини ифодалаб, материядан ажralган ҳолда яшashi мумкин эмас. 1921

йил З апрелда Эйнштейн «Нью-Йорк таймс» газетаси-  
нинг мухбири билан суҳбатда нисбийлик назариясининг  
маъноси нимадан иборат деган саволга жавоб бериб  
шундай деган эди: «Илгари, агар, қандайдир мўъжиза  
ёрдамида жисмлар бехосдан йўқ бўлиб қолсалар, макон  
ва вақт қолади деб ҳисоблар эдилар. Нисбийлик наза-  
риясига асосан эса, жисмлар билан бирга макон ҳам ва  
вақт ҳам йўқ бўларди!»<sup>1</sup>.

Бу сўзларда нисбийлик назариясининг асосий фал-  
сафий маъноси ўз ифодасини топган. Макон ва вақт  
мустақил субстанция бўлмай ягона субстанция — мате-  
рияning яшаш шаклидир.

### 13-§. Материяни геометриялаштириш мумкинми?

Эйнштейн нисбийлик назариясими яратгандан кейин,  
у тортишиш майдонини геометриялаштириди, уни эгри-  
ланган макон—вақт геометрияси билан алмаштириди,  
деган фикр кенг тарқалди. Тортишиш майдони билан  
макон — вақт эгрилиги айлан ўхшаш деган фикр баҳсли  
бўлса-да, гравитация ҳодисаси билан маконинг гео-  
метрик характеристикаси орасида яқин боғланиш бор-  
лиги шубҳасизdir. Шунинг учун ҳам, гравитация майдонинигина эмас, бошқа физикавий майдонларни ҳам  
геометриялаштириш ва ниҳоятда хилма-хил физикавий  
олам кўринишларини макон геометрияси билан алмаш-  
тириш умидлари туғилди.

Бу фикр асосчиларидан бири инглиз математиги  
Вильям Клиффорд эди. Нисбийлик назарияси яратил-  
масдан илгари, 1870 йилда у материя ва унинг ҳарака-  
ти вақт ичida макон эгрилигининг шамоён бўлишидир,  
деб таъкидлаган эди. Унинг айтишича оламда мураккаб  
эгриланган геометриядан бошқа ҳеч нарса йўқ. Сўнгги  
вақтларда Ж. Уилер геометродинамика фанин ривож-

---

1 А. Эйнштейн. Сущность теории относительности, 53-бет.

лантириб юқоридағи фикрни қувватлади.<sup>1</sup> Геометродинамика фанининг программаси физикавий ҳодисаларни тұла геометриялаштиришдан иборат. Бу проблемани ҳал қилиш учун, аввало фақат гравитация майдонида әмас, балки турли физикавий майдонларда ҳаракат қылайтган моддий нүкталарнинг траекторияларини қандайдыр мураккаб геометрияның геодезик чизиқларидан иборат деб қараш мүмкін әмасмиан, деган саволга жавоб бериш керак эди. Агар юқоридағи саволга—мүмкін, деб жавоб олинса, ҳар қандай ҳаракатни, уларни юзага келтирүвчи күчларни ўрганмасдан ҳам геометрия асосида тушунтириб бериш мүмкін бўлар эди. Зарранинг ҳаракати доим инерция туфайли рўй бериб, геометрия характеристири билан аниқланар эди. Сўнг оламдаги ҳамма нарсаларни, хусусан ҳаракатланаётган зарраларни ягона геометриялаштирилган физикавий майдоига келтириш керак. Бу ҳолда зарралар шу майдонининг маҳсус нүкталари ёки соҳаси деб қаралади.

Лекин, буңдай уриинишлар кўп қийинчилликларга дуч келади. Масалан, геометриялаштирилмоқчи бўлган реаллик универсал хусусиятларга эга бўлсагина уни геометриялаштириш осон амалга оширилади. Бу ерда универсаллик жуда кенг фалсафий маънода бўлмасада, оламиниг ҳозирги физикавий маиззараси доирасида амалга ошадиган бўлиши керак. Масалан, геометриялаштирилётган реалликнинг универсаллиги шундан иборат бўлиши керакки, у берилган майдонда жойлашган ҳамма физикавий объектларга бир хил таъсир қилиши керак. Гравитация майдони учун бу шарт бажарилади, лекин электромагнит майдон учун бажарилмайди, ишерт ва гравитацион массалар эквивалент бўлганидан ҳар қандай массали жисм гравитация майдонида бир хил қонун асосида ҳаракат қиласи. Масалан, Ер сиртига яқин жойда турли массали жисмлар бир

---

<sup>1</sup> Ж. Уилер. Гравитация, нейтринно и Вселенная. М., 1962.

хил тезлапиши билан ҳаракатланадилар ва жисмларнинг макон — вақтдаги ҳаракат траекториялари универсал эгри чизиқлардан иборат. Шунга кўра, бу эгри чизиқларни Риман геометриясининг геодезик чизиқлари билан алмаштириш мумкин. Шу универсаллик туфайли ҳамма жисмлар учун ягона макон — вақт киритиш мумкин бўлди.

Электромагнит майдон ҳолида аҳвол бошқачадир. Турли зарядли жисмлар электромагнит майдонда турли ҳаракатланадилар. Уларнинг дунёвий чизиқлари универсал эмас. Шунинг учун турли зарядланган жисмлар учун ягона макон — вақт киритиш қийин бўлиб қолади, Шу қийинчиликларга қарамай, гравитация ва электромагнит майдони учун ягона геометриялаштирилган назария яратишга уринишлар кўп бўлди. Масалан, Вейль бу проблемани Риман геометриясини умумлаштириш билан ҳал қилмоқчи бўлди. Вейль геометриясида вектор узунлиги унинг фазодаги ўз-ўзига параллел кўчиш ма-софасига қараб ўзгаради. Бу ўзгариш электромагнит майдон мавжудлигини ҳисобга олади. Лекин кейин аниқланишпча, Вейль назарияси қатор қийинчиликларга учради ва баъзи фактларга зид бўлиб чиқди.

Т. Калуца, А. Эйнштейн ва П. Бергман, Ю. Б. Румер ва бошқалар беш ўлчовли ягона майдон назариясии яратиш йўли билан гравитация ва электромагнит майдонини бирлаштиришга уринидилар. Лекин уларнинг яратган назариясининг камчилиги шундаки, улар назариясида макон метрикаси кўрнилаётган зарра заряднинг массаси нисбатига боғлиқ, яъни универсал хусусиятига эга эмас. Шунинг учун бу назария ривожлантирилмади.

Эйнштейн ўз ҳаётининг сўнгги даврида оламдаги ҳамма ҳодисаларни геометрия нуқтан назаридан тушунишиб берга олувчи ягона гравитация ва электромагнитизм назариясини яратишни ўз олдига мақсад қилиб қўйган эди. Лекин Эйнштейннинг ўзи иккора бўлиб айт-

ганидек, ушинг тенгламалари мукаммал әмас ва камчиликлардан холи бўлған ечими мавжудлиги номаълум эди. Шунингдек, бу назария допрасинда модда ва нурланыш дисcretлигини, квант қонуниятларини ҳисобга олиш мумкин бўлмади.

Эйнштейн программасини амалга оширишга уриниб, ҳозирги замон физикаси ва космологияси ютуқлариини ҳисобга олган ҳолда Уилер ўз геометродинамикасини яратишга уринди. У масса ва заряддинг геометродинамик моделини ясаб ҳамда кўп bogланишли макон топологиясини киритиб узлуксиз Риман геометрияси асосида дискрет зарралар ҳосил қилишнинг оригинал усулини ўйлаб тоиди (макон топологияси — майдон структурасини характерловчи тушушча). Лекин, автор ўзи айтгандек, у ўйлаб тоиган масса ва заряддинг геометродинамик модели квант физикасидаги реал зарраларга қандай алоқадор эканлигин ҳозирча номаълумдир. Сўнгги вақтда Уилер ишлаб чиқаётган янги квант геометродинамик назария ҳам тугал әмас.

Лекин шуни назарда тутиш керакки, фалсафий нуқтати назардан материяни тўла геометриялаштириш мумкин әмас. Макон материя атрибуларидан биридир, холос. У билан материянинг ҳамма бошқа хусусиятларини боғлаш ярамайди. Лекин физикани геометриялаштиришга уриниш тенденцияси тушунарлидир, чунки бу йўлда «материяни геометрияга жойлашгина назарда тутилмай, геометрияга реал физиковий маъно бериш, геометрияни материяга жойлаш» ҳам назарда тутилади. Физиковий назариянинг кейинги ривожлантирилишида геометриялаштириш идеясининг рационал маъноси назарда тутилиши керак.

Умумий нисбийлик назарияси яратилгандан бир йил ўтгач, 1917 йилда Эйнштейн оламиниг биринчи релятивистик моделини яратди. Ўз моделини яратишида Эйнштейн Оламда ҳамма жисем ва нурланишлар ўртача ҳисобда текис тарқалган, яъни Олам макони бир жинсли

ва изотроп, деб ҳисоблади. Баъзи бир массив жисмлар атрофида уларнинг тортиш майдони ҳисобига макон — вақт геометрияси ўзгарса ҳам, у локал характерга эга ва ўзгармас эгриликка эга бўлган Оламнинг бир жинслиги ҳамда изотроплигидан оғиш даражаси жуда кичик, деб ҳисобланди. Бундан ташқари, Олам вақт ўтиши билан ўзгармайди, яъни стационардир, шунинг учун унинг геометрияси доимий деб фараз қилинди.

Шу фаразлар асосида Эйнштейн умумий нисбийлик назариясининг тенгламасини ечди. «Эйнштейн олами» чексиз узунликдаги тўрут ўлчовли цилиндр шаклига эга. Аслида у мусбат эгриликка эга бўлган уч ўлчовли Риман маконидан иборат ва уни кўз олдига келтириш қийин. «Эйнштейн олами»да вақт ўқи чеклашган эмас ва Олам ҳеч қачон яратилган эмас ва йўқ бўлмайди. Лекин Олам макони чекли ва у чекли ҳажмга эга:  $V = 2\pi^2 r^3$ , бунда  $r$  —«Олам радиуси». Албатта бундан Оламининг «чеккаси» бор деган хулоса чиқмайди, худди сфера сирти берк сиртдан иборат бўлгандек Олам макони ҳам «берк» макондан иборат. «Эйнштейн олами» умумий нисбийлик назарияси асосида оламнинг космологик моделини яратиш йўлидаги биринчи уриини эди, холос. У ҳозир фақат тарихий аҳамиятга эгадир. Оламнинг ҳозирги замон манзарасини асримизнинг йигирманчи йилларида совет математиги Александр Фридман яратди ва унинг космологик модели Бельгия космологи Ж. Леметр томонидан ривожлантирилди.

Фридман Олам стационарлигидан воз кечди, лескин унинг бир жинсли ва изотроп эканлиги ҳақидаги пастулатни сақлаб қолди. У Оламдаги жисм ва нурланишларниң критик катталиги  $\rho_k$  тушунчасини киритди. Фридман аниқлашича, агар Олам зичлиги  $\rho_k$  га тенг бўлса ( $\rho=\rho_k$ ), унинг макони Эвклид маконидан иборат ва эгрилиги нолга тенг. Материя зичлиги  $\rho < \rho_k$  бўлса, Олам макони Лобачевский геометрияси ва  $\rho > \rho_k$  бўлса, Риман геометрияси билан характерланади. Би-

рипчи ҳолда у чексиз ҳажмга эга, чупки манфий ўзгармас эгриликка эга, иккинчى, Риман макони ҳолида макон ўзгармас мусбат эгриликка, демак, чекли ҳажм, сферик шаклга эгадир. Демак, Олам макоининг чекли ёки чексизлиги материянинг ўртacha зичлигига боғлиқ ва у фақат астрофизик тажрибалар асосидагина ҳал қилиниши мумкин.

Фридманнинг революцион хуросаларидан бирн шундаки, вақт ўтиши билан Олам эволюцияси мавжуд, яъни Олам модели ўзгариб борар экан. Унинг ҳисобига кўра Олам тахминан 17 миллиард йил олдин «вужудга келган. Олам «ҳосил бўлиши»нинг бошланғич моментида жуда кичик ҳажмда концентрацияланган бўлиб, сўнг портлаш юз берган ва натижада Олам кенгайиши бошлангани. Олам кенгайиши туфайли ундаги материя зичлиги аста-секин камайган, макон эгрилиги ҳам камайиб борган. Кенгайишнинг ҳозирги этапида Олам маконининг эгрилиги жуда кичик ва фақат катта масштаблардагина сезиларлидир.

Лекин Олам кенгайиши узлуксиз процессли ёки маълум даврдан кейин у, аксинча қайта қисқарадими, деган савол тугилади. Агар Фридман моделига асосан Олам Эвклид ёки Лобачевский маконидан иборат бўлса, кенгайиш узлуксиз бўлади. Аксинча, Олам Риман маконидан иборат бўлса, кенгайишнинг маълум этапида кенгайиш сиқилиш билан алмашади. Узоқ галактикалардан келаётган нурланишларда кузатилаётган қизил силжинш Допплер эффектига асосан галактикаларнинг узоқлашаётганини кўрсатади. Демак, Оламнинг катта тезлик билан кенгайишининг давом этаётганлиги шубҳасизdir. Шундай экан, Олам қандайдир бошланғич вақт моментида юқорида кўрганимиздек «вужудга келган». Математик нуқтаи назардан, Оламнинг «вужудга келиши» тортишиш тенгламасида мавжуд бўлган чексиз қийматли зичлик ва маконнинг скаляр эгрилиги (сингулярик) билан тушунирилади.

Сўнгги вақтларгача Е. М. Лифшиц ва П. М. Халатшковлар, агар Оламнинг шульсацияланувчи модели қабул қилинса, юқоридаги сингулярликдан қутулиш мумкин деган фикрларини айтиб келдилар. Оламнинг бу моделида макон ўта зичликлар нуқтавий ҳолатга қадар сиқилмайди ва сиқилиш кенгайиш билан алмашлади. Лекин яқинда Хоукинг, Пенроуз каби олимлар кўрсатганиридек, Оламнинг ривожланиб борувчи релятивистик моделида сингулярликдан қутулиш мумкин эмас экан.

Фридман моделининг учтасидан қайси бири тўғрилиги ҳозирча номаълум. Буни ҳал этиш учун Оламда тарқалган материя зичлигини аниқ билиш зарур. Оламнинг чексиз ёки чекли экаплигини аниқлашда фақат тажрибадан олинувчи катталикларнинг аниқланиши аҳамиятлн бўлмай, релятивистик космология натижаларини ҳисобга олган ҳолда Олам чексизлиги ҳақидаги умум фалсафий масалаларни қаидай тушуниш кераклиги ҳам катта аҳамиятга эгадир.

Ҳозирги вақтда жуда кўп турлп релятивистик космологик моделлар яратилган. Эҳтимол улардан баъзи бирлари маълум, ўзига хос шарт-шароитлар бажарилганда Оламда реализацияланар. У ҳолда бизнинг космологик системамиз жуда кўп системали Оламнинг бири бўлади.

Физика ва космологиянииг ривожланиши, макон ва вақт ҳам хилма-хил бўлиши мумкин, деган фикрга олиб келади. Бу хулоса яна материянинг бениҳоялиги принципидан ҳам келиб чиқади. Материя бениҳоя хилма-хил экан, макон ва вақт ҳам хилма-хил бўлиши керак, деган хулосага келинади. Чунки, макон ва вақт материянинг яшаш шаклидир. Фақат ҳодисаларгина эмас, табиат қонунлари ҳам чексиз хилма-хилдир. Материя ҳодисалар маъносидагина эмас, моҳият, қонун маъносида ҳам битмас-туганмасдир. «Нарсаларнинг «моҳияти» ёки «субстанция» ҳам нисбийдир, булар фақат инсон объ-

ектларни тобора үүкүр билиб боришини қўрсатади...»<sup>1</sup>, деб ёзган эди В. И. Ленин. Ҳатто, бундан фундаментал ҳодиса ва қонуниятлаф асосида юзага көлгач макон—вақт муносабатлари ҳам хилма-хил бўлиши керак, деган хулоса келиб чиқади. Материя ҳам миқдор, ҳам сифат жиҳатдан битмас-туганмас бўлгани учун, макон ва вақт ҳам миқдор (метрик) ва сифат (топологик) жиҳатдан битмас-туганмас бўлиши керак.

Материянинг битмас-туганмас эканлигидан яна шу нарса келиб чиқадики, макон ва вақт тушунчалари «бутун оламга» тегишли бўлмай, конкрет шаклдаги вақт—маконда жойланган физикавий объектларга тааллуқли бўлиши керак. Ҳақиқатан ҳам «бутун олам» учун ягона бўлган макон—вақт шакли мавжуд бўлмаганидан «олам макон ва вақтда мавжуд» дейиш маънога эга эмас. «Бутун олам» махсус объект бўлиб, оддий сўз маъносида ягона бир бутун системадан иборат эмас ва шунинг учун ҳам на масофа, на вақт давомийлигига эга. Демак, «бутун олам» ўз ҳолатларининг вақт ичидаги кетма-кет алмашиниши маъносида ўзгарishi мумкин эмас. У ўз объектлари ва системаларининг ҳар қандай ташкил этувчиларининг вужудга келишига қараб ўзгарди, холос. Шуни ҳисобга олган ҳолда моддий олам абадий дейиш мумкин.

#### 14-§. Микродунёда макон ва вақт тушунчаси

Микродунёда макон ва вақт тушунчаси яна мураккаброқ гносеологик қийинчиликларга дуч келади. Қвант физикасида макон ва вақт ҳақиқидаги оддий классик тушунчадан фойдаланилади. Агар микрообъект тезлиги кичик бўлса Ньютон механикасидаги макон ва вақтдан фойдаланилади. Агар микрообъект тезлиги ёруғлик тезлигига яқин бўлса, нисбийлик назариясининг макон—вақт тушунчаси ишлатилади. Лекин қвант қонуниятлар

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14-том, 291-бет.

макон — вақт ҳақидаги классик тушунчаны бузиши, унинг ишлатилиш соҳасини чегаралаб қўйиши турган гап.

Аниқсизлик принципига асосан квант—зарра ҳаракатини оддий кўринишдаги уч ўлчовли эвклид маконидаги траектория билан ҳарактерлаб бўлмайди. Унинг ҳаракати дуализм хусусиятига эга бўлиб, бир вақтнинг ўзида тезлиги ва координатасини аниқ билиш мумкин эмас. Масалан, электрон ҳаракатини аниқлаш учун уни ёруғлик нури — фотон воситасида кузатиш керак. Лекин электрон ҳаракатига фотоннинг таъсири кузатишида олинадиган электроннинг ҳаракати ҳақидаги тасаввурни ўзгартириб юборади. Шунинг учун электрон ҳаракати механизмини уч ўлчовли эвклид маконида аниқлашга уриниш қатор қийинчиликларга олиб келади.

Релятивистик квант назариясида масала янада мураккаблашади. Норелятивистик квант назариясига асосан зарра координатини истаганича аниқ ўлчаш мумкин. Фақат координата билан импульс бир вақтда ўлчанишидагина ноаниқсизлик келиб чиқади. Релятивистик квант назариясига асосан эса импульснинг ўлчаниши ёки ўлчамаслигидан қатъи пазар, координатларни аниқ ўлчаш мумкин эмас. Агар зарра координатасини аниқлаш учун фотон ишлатилётган бўлса координатни катта аниқликда ўлчаш учун тўлқин узуилини шу зарра ўлчамига яқин бўлган фотондан, яъни кичик тўлқин узуунликли фотондан фойдаланиш зарур бўлади. Бу ҳолда фотон энергияси  $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$  га асосан жуда катта бўлиши керак. Фотон энергияси  $mc^2$  қийматдан катта ёки унга тенг бўлгандан таъсир энергияси  $m$  массали янги зараларни юзага келтиришга етарли бўлиб қолади. Бу эса кузатилаётган ҳодисанинг бутунлай ўзгариб кетишига олиб келади. Демак, зарра координатасини  $\Delta x = \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{\hbar}{mc}$  миқдордан кичикроқ аниқликда

ўлчаб бўлмайди, яъни  $\Delta x$  дан кичик бўлган фазо интервалида микрозарра ҳаракати ҳақида ҳеч нарса дейиш мумкин эмас. Шунинг учун ҳам Бор кўрсатгандек, квант механикаси микрообъектларнинг ўзига хос бўлган ҳолатини ҳарактерлай олмайди, у фақат уларнинг макроасбоблар билан таъсир этиш жараёнида юзага келувчи натижаларни макродунёга тегишли макон—вақт фонида ҳосил бўлган микрореалликнинг «проекцияси»нигина акс эттиради. Бу микрореаллик на зарра, на тўлқиндан иборат бўлмай ҳам у ва ҳам бу хусусиятга эга бўлган мураккаб объектдан ташкил топган бўлади. Шунинг учун бу микрореалликнинг бизнинг макроскопик маконимиздаги ҳаракатини кўз олдига келтиришга уринишнинг ўзи нотўғридир, чунки макромаконда микрореалликнинг «изи»гина локаллашган, холос. Квант механикасида системанинг ҳолати координаталарга ва вақтга боғлиқ бўлган тўлқин функцияси орқали ифода қилинади. Шредингер тенгламасига асосан тўлқин функциясининг бирор вақт моментидаги қиймати маълум бўлса унинг исталган вақт моментларидағи қийматларини ҳисоблаб топиш мумкин. Лекин бу динамик қонуният уч ўлчовли физикавий маконда тарқалувчи қайдайдир реал тўлқин процессли акс эттирамайди. Тўлқин функцияси модулининг квадрати зарранинг фазонинг у ёки бу нуқтасида бўлиш эҳтимоллигинигина билдиради, холос. Шредингер тенгламасидан олинган тўлқин функцияси микрообъект ҳаракати механизмининг «худди ўзини» ҳарактерламайди. Микрообъектлар ўзига хос сифатан махсус макон—вақтда мавжуд бўлиши эҳтимолдан холи эмас.

Ҳозирги замон элементар зарралар назарияси бўлган майдон квант назариясига кўра ҳамма физикавий ҳодисалар асосида квант майдон ётади ва элементар зарралар шу майдоннинг дискрет квантларидан иборатдир. Бу назария элементар зарралар дунёсида юз берувчи мураккаб зарраларнинг бир-бирларига айланиши

процессларини тушунтиради. Унинг асосида микрообъектларниң бир-бирларига айланиши ва ҳаракати механизмига хос ҳодисалар мөҳиятини квант механикага қўра чуқурроқ тушунтиришга ҳаракат қилинади.

Лекин майдон квант назарияси ҳам макроскопик (релятивистик) макон — вақт тушунчаларига асосланади. Шунинг учун, бу назария донрасида ҳам муҳим қишинчилклар юзага келади.

Майдон квант назариясининг энг яхши ишлаб чиқилган қисми — квант электродинамикасидир. Бу назария электромагнит ва электрон-позитрон майдонларининг ўзаро таъсирини изоҳлайди. Лекин бу назарияда ҳам баъзи қийинчиликлар (масалан, кузатилмайдиган виртуал зарралариниң ҳосил бўлиши) учрайди. Энергия ва вақт учун мавжуд аниқсизликка қўра ( $\Delta E \cdot \Delta t \sim h$ ) жуда кичик  $\Delta t$  вақт ичida микрообъект энергияси  $\Delta E$  га ўзгариши мумкин. Шу  $\Delta E$  энергия ҳисобига виртуал зарра деб ном олган янги зарра ҳосил бўлиши мумкин. Бу виртуал зарранинг кузатилиши мумкин бўлиши учун у мавжуд бўлган жуда қисқа вақт ичida виртуал зарра билан бирор реал зарра таъсирланиши зарур. Шу таъсир вақтида виртуал зарра реал заррага айланади. Демак, зарра виртуал ҳолатда кузатилиши мумкин эмас. Масалан, позитроннинг электронда сочилиши процессида виртуал фотон нурланиб, иатижада электрон ва по-зитрон импульслари ўзгаради. Худди шунга ўхшашиб қандай бошқа квант электродинамик таъсир процессларида виртуал зарралар ютилиб, ҳосил бўлиб туриши мумкин. Албатта буни тўла аниқлай олмаслик назария камчилигидир.

Юқорида кўрилганлардан агар микродунёга хос макон — вақт макро ва мегадунёга хос бўлган макон — вақтлардан фарқланаш экан, микродунёнинг макон — вақти қандай (метрик ва топологик) хусусиятларга эга деган савол туғилади. Бу саволга жавоб бериш йўлида турли

гипотезалар яратилди. Улардан бири — микродунёда макон ва вақтнинг дискретлиги ҳақидаги гипотезадир.

Макон ва вақтнинг узлуксизлиги ёки дискретлиги проблемаси қадимдан кўп файласуфларни қизиқтириб келган. Демокрит макон ва вақт узлуксизлигидан шубҳалашиб, атомистик структурага эга бўлган макон ва вақт идеясини ишлаб чиқди. Ўрта аср араб файласуфлари — мутакаллимлари фақат материягина эмас макон ҳам атомистик структурага эга, деб ҳисоблаганлар.

Уларнинг қарашича ҳар қандай чизиқ бутун «макон атомларин»дан ташкил топган бўлиб, иррационал сонлар ва ўлчаниши мумкин бўлмаган кесим бўлмайди. Атомларнинг ҳаракатили, улар атомнинг бир фазо ячейкасида йўқолиб, иккичинсида ҳосил бўлишидан иборат дискрет процесс, деб қараганлар.

ХХ асрда квант физикаси яратилгандан сўнг, макон ва вақт дискретлиги ҳақидаги дунёқарааш фаннинг ривожланиши билан боғланган ҳолда илгари сурилди. Физиковий ҳодисаларнинг квантланган бўлишининг ўзи макон ва вақт дискретлиги ҳақидаги гипотезага мурожаат этнешга олиб келади. Ундан ташқари квант назариясида фундаментал дунёвий константалардан ташкил этилган узунлик ўлчами юзага келади. Масалан, протоннинг комптои тўлқини узуилигин  $l_0 = \frac{h}{m_p c}$  га тенг бўлиб, Планк доимийси  $h$  протон массаси  $m_p$ , ва ёргулук тезлиги  $c$  орқали ифодаланади ва узоқ вақт давомида  $l_0$  элементар узунлик ролини ўйнаса керак, деб ҳисобланди.

1930 йилда В. А. Амбарцумян ва Д. Д. Иваненко дискрет макон моделини таклиф этдилар. Бу макон моделида фазо ва вақт координатлари ярим бутун қийматларгагина эга бўлиши мумкин. Макон—вақт нуқталарнинг қаңдайдир куб решёткасидан иборат, деб ҳисобланади.

Канада физиги Снайдер маконни квантлашнинг бош-

қа йўлини таклиф этди. Упинг гипотезасига асосан элементар зарранинг ҳамма уч координатларини бир вақт мобайнида билиш мумкин эмас, масалан, маълум вақт моментида зарранинг фақат бир координатасини аниқ ўлчаш мумкин, қолган иккитаси ноаниқ бўлиб қолади.

Я. И. Френкелнинг ёруғлик конусида макон—вақт дискретлиги идеяси қизиқарлидир. Бу идеяга кўра дунёдаги ҳамма процесслар асосида ёруғлик тезлигида оқувчи ягона фундаментал процесс ётади. У элементар зарранинг фазонинг бир нуқтасида йўқолиб маълум вақтдан сўнг иккинчи нуқтасида кечикиб ҳосил бўлишидан иборат (кечкиниш вақти шу икки нуқта орасидаги масофани ёруғлик нури ўтиши учун зарур бўлган вақтга тенг). Дунёдаги ҳамма секироқ юз берувчи ҳаракатлар юқорида кўрилган элементар процессларнинг маълум маънода ўрталаштирилганидан иборат.

Венгер физиги Х. Коиш ва совет физиги И. С. Шапиро ривожлантирган гипотезага кўра физикавий макон чекланган миқдордаги нуқталардан иборат. Макон чекланганигидан элементар зарраларга тааллуқли бўлгани қатор ўзига хос симметрия хусусиятлари келиб чиқади. Немис физиги Б. Абраменко фикрига кўра дунёнинг макон—вақт тузилишидаги дискретлик Планк кашф этган элементар таъсир квантини  $\hbar$  дан келиб чиқади.

Лекин макон ва вақт дискретлиги ҳақидаги бу гипотезаларнинг ҳаммаси муҳим қийинчиликларга дуч келади ва физикавий назарияни қайтадан тузишга асос бўла олмайди.

Худди шунингдек, микродунёда вақтнинг хусусиятлари ҳам номаълум. Масалан, микродунёда вақтнинг оқиши бир томонли йўналишга эга деган фикр етарлича асосга эга эмас, чунки микропроцессларни характерловчи тенгламаларнинг кўпчилиги (Шредингер тенгламаси, Дирак тенгламаси ва ҳ. к.) вақт ишорасининг ўзгаришига нисбатан симметрикдир. Макродунёдаги қонуниятлар ҳам вақт ишорасининг ўзгаришига нисбатан

инвариант бўлишига қарамай, макровақт термодинамик факторлар ва энтропияниң ортиши қонуни билан бўланган битта ажралган йўналишга эга. Лекин энтропияниң ортиши қонуни микродунёда ўз маъносини йўқотади. Шу туфайли, микрообъектлар учун вақтнинг қайтмас ва бир ҳил йўналишга эга бўлиш хусусиятлари таалуқли бўлмаслиги ҳам мумкин. Лекин яқинда элементар зарраларнинг кучсиз таъсиirlарини изоҳловчи қонуниятларнинг вақт ишорасининг ўзгаришига нисбатан симметрик эмаслиги маълум бўлди. Бу қонуниятлар заряд ишорасини, координаталар йўналишини ва вақт ишорасини бир вақтда ўзгартиришга нисбатан инвариант экан.

Микродунёда вақт йўналиши проблемасини ҳал қилишда бу фактлар қандай аҳамиятга эга эканлигини келажак тадқиқотлар аниқлади.

Эҳтимол микродунёда макон ва вақт ўлчови макродунёнидан фарқидир. Кант исботича, биз яшаб турган маконнинг уч ўлчовли бўлишига сабаб, тортишиш кучининг масофа квадратига боялиқ бўлишидир. Унинг фикрича  $n$ —ўлчовли маконда бутун олам тортишиш қонуни  $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^{n-1}}$  кўринишга эга. Бундан, гравитация, тортишиш кучи масофа квадратига боялиқ бўлгани учун  $n=3$  келиб чиқади. Лекин микродунёда таъсиirlарининг масофага боғланиши бошқача. Масалан, ядро таъсиirlар кучи масофанинг камайиши билан шунчалик тез ортиб кетадики, бу ҳолда ядро марказига яқинлашгандага макон ўлчови ортиб кетиши мумкин.

Агар макон дискрет характерга эга бўлса, унинг ўлчови бошқа бўлади. Масалан, агар макон чекли ёки санаш мумкин бўлган нуқталардан ташкил топган бўлса, унинг ўлчови ноль бўлади (чунки нуқта ўлчови нолга тенг). Шунингдек, дискрет вақт ҳам, дискрет макон сингари ноль ўлчовли бўлар эди.

Оламнинг ҳар қандай физикавий манзараси асосида

материя билан бир қаторда унинг яшаш шаклларидан бири бўлган макон ва вақт тушунчалари ётади. Шунинг учун, физикада бўладиган революцион ўзгаришлар макон-вақт ҳақидаги тушунчаларимизниң сифатан ўзгаришини назарда тутади. Оламниң ҳозирги замон физикавий манзараси макон ва вақтнинг релятивистик тушунчаларини ўз ичига олади. Шу тушунчалар асосида физика соҳасида катта муваффақиятларга эришилди. Лекин, шунга қарамай бу тушунчалар микрофизика соҳасида қатор қийинчиликларга дуч келмоқда. Элементар зарраларнинг янги мукаммалроқ назариясининг яратилиши, нисбийлик назариясининг яратнилишида юз берганидек, макон ва вақт ҳақидаги тушунчаларимиз соҳасида катта революцион ўзгаришлар ясалишини талаб этиб қолиши турган гаи.

---

# МУНДАРИЖА

## Кириш

I б о б. ФИЗИКА ФАНИНИНГ АСОСИЙ РИВОЖЛАНИШ ЭТАПЛАРИ . . . . .	5
1-§. Физика фанининг ривожланиш тарихидан . . . . .	5
2-§. Материя тузилиши ҳақида атомистик дунёқарашибининг ривожланиши . . . . .	11
3-§. Нисбийлик назарияси ҳақида . . . . .	25
4-§. Квант назариясининг яратилиши . . . . .	31
5-§. Ҳозирги замон физикаси асосида материя тузилишини тушунтириш . . . . .	38
6-§. Майдон ва элементар зарралар . . . . .	49
II б о б. МАТЕРИЯ ТУЗИЛИШИ ҲАҚИДА . . . . .	
7-§. Материя тузилиши ва оламнинг моддий бирлиги . . . . .	73
8-§. Материя тузилиши ва масса тушунчаси ҳақида . . . . .	91
9-§. Материя ва ҳаракат бирлиги . . . . .	99
III б о б. МАКОН ВА ВАҚТ ПРОБЛЕМАСИ . . . . .	
10-§ Макон ва вақт объективлиги ва уларнинг хусусиятлари . . . . .	108
11-§. Классик физика ва нисбийлик назариясида макон ва вақт тушунчаси . . . . .	116
12-§. Геометрия ва физика . . . . .	122
13-§. Материални геометриялаштириш мумкинми? . . . . .	128
14-§. Микродунёда макон ва вақт тушунчаси . . . . .	135

Б 49

Бекжонов Р., Тешабоев Қ.

Кашфиётлар излаб.— Т.: «Ёш гвардия», 1978.—  
142 б.

I. Автордош.

Бекджанов Р., Тешабаев Қ. В поисках открытий. (Физика и мы).

53



На узбекском языке

Р. БЕКДЖАНОВ, К. ТЕШАБАЕВ

В ПОИСКАХ ОТКРЫТИЙ

[Физика и мы]

Издательство «Ёш гвардия», Ташкент — 1978 г.

Редактор Б. Холлиев.  
Рассом А. Остоловов  
Расмилар редактори Қ. Алиев  
Техн. редактор Л. Буркина  
Корректор М. Мирзаев  
ИБ № 222.

Теришга берилди 17/IV-1978 й. Еосишга ружсат этилди 13/IX-1978 й.  
Формати 70×108<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, Қоғоз № 1, Босма листи 4,5. Шартли босма  
листи 4,5. Нашр листи 6,35. Тиражи 15000. Шартнома 7—78.  
Ўзбекистон ЛКСМ Марказий Комитети «Ёш гвардия» нашриёти.  
Тошкент, 700129. Навоий кўчаси, 30. Р—12572.

Ўзбекистон КП Марказий Комитети нашриётининг Меҳнат Қизил  
Байроқ орденли босмахонаси. Тошкент, «Правда Востока» кўчаси, 26.  
Заказ № 3198. Баҳоси 20 т.