

ӨЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ХАЛЫҚҚА БІЛІМ БЕРУ УӘЗІРЛІГІ
НАУАИ МЕМЛЕКЕТТІК ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТЫ
ФИЗИКА – МАТЕМАТИКА ФАКУЛЬТЕТІ
«ФИЗИКА ЖӘНЕ АСТРОНОМИЯ ОҚЫТУ МЕТОДИКАСЫ»
КАФЕДРАСЫ
ФИЗИКА ЖӘНЕ АСТРОНОМИЯ ОҚЫТУ МЕТОДИКАСЫ
БАҒЫТЫ
I – курс

реферат

Тақырып: Молекулалы-кинетикалық теория негіздері

Орындады:

А. Алмуратова

Ғылыми жетекші:

а.оқ. Б.Т.Бисенова

Науаи – 2015 жыл

ЖОСПАР:

- Кіріспе
- Негізгі бөлім.
- а) Физикалық құбылыстарды зерттеудің екі әдісі туралы
- б) Идеал газдың кинетикалық теориясы
- с) Зат күйі және идеал газ
- д) Газдың қысымы
- е) Температура
- з) Идеал газ заңдары
- Қорытынды
- Пайдаланылған әдебиеттер

КІРІСПЕ

Молекулалық физика мен термодинамика құбылыстардың бір ғана жүйесін, денелерде өтетін *макроскопиялық* процестерді, яғни денелердегі атомдар мен молекулалардың орасан зор санымен байланысты өтіп жататын құбылыстарды қарастырады. Физиканың бұл бөлімдері бір-бірін толықтыра отырып, құбылыстарды қарастыруда түрліше әдістерді пайдаланады.

Термодинамика немесе жылудың жалпы теориясы *аксиоматикалық* ғылым болып табылады. Ол заттың құрылымы және жылудың физикалық табиғаты жайлы ешқандай арнаулы гипотезаларды да, нақты көзқарастарды да пайдаланбайды. Оның қорытындылары тәжірибе деректерін жалпылауға негізделген *жалпы принциптер* немесе *бастамаларға* сүйенеді. Ол жылуды қандай да бір ішкі қозғалыстың түрі деп қарастырады, бірақ оның қандай қозғалыс екендігінде шаруасы жоқ.

Молекулалық физика болса, ол заттың атомдық-молекулалық құрылымына сүйенеді және жылуды *атомдар мен молекулалардың* бей-берекетсіз қозғалысы ретінде қарастырады. Молекулалық физика кеңірек мәнісіне алған кезде макроскопиялық құбылыстарды да қарастырады. Ол жеке молекулалар мен атомдардың қасиеттері мен құбылыстарын да қарастырады (атомдық физика белімінде). Молекулалық физиканы зат құрылымының *молекулалық-кинетикалық теориясы* деп те атайды.

Молекулалық физика заттардың физикалық қасиеттерін олардың ішкі құрылысы, оны құрайтын бөлшектердің қозғалысы мен өзара әсерлесулері тұрғысынан зерттейді. Сондықтан, ол зат құрылымының теориясымен тығыз байланысты және оның негізінде, көптеген тәжірибелік фактілермен дәлелденген заттар құрылысының молекулалы-кинетикалық теориясы жатады. Бұл теория бойынша барлық денелер өте кіші бөлшектерден, молекулалар мен атомдардан құралады. Олар жылулық қозғалыс деп аталған үздіксіз, бейберекет, ретсіз қозғалыста болады.

Ерте заманның өзінде-ақ тұтас болып көрінетін денелер көзге көрінбейтін кіші бөлшектерден тұрады деген жорамалдар айтылған. Бұл жорамалдар

бойынша, кіші бөлшектер одан әрі бөлінбейді деп саналған және оларды атом (грекше «бөлінбейтін») деп атаған. Заттың атомдық құрылысы жөніндегі көзқарасты біршама толық баяндаған грек философтары Демокрит (V ғасыр), Эпикур, Лукреций (біздің эрамызға дейінгі III-I ғасыр) және тағы басқалар. Бірақ олар өз ойларын арнайы тәжірибелік фактілерге негізделеді. Орта ғасырда грек атомистерінің материалистік ілімін қабылдамаған христиан дінінің әсерінен, бұл атомдық көзқарастар өз қолдаушыларын таппағандықтан ілгері дамымады, ұмытылды. Атомдық көзқарастың қайта дамуы қазіргі жаратылыстану ілімінің пайда болуымен тығыз байланысты.

XVII ғасырда Р.Бойль, И.Ньютон және тағы басқа ғалымдар заттардың атомдық құрылысы туралы ойларын ашық жариялай бастады. XVIII ғасырдың орта шенінде орыс ғалымы М.В.Ломоносов заттарды кіші бөлшектерден - корпускулалардан құралатыны туралы өз пікірлерін жариялады. Дегенмен, XIX ғасырдың ортасына дейін жылулық құбылыстарды түсіндірудегі негізгі бағыт жылу тегі теориясына жатады. Бұл теория бойынша жылу тегі - дене қызғанда оған құйылатын, ал суығанда одан ағатын кезге көрінбейтін зат. Шамамен жүз жылдан соң, Р.Майердің (1842), Д.Джоульдің (1843) және тағы басқа ғалымдардың жүргізген зерттеулерінің нәтижесінде, жылу тегі теориясының дұрыс еместігі толық дәлелденді. Осы теорияға сәйкес, атына заты сай емес терминдер мен атаулар күні бүгінге дейін қолданылып келеді, мысалы жылу мелшері, жылу сыйымдылығы және т.б.

Молекулалы-кинетикалық теорияның физикадағы өз орнын табуы XIX ғасырдың соңында жарияланған Р.Клаузиустың, Д.Максвеллдің, Л.Больцманның және тағы басқа ғалымдардың еңбектеріне тығыз байланысты. Сол кездің өзінде кептеген атақты ғалымдар Э.Мах, В.Оствальд және басқалары бұл теорияны дұрыстығына күман келтірді, негізсіз деп санады. Молекулалы-кинетикалық теорияның негізгі дәлелдемесі ретінде 1908 ж. Броундық бөлшектердің қозғалысын зерттеген француз ғалымы Ж.Перреннің еңбектері болып табылады. Қазіргі кезде молекулалы - кинетикалық теорияның дұрыстығына ешкімнің күманы жоқ. Сезгіштігі, дәлдігі өте жоғары электрондық

микроскоптар арқылы жеке молекулалар мен атомдардың суреттерін алуға мүмкіндік туды. Американ физиктері, Мичиган университетінің профессорлары Ритц пен Бартел, 500 миллион есе үлкейтілген инертті газдар, аргон мен неон атомдарының суретін алды.

Молекула - заттың физикалық қасиетін сақтай алатын ең кіші бөлшек. Табиғатта кездесетін заттар алуан түрлі және соған сәйкес, оларды құрайтын молекулалар да әртүрлі. Молекулалар атомдардан құралады, мысалы, судың молекуласы оттектің бір атомы мен сутектің екі атомынан түзіледі. Бір атомды инертті газдар үшін молекула және атом ұғымы бір. Зірақ жаратылыста бір-бірінен өзгеше атомдардың саны онша көп емес. Қазіргі кезде, Д.И. Менделеевтің химиялық элементтердің периодты жүйесіне сәйкес 106 элемент бар. Оның 88-і табиғи, 18-і жасанды түрде соңғы кездері алынған. Атом оң зарядталған ядродан және электрондық қабаттардан тұрады. Осы қабаттардағы электрондардың саны ядродағы оң зарядталған протондардың санына тең және периодтық жүйедегі элементтің реттілік санын көрсетеді. Әртүрлі атомдардың ядролары бір-бірінен өзгеше болғанымен электрондары бірдей. Атомды құрайтын элементар бөлшектер ерекше кванттық қасиетке ие, сондықтан олар классикалық емес кванттық механиканың заңдарына бағынады.

ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ ЗЕРТТЕУДІҢ ЕКІ ӘДІСІ ТУРАЛЫ

Қазіргі кезде ғылымда табиғаттағы, заттардағы жүріп жатқан құбылыстарды, денелердің қасиеттерін зерттеуде және оларды түсіндіру макроскопиялық және микроскопиялық тұрғыда қарастырылады. Бірінші әдіс, макроскопиялық денелердің қасиеттерін, олардың ішкі құрылыстарының ерекшеліктерін есепке алмай зерттеуге негізделген. Термодинамикалық немесе феноменологиялық деп те аталатын бұл әдіс энергияның сақталу және айналу заңына, макроскопиялық денелермен жүргізілетін байқауларға, физикалық эксперименттің нәтижелеріне сүйенеді. Себебі, термодинамика энергияның бір түрден екінші түрге айналу шарттарын зерттейді және жылулық ауысуларды мөлшерлік жағынан сипаттайды. Оның негізінде өте көп тәжірибелік фактілерге сүйеніп тағайындалған іргелі заңдар (бастамалар) жатыр.

Термодинамиканың дамуы макроденелердің жылулық қасиеттерін зерттеумен, олардың күйін анықтаумен тығыз байланысты. Мұнда заттардың физикалық күйі, оларды анықтауға мүмкіндік беретін, макроскопиялық параметрлермен (T , V , P , t және т.б.) сипатталады. Термодинамикалық әдіс, жан-жақты универсал әдіс болғанымен, біраз кемшіліктері бар. Мысалы, кез-келген денені белгілі сыртқы шарттарда сипаттайтын, параметрлер мен коэффициенттер тәжірибелермен анықталады. Яғни, оларды термодинамикалық бастамалар арқылы теориялық тұрғыда алуға болмайды. Сондықтан, термодинамика зерттелінетін құбылыстар мен процестердің ішкі себептерін аша алмайды деген қорытынды жасалады.

Макроскопиялық денелердің қозғалыс заңдарын Ньютон-Эйнштейн механикасы тағайындаған. Бірақ тәжірибелер мен эксперименттер, макроденелердің физикалық қасиеттері тек механикалық қозғалыстың негізінде ғана анықталмайтындығын көрсетті. Мысалы, мұз күн сәулесінің әсерінен, өз күйін өзгертіп суға айналады, ал су бетіндегі қысымның кенет кемуі, оның булануын арттырады да, оны мұзға айналдырады. Осыдан, жеке молекулалардың қозғалысы механиканың заңдарына бағынғанымен, молекулалар жиынының бейберекет қозғалысы сапалы түрде одан өзгеше

болады. Механиканың заңдары қажет, бірақ молекулалық шоқтардың қозғалыс заңдылықтарын зерттеу, тағайындау үшін жеткіліксіз. Сондықтан молекулалы-кинетикалық теорияда, мөлшерлік заңдылықтар, берілген молекулалар жиынын сипаттауға мүмкіндік беретін, шамалардың орташа мәндерін пайдаланатын статистикалық әдіс қолданылады. Бұл микрофизикалық әдістің негізгі мақсаты заттың қасиеттерін, оның ішкі құрылысы жөнінде түсініктер енгізу арқылы тереңірек зерттеу болып табылады.

Молекулалы-кинетикалық теорияда заттың макроскопиялық қасиеттерін, күйлерін сипаттайтын термодинамикалық параметрлерді (қысым, температура, көлем, тығыздық және т.б.) молекулалар әсерінің жалпы көрінісі ретінде қарастырады. Бұл теория жеке молекуланың емес, өте көп молекулалар жиынының әсері мен қозғалысын сипаттайтын шамалардың орташа мәндері пайдаланғандықтан оны статистикалық физика деп атайды. Статистикалық физиканың классикалық теориясы, қазіргі құрылымы ХХ ғ. басында Дж.Максвелдің, Л.Больцманның, Р.Гиббсттің еңбектерінің негізінде қаланған.

Физикалық құбылыстарды зерттеудің осы екі макроскопиялық және микроскопиялық әдістері өзара тығыз байланысты және бірін-бірі толықтырып отырады. Термодинамикалық түсініктерді пайдаланбай молекулалық физиканың мәселелерін баяндау мүмкін емес. Ал термодинамикада қарастырылатын құбылыстар мен процестердің табиғатын молекулалы-кинетикалық теорияның көмегінсіз түсінуге болмайды. Мысалы, термодинамика сұйықтың қайнау температурасы сыртқы қысымның арасындағы мөлшерлік байланысты тағайындайды, бірақ оның «механизмін» ашпайды. Ал процесті заттың қасиеті мен оның молекулалық құрылысының арасындағы байланысты зерттейтін молекулалы-кинетикалық теория түсіндіреді.

Статистикалық физика мен термодинамикалық әдістер заттардың құрылысын газдарда, сұйықтарда және қатты денелерде жүретін процестерді зерттеуде кеңінен қолданылады. Статистикалық әдіс, қатты дене физикасында, кристалдардың жылулық, электрлік және оптикалық қасиеттерін түсіндіретін

теория құруға мүмкіндік берді. Термодинамикалық әдіс теплотехникада, газодинамикада және тағы басқа пәндерде кеңінен қолданылады. Соңғы кездері космостық процестер термодинамикасы дамып келеді.

ИДЕАЛ ГАЗДЫҢ КИНЕТИКАЛЫҚ ТЕОРИЯСЫ

Көптеген жағдайларда біз нақты бір системаларды қарастыратын боламыз: бұл дегеніміз қайсы-бір дене немесе қайсы-бір денелер системасы болып табылады: осы системаның төңірегіндегі қалған барлық денелер қоршаған орта деп аталады. Нақты системаның күйін (немесе системаның болу шартын) сипаттау үшін, мысалға бұл дегеніміз ыдыстағы газ болсын делік, макроскопиялық немесе микроскопиялық көзқарастарды пайдаланатын боламыз. *Микроскопиялық сипаттау* дегеніміз системаны түзетін барлық молекулалар мен атомдардың қозғалыстарын жан-жақты қарастыру, бұл аса күрделі болып кетуі мүмкін. Бұл айтқанымыз кинетикалық теорияның (және статистикалық механиканың) үлесі болып табылады. *Макроскопиялық сипаттау* кезінде біз сипаттауды тікелей өлшеуге болатын шамалар арқылы береміз: оларға көлем, масса, қысым және температура жатады. Системаның күйін кезкелген уақыт мезетінде анықтау үшін қажет болатын макроскопиялық айнымалылардың саны системаның түріне тәуелді болады. Мысалы, ыдыстағы газдың күйін сипаттау үшін үш айнымалы жеткілікті, оларға көлемді, қысымды және температураны алуға болады. Системаның күйін анықтау үшін қажет болатын осыған ұқсас шамалар күй параметрлері деп аталады.

ЗАТ КҮЙІ ЖӘНЕ ИДЕАЛ ГАЗ

Кез-келген зат қатты, сұйық және газ тәрізді күйлерде бола алады. Мысалы, судың үш күйі бар: мұз, су және бу. Сол сияқты, мысты қыздырса, ол алдымен балқиды соңынан булана бастайды. Олай болса, температурасы мен қысымына байланысты, барлық заттардың үш күйі: қатты, сұйық газ тәрізді фазалары болатындығы анықталған. Заттың осы үш күйін агрегаттық күйлер немесе фазалар деп атайды. Әр заттың өзіне тән қысымдары мен температураларында олар бір мезгілде үш агрегаттық күйде, үш фазада бола алады. Заттың бұл күйі үштік нүкте деп аталады. Мысалы, судың үштік нүктесі 4,6 мм.сынап бағаны қысымға және 0,0075 °C температураға сәйкес келеді.

Химиялық құрылымы біртекті заттардың физикалық қасиеттері, бір агрегаттық күйден екіншісіне өткенде, елеулі өзгерістерге ұшырайды. Бұл жағдай бір фазадағы заттың әртүрлі күйлерінде де байқалады. Мысалы, сығылған газдың қасиеттері, оның атмосфералы қысымдағы қасиеттерінен өзгеше болады. Дене немесе денелер жиынын жүйе (денелер жүйесі) деп атайды. Жүйе екі денеден, мұз бен судан немесе үш денеден, мұз, су және будан құралуы мүмкін. Бұл кезде олар бір фазалы, екі немесе үш фазалы деп аталады.

Кезкелген зат қабылдай алатын үш агрегаттық күйлердің ең қарапайымы газ күйі болып табылады, себебі бұл кезде молекулалар арасында әсер ететін күштер өте әлсіз, белгілі жағдайларда оларды ескермей кетуге болады. Сондықтан молекулалық физиканы газдардың қасиеттерін қарастырудан бастаған ыңғайлы. Бұл жерде біз, әуелі газдағы *молекула аралық күштер* аз ғана емес, оларды тіптен *жоқ* деп санаймыз. Сонымен қатар ықшамдық үшін молекулалардың *өлшемдерін* де ескермейміз, яғни *оларды материалдық нүктелер* деп есептейтін боламыз. Осындай ойласымдар кезінде газ молекулаларын еркін, өзара әрекеттеспейтін мөлшерсіз бөлшектер системасы деп қарастыруға болады. Молекулалар енді түзу сызықты және бірқалыпты қозғалатын болады. Әрбір молекула өзін ыдыста өзінен басқа молекула жоқ секілді сезінетін болады. Кейін,

реал (нақты) газдарды қарастырған кезде бұл айтылғандардан бас тартуға тура келеді.

Өзара әрекеттеспейтін материалдық нүктелердің жиынтығының қасиеттеріндей қасиеттері бар газды идеал газ деп атайды.

Жүйенің күйі оны сипаттайтын физикалық шамалардың жиынымен — күй параметрлерімен анықталады. Күй параметрлері ретінде заттың массасы m , көлемі V , қысымы P , температурасы T және т.б. алынады. Жылулық тепе-теңдікте осы соңғы үш физикалық шамалар бір-бірімен тығыз байланысты. Шындығында, жүйенің тұрақты температурада белгілі көлемі болса, оның соған сәйкес қысымы да болады. Яғни, жүйенің күйін сипаттайтын кез-келген параметрдің өзгерісі, оның басқа параметрлерінің өзгерісін тудырады. Сондықтан, күй параметрлері өзара белгілі бір функционалды байланыста болады. Жалпы жағдайда, күй параметрлерінің арасындағы байланыс мына түрде сипатталады және ол күй теңдеуі деп аталады:

$$f(P, V, T) = 0.$$

Тәжірибелер, жылулық тепе-теңдіктен шығарылған жүйелердің бастапқы тепе-тең күйіне қайта оралуына біршама уақыт керектігін көрсетеді. Осы, жүйенің тепе-тең күйге қайта оралу процесі релаксация, ал оған жұмсалған уақыт релаксация уақыты деп аталады. Егер релаксация уақыты жүйенің бір тепе-тең күйден екінші тепе-тең күйге өту уақытынан кем болса, онда газдағы ауытқулардың барлық түрлері жойылып үлгереді де жүйе күйі бірінен соң бірі келіп отыратын тепе-теңдік күйлер арқылы сипатталады. Мұндай процестер квазистатикалық деп аталады. Себебі, бұл кезде жүйе, кез-келген уақыт мезетінде, тепе-тең күйде деп саналады. Олай болса, күй теңдеуімен тек квазистатикалық процестерді ғана зерттеуге болады.

Молекулалық физикада, механикадағы сияқты, құбылыстардың зерттелінуін жеңілдету жолдары қарастырылады. Бұл үшін зат құрылысының қарапайым түрдегі нобайын (моделін) қолданады. Нобай түпнұсқамен ұқсастық қатыстағы, нақты және ойша елестетілетін жүйе. Ол

арқылы зерттелінетін объект жөнінде көптеген нақты мағлұматтар алынады. Түпнұсқаның нобайы жасалғанда, оның зерттеушіні қызықтыратын ерекшеліктері сақталады.

Газдың қарапайым нобайы ретінде идеал газ ұғымы қолданылады. Идеал газда, оны құрайтын молекулалар, өзара әсерлеспейтін материалдық нүктелер деп саналады. Екіншіден, сиретілген газдар үшін оның молекулаларының көлемі, аз болғандықтан, ескерілмейді. Сонымен, идеал газ деп, өзара әсерлеспейтін материалдық нүктелер жиынының қасиетіндей қасиеттерге ие газды айтады. Осыдан ең оңай қарапайым теңдеу идеал газ күйінің теңдеуі болып табылады.

ГАЗДЫҢ ҚЫСЫМЫ

Ыдыста тұрған газды қарастырайық. Бей-берекет қозғалыстағы газ молекулалары өзі тұрған ыдыстың қабырғасына да, өзара да өте жақын қашықтыққа жақындайды. Осы кезде газ молекулаларының арасында немесе газ молекулалары мен ыдыстың затының молекулаларының арасында қашықтаған сайын өте тез құлдырайтын өзара әрекеттесу күші пайда болады. Осы күштердің әсерінен газ молекулалары өздерінің бағытын өзгертеді. Бұл процесс **соқтығысулар** деп аталады.

Соқтығысулар газдың сипаттамаларында үлкен рөл атқарады. Қазір біз назарымызды молекулалардың ыдыстың қабырғасымен немесе газ жанасып тұрған кезкелген бетпен соқтығысуларына аударамыз. Міне, газ молекулаларының және қабырғаның осы өзара әрекеттесуі газ тарапынан қабырғаға әсер ететін және оған теңбе-тең, бағыты жағынан қарама-қарсы, қабырға тарапынан газға әсер етілетін күшті анықтайды. Қабырғаға газ тарапынан әсер ететін күштің мәні қабырғаның ауданы неғұрлым үлкен болса, ол да солғұрлым үлкен болады. Міне, қабырғаның осы ауданы тәрізді кездейсоқ шамаға тәуелді болмас үшін газдың қабырғаға әсерін күш арқылы емес, қысым арқылы, яғни ыдыстың S бетінің бірлік ауданына перпендикуляр түсірілген F күштің шамасымен сипаттау қабылданған:

$$P = \frac{F}{S}$$

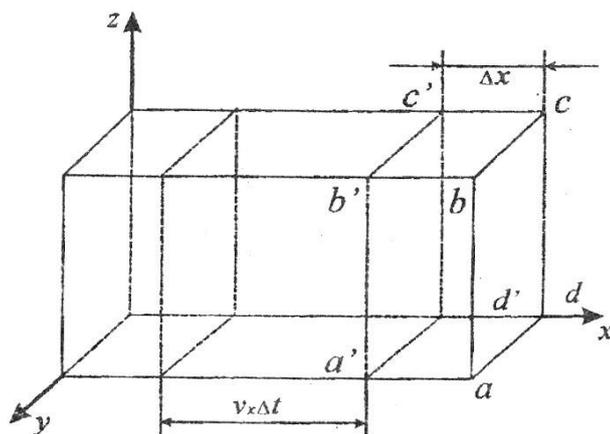
Газдың өзі тұрған ыдыстың қабырғасына қысым түсіруі газдың негізгі қасиеттерінің бірі. Газдың бар-жоғын көбіне оның осы қысымы арқылы ғана анықтауға болады. Сондықтан да *қысым газдың ең басты сипаттамаларының бірі болып табылады.*

Газдың ыдыстың қабырғасына түсіретін қысымы газ молекулаларының ыдыс қабырғасымен сансыз-көп соқтығысуларының нәтижесі болып табылады. Молекулалардың осындай соқтығысуларының нәтижесінде ыдыс қабырғаларының материалының бөлшектері ығысады, яғни деформацияланады. Деформацияланған қабырға, әрбір нүктеде қабырғаға перпендикуляр бағытталған серпімді күшпен

газға әсер етеді. Бұл күш шама жағынан газдың қабырғаға түсіретін күшіне тең де, ал бағыты жағынан оған қарама-қарсы болады.

Әр бір жеке молекуланың қабырға молекулаларымен әрекеттесу күшінің шамасы белгісіз болса да, механика заңдарына сүйене отырып, газдың барлық молекулаларының жабыла қимылынан туған орташа күшті, яғни қысымды табуға болады екен.

Газ параллелепипед түріндегі ыдыста болсын



әрі газ тепе-тендік күйде делік. Бұл дегеніміз берілген уақытта газ ыдыс қабырғаларына қатысты тұтастай алғанда тыныштықта деген сөз: қайсы-бір алынған бағытта қозғалатын молекулалар саны орташа есеппен жылдамдықтары қарама-қарсы жаққа бағытталған молекулалар санына тең.

Газдың ыдыстың бір қабырғасына, мысалға, оң жақ $abcd$ бүйір қабырғасына түсіретін қысымын есептеп шығарайық. x координат өсін параллелепипедтің $abcd$ қабырғасына перпендикуляр қырының бойымен бағыттайық. v жылдамдықтар қалай бағытталса да, бізге керегі тек молекулалар жылдамдығының x өстегі v_x құраушылары ғана $abcd$ қабырғаға қарай молекулалар тек v_x жылдамдықпен ғана қозғалады.

Қарастырылмақ қабырғаға жанай жатқан қалыңдығы Δx газ қабатын ойша бөліп алайық. Оған деформацияланған қабырға тарапынан серпімді күш F әсер етеді. Абсолют шамасы жағынан дәл осындай күшпен газ да қабырғаға әсер етеді. Ньютонның екінші заңы бойынша күш импульсы $F \Delta t$ (мұндағы t — қайсы-бір уақыт аралығы) біздің қабаттағы газ импульсының өзгерісіне тең болады. Газ

тепе-тендік күйде, сондықтан газ күш импульсы бағытында (x өсінің оң бағытына қарсы бағытта) ешқандай импульс өсімшесін қабылдамайды.

Газ молекулаларының ретсіз қозғалысы кезінде Δt уақыттың ішінде біздің қабатқа солдан оңға қарай молекулалардың қайсы бір саны кіріп, молекулалардың сонша саны одан кері бағытта, оңнан солға қарай, шығады. Кіретін молекулалар өздерімен бірге белгілі импульс мөлшерін ала кіреді. Шығатын молекулалар өздерімен бірге қарсы таңбалы дәл осындай импульс мөлшерін ала кетеді де, қабаттың алған импульсы қабатқа кіретін және одан шығатын молекулалардың импульстерінің алгебралық қосындысына тең болады.

Біздің қабатқа Δt уақыттың ішінде сол жақтан келіп кіретін молекулалар санын есептеп шығарайық.

Осы уақыттың ішінде $a'b'c'd'$ шекаралыққа сол жақтан одан $v_x \Delta t$ шамасынан аспайтын қашықтықта орналасқан молекулалар келіп жете алады. Олардың барлығы да табанының ауданы S және ұзындығы $v_x \Delta t$ болатын параллелепипедтің көлемінде, яғни $S v_x \Delta t$ көлемде орналасқан. Егер көлем бірлігінде n молекулалар болатын болса, онда көрсетілген көлемде $n S v_x \Delta t$ молекулалар болады. Бірақ олардың тек жартысы ғана солдан оңға қарай қозғалып, біздің қабатқа келіп түседі, олардың екінші жартысы одан кері қозғалып, қабатқа келіп кірмейді. Демек, Δt уақытта қабатқа солдан оңға қарай $(1/2) n S v_x \Delta t$ молекулалар келіп кіреді. Бұл молекулалардың әрбіреуінің mv_x импульсы болады (m - молекуланың массасы), ал олардың қабатқа алып келетін жалпы импульсы:

$$\frac{1}{2} n m S v_x^2 \Delta t$$

Осы уақыттың ішінде оңнан солға қарай қозғала отырып, қабатты кері таңбалы жалпы импульсі дәл сондай болатын молекулалардың дәл сондай саны тастап кетеді. Сөйтіп, қабатқа оң импульсты молекулалардың келіп және одан теріс импульсты молекулалардың кетуіне байланысты қабаттағы импульстың жалпы өзгерісі мынандай болады:

$$\frac{1}{2} n m S v_x^2 \Delta t - \left[-\frac{1}{2} n m v_x^2 S \Delta t \right] = n m S v_x^2 \Delta t$$

Бұл қабаттың импульсының өзгерісі және сол $F \Delta t$ күш импульсының

әсерінен болуға тиісті өзгерісті өтемелейді. Сондықтан былай деп жаза аламыз:

$$F \Delta t = n m S v_x^2 \Delta t$$

Осы теңдіктің екі жағын да $S \Delta t$ шамасына бөлсек, онда

$$P = \frac{F}{S} = n m v_x^2$$

Осы кезге дейін біз газдың барлық молекулаларының жылдамдығының v_x проекциясы бірдей деп келдік. Шын мәнісінде олай емес екендігі анық. Молекулалардың v жылдамдықтары да, олардың осіндегі проекциялары да түрліше болатындығы анық. Молекулалардың жылдамдықтарының және олардың координаттар осіндегі проекцияларының түрліше болатындығын ескеріп,

$$P = \frac{F}{S} = n m v_x^2$$

өрнекке кіретін v_x^2 шамасын оның v_x^2 орташа мәнімен алмастырамыз, сөйтіп

$$P = \frac{F}{S} = n m v_x^2$$

өрнекті мына түрге келтіреміз:

$$P = n m v_x^2$$

Әр бір молекуланың v жылдамдығы үшін былай деп жазуға болады:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

Молекулалы қозғалыстың толық ретсіздігінен жылдамдықтардың үш координат өстеріне проекцияларының квадраттарының орташа мәндері бір-біріне тең деп алуға болады, яғни,

$$v_x^2 = v_y^2 = v_z^2$$

Ал бұл дегеніміз $P = n m v_x^2$ өрнекті еске алсақ, онда $v_x^2 = v^2/3$ дегенді білдіреді. Мұны апарып $P = n m v_x^2$ өрнекке қойсақ, онда мынаған келеміз:

$$p = \frac{1}{3} n m v^2 \quad \text{немесе} \quad \text{теңдіктің оң жағын екіге бөліп}$$

$$\text{және көбейтсек, онда} \quad p = \frac{2}{3} n \frac{m v^2}{2}$$

Осы келтірілген қарапайым ойласымдар ыдыстың кезкелген қабырғасы үшін және газ ішінде орналастыруға болатын кезкелген ауданша үшін орындалады.

Бірақ басқа жағдайларда да біз $p = \frac{2}{3}n\frac{mv^2}{2}$ өрнекте көрсетілген мәнге келеміз,

$p = \frac{2}{3}n\frac{mv^2}{2}$ өрнектегі шама газдың бір молекуласының орташа кинетикалық

энергиясы $\frac{mv^2}{2}$ болып табылады, демек, газдың қысымы бірлік көлемдегі

молекулалардың орташа кинетикалық энергиясының үштен екісіне тең болады екен.

Бұл идеал газдың кинетикалық теориясының аса маңызды қорытындыларының бірі болып табылады. $p = \frac{2}{3}n\frac{mv^2}{2}$ өрнек молекулалық, яғни

бір молекулаға қатысты шамалар мен газды тұтастай сипаттайтын тәжірибеде тікелей өлшеуге болатын макроскопиялық болып табылатын қысым шамасы

арасындағы байланысты тағайындайды. $p = \frac{2}{3}n\frac{mv^2}{2}$ өрнегін идеал газдардың

кинетикалық теориясының негізгі тендеуі деп атайды.

Газдың қысымының оның молекулаларының орташа кинетикалық энергиясымен анықталатынына ерекше назар аудару керек. Бұл дегеніміз газдың қысымы газдың молекулаларының орасан зор санынан тұратындығымен байланыстылығын көрсетеді. Бір немесе бірнеше молекуланың тудыратын қысымы жайлы айтудың ешбір мағынасы жоқ. Көп бөлшектерден тұратын системалар үшін ғана мағынасы болатын шамалар жайлы айтқанда, олар *статистикалық* сипатта дейді.

Қысымның СИ дегі өлшем бірлігі *ньютон/м²* болып табылады. Бұл бірлік паскаль деп аталады (*Па*).

ТЕМПЕРАТУРА

Молекулалық физикада ең маңызды ұғымның бірі температура. Күнделікті байқаулар, тәжірибелер жылудың ыстық денеден суық денеге берілетіндігін көрсетеді. Температураның ең басты қасиеті, оның жылу алмасудың бағытын анықтайтындығы. Максвеллдің анықтамасы бойынша: «дененің температурасы, оның басқа денелерге жылу беру қабілетімен сипатталатын термиялық күйі».

$$p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}$$

теңдеуден идеал газ қысымының оның тығыздығына (газдың тығыздығы бірлік көлемдегі молекулалардың n санымен анықталады) және молекулалардың ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясына тәуелді болатындығы шығады. Тұрақты n , демек, тұрақты V кезінде ($n = N/V$, мұндағы N - ыдыстағы молекулалардың саны) газдың қысымы молекуланың тек орташа кинетикалық энергиясына ғана тәуелді болады.

Тәжірибеден білетіміздей, тұрақты қысым кезінде газдың қысымын тек бір ғана жолмен, оны қыздыру немесе суыту арқылы ғана өзгертуге болады: газды қыздырған кезде оның қысымы артады, ал суытқан кезде қысымы кемиді, қыздырылған немесе суытылған газ өзінің температурасымен сипатталады. Демек, орташа кинетикалық энергия мен қысымның арасында $p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}$ түрінде байланыс бар.

Температура дегеніміз денелердің жылулық тепе-теңдік күйін сипаттайтын физикалық шама: жылулық тепе-теңдіктегі денелердің температуралары бірдей болады. Керісінше, температуралары бірдей денелер бір-бірлерімен жылулық тепе-теңдікте болады. Егер қандай да бір, екі дене үшінші денемен жылулық тепе-теңдікте болатын болса, онда бұл екі денелер де өзара жылулық тепе-теңдікте болады. Бұл аса маңызды тоқтам табиғаттың негізгі заңдарының бірі болып табылады. Температураны өлшеу мүмкіншілігі міне осыған негізделген.

Температураны өлшеу үшін дененің температурасын өзгерткенде оның

қасиеттерінің өзгеретіндігін пайдаланады. Демек, осы қасиетгерді сипаттайтын шамалар да өзгереді. Сондықтан температураны өлшейтін аспапты, яғни термометрді жасаған кезде қайсы-бір заттай (термометрлік затты) және заттың қасиетін сипаттайтын белгілі бір шаманы (термометрлік шаманы) таңдап алады. Тұрмыста пайдаланып жүрген термометрлерде термометрлік зат сынап та, ал термометрлік шама — сынап бағанының ұзындығы.

Температураның шамасына сандық мәндерді сәйкестеу үшін термометрлік шаманың температураның шамасына тәуелділігін тағайындау керек. Тұрмыстық сынап термометрлерінде бұл - сынап бағанының ұзындығының температураға сызықтық тәуелділігі.

Енді температураның бірлігі - градусы тағайындау керек. Градустың шамасы былайша тағайындалады. Екі температураны таңдап алады (реперлік нүктелер деп аталады) — көбіне бұл атмосфералық қысым кезінде *мұздың еру температурасы* және *судың қайнау температурасы* және осы температура интервалын тең бөліктерге — градустарға бөледі. Осы температуралардың біреуіне белгілі сандық мән береді. Сөйтіп, екінші температураның мәні және кезкелген аралық температуралардың мәндері тағайындалады. Осылайша температуралық шкалаға келеді.

Осы заманғы термометрия газ термометрінің көмегімен тағайындалатын *идеал газ шкаласына* негізделген. *Газ термометрі* деп отырғанымыз идеал газбен толтырылған және газдың қысымын өлшеуге арналған манометрмен жабдықталған жабық ыдыс болып табылады. Мұндай термометрде термометрлік зат дегеніміз идеал газ да, ал *температураға тәуелділігін сызықтық* деп алады. Осындай кезде судың қайнау температурасы кезіндегі қысым (p_K) мен мұздың еру температурасы кезіндегі қысымның (p_0) қатынасы осы температуралардың өздерінің қатынасына тең болады:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{T}{T_0}$$

қатынасын тәжірибеден жеңіл анықтауға болады. Ол мынаны береді:

$$p_K/p_0 = 1,3661.$$

Демек, температуралардың қатынасы да осылай болады:

$$T_{\kappa}/T_0 = 1,3661.$$

Градустың шамасын тағайындаған кезде айырымын 100- ге бөледі:

$$T_{\kappa} - T_0 = 100$$

Соңғы екі теңдіктен қабылданған шкалада мұздың еру температурасы дегеніміз 273,15 градус болып шығады, ал судың қайнау температурасы болса, ол 373,15 градус екен. Газ термометрдің көмегімен қайсы-бір дененің температурасын өлшеу үшін денені газ термометрмен жанастыру керек, сосын тепе-теңдікке жеткеннен кейін термометрдегі газдың p қысымын өлшейді. Сонда дененің T температурасы

$$T = \frac{273,15}{P_0} P$$

өрнекпен анықталады, мұндағы p_0 - еріп жатқан мұзға қойылған термометрдегі газдың қысымы.

Практикада газ термометрін сирек қолданады. Оның ролі басқа да - оның көмегімен пайдаланылып жүрген барлық термометрлер градуирленеді.

Біздің шкаламыз бойынша нөлге тең болатын температураның идеал газдың қысымы нөлге тең болатын температура екендігінде сөз жоқ. Егер температуралық шкаланың нөлі кезінде термометрлік шама нөлге айналатын болса, онда мұндай шкала абсолюттік шкала деп аталады, ал осындай шкала бойынша саналған температура абсолюттік температура деп аталады. Осы жерде сипатталған газ термометрінің шкаласы абсолюттік деп аталады. Оны көбіне Кельвин шкаласы деп те атайды, бұл шкала бойынша температура бірлігі кельвин деп аталады және К деп белгіленеді.

Техникада және өмірде мұздың еру температурасын нөл деп алатын Цельсий шкаласы пайдаланылады. Бұл шкала бойынша анықталған температура абсолюттік T температурамен мынандай байланыста болады:

$$t = T - 273,15.$$

Сонымен, температура дегеніміз денелердің жылулық тепе-теңдігін сипаттайды екен: тепе-теңдік күйге өткен кезде денелердің температуралары

теңеседі де, тепе-теңдік күйде тұрған дененің немесе денелер системасының барлық бірліктерінің температуралары бірдей болады. Температураны өлшеу процедурасының өзі осымен байланысты.

Жылулық тепе-теңдік орнау процесі энергия алмасу арқылы өтеді. Бірақ энергетикалық тепе-теңдік бүкіл газ үшін орнамайды, тек бір молекулаға қатынасты алынған орташа кинетикалық энергия үшін ғана орындалады. Молекуланың ілгерілемелі қозғалысының міне, осы орташа кинетикалық энергиясы өзін температура тәрізді ұстайды.

Бұл екі шаманың арасындағы тағы бір ұқсастық - кинетикалық энергияда температура тәрізді аддитивтік шама емес, ол да барлық газ үшін және оның бөліктері үшін (жеткілікті молекулалар саны болатын) бірдей болады. Түгел газдың энергиясын алатын болсақ, ол - аддитивтік шама, ол газдың бөліктерінің энергияларының қосындысынан тұрады.

Осы айтылғандардан температура деген шама молекулалардың ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы деген тоқтамға келуге болады.

Практикада газ термометрін сирек қолданады. Оның ролі басқа да - оның көмегімен пайдаланылып жүрген барлық термометрлер градуирленеді.

Біздің шкаламыз бойынша нөлге тең болатын температураның идеал газдың қысымы нөлге тең болатын температура екендігінде сөз жоқ. Егер температуралық шкаланың нөлі кезінде термометрлік шама нөлге айналатын болса, онда мұндай шкала **абсолюттік шкала** деп аталады, ал осындай шкала бойынша саналған температура **абсолюттік температура** деп аталады. Осы жерде сипатталған газ термометрінің шкаласы абсолюттік деп аталады. Оны көбіне Кельвин шкаласы деп те атайды, бұл шкала бойынша температура бірлігі кельвин деп аталады және К деп белгіленеді.

Температураны үйреншікті бірліктермен өлшей беру үшін градустарды инергияның өлшемділігімен байланыстыра алатын қажетті коэффициент енгізу керек. Ол коэффициентті k арқылы белгілейді. Сонда градустармен алынған T температура мен орташа кинетикалық энергия арасында мынандай байланыс болады:

$$\frac{2}{3} \frac{mv^2}{2} = kT$$

осыдан

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

Энергия бірлігі мен температура бірлігі кельвин арасындағы анықтайтын k коэффициент Больцман тұрақтысы деп аталады. k – да оның мәні

$$k = 1,380662 \cdot 10^{-32} \text{ Дж/К}$$

Температура молекулалардың ілгерілемелі қозғалысының орташа энергиясы болып анықталатындықтан, ол да қысым тәрізді статистикалық шама болып табылады.

Судың қайнау және мұздың балқу нүктелері - реперлік нүктелер деп аталады. Термометрлерді градуирлеу үшін халықаралық практикалық температуралық шкала белгілеген нүктелерден басқа да реперлік нүктелер пайдаланылады (төмендегі кесте).

Тепе-теңдік күй	0 °C
Сутектің үштік нүктесі	-259,340
Сутектің қайнау нүктесі	-252,870
Оттектің үштік нүктесі	216,789
Оттектің қайнау нүктесі	-182,962
Судың үштік нүктесі	0,010
Мұздың балқу нүктесі	0,800
Судың қайнау нүктесі	100,000
Мырыштың қату нүктесі	419,505
Күмістің кристалдану нүктесі	961,930
Алтынның кристалдану нүктесі	1064,430

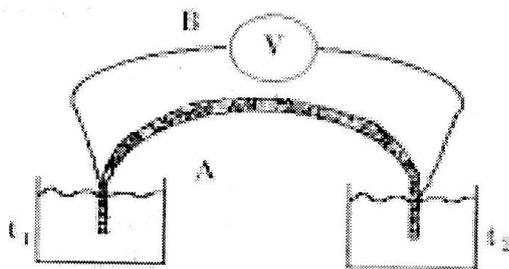
Кестеде әртүрлі заттардың қайнау және кристалдану нүктелері бір атмосфералық қысым үшін берілген. Көп ретте, температураларды өлшеуге, температуралық параметр үшін көлем алынатын, сұйық термометрлер қолданылады. Олар шыныдан жасалады және -200-ден 600 °C-ға дейін өлшей алады. Бұл термометрлерде сұйық, кварцтан жасалған, капилляр

түтіктермен жалғанған, көлемге құйылады. Тұрмыстық термометрлердің көпшілігінде термометрлік дене үшін сынапты пайдаланады. Сынап - 39,8 °С-да қатады, ал калыпты қысымда 357,25 °С-да қайнайды. Мұнанда жоғары температураларды өлшеу үшін түтіктегі сынаптың бетінде $7 \cdot 10^6$ Па қысымдағы инертті газ болуы тиіс. Төменгі - 80 °С-ға дейінгі температураларды өлшеуге спирттік термометрлер қолданылады, ал пентан құйылғандары — 200 °С-ға дейінгі температураларды өлшейді. Сұйық термометрлерде шкаланың ең кіші бөлігінің құны 0,01 °С.

Практикада термометрлік дене ретінде, қасиеттері идеал газға жақын, H_2 , N_2 , He газдарын пайдаланатын термометрлер жиі қолданылады. Бұларда температура өзгерісін, тұрақты көлемдегі қысым өзгерістері арқылы бағалайды. Газдық термометрлермен 2-ден 1300К температураларды өлшей алады. Мыс, платина және т.б. таза металдардың температуралары 0-ден 1000 °С аралығында сызықты өседі, сондықтан оларды электрлік термометрлерде көп пайдаланады. Бұларда термометрлік дене ретінде металл жіп алынады, ал температуралық параметр кедергі. Платиналық электрлік термометр -259,34-тен +630,74 °С температуралар аралығында эталондық термометр болып саналады.

Электрлік кедергі термометрлерінің қатарына термисторлар да жатады. Бұларда негізгі термометрлік денелерге жартылай өткізгіштер (TiO_2 -нің, MgO -ның қоспалары, Mn , Cu , Co , Ni тотықтары) пайдаланылады. Жартылай өткізгіштердің кедергілері температураға байланысты өседі. Терморезисторлардың сезгіштігі 10^{-3} °С-дан жоғары болмайды.

Температураларды өлшеу үшін, дәнекерленген екі, әртекті металдарды да пайдаланады. Оны термопара деп атайды (төмендегі сурет).



Осы суреттегідей етіп дәнекерленген және жалғанған A және B

өткізгіштерінің бір ұшын қыздырып не суытатын болса, t_1 және t_2 дәнекерлерінің арасында $1\text{ }^\circ\text{C}$ -ға, шамамен, $1/105\text{B}$ -қа термоэлектрлік қозғаушы күш пайда болады. Егер t_1 дәнекердің температурасын тұрақты ұстаса термоэлектрлік қозғаушы күш тек екінші дәнекердің температурасына тәуелді болады. Көбінесе дәнекер еріген мұзға батырылып қойылады, ал t_2 қызған денемен жалғанады. Термопараның ЭҚК-і милливольтметрмен өлшенеді. Термопаралар мен термисторлар арқылы $1000\text{ }^\circ\text{C}$ -тан жоғары температураларды өлшеуге, олардың қасиеттерінің кенет өзгеретініне байланысты қолдану қиынға түседі. Сондықтан бұдан жоғары температураларды, зерттелінетін дененің сәуле шығару интенсивтілігін пайдаланатын, пирометрлермен өлшейді. Ал өте төменгі температураларда, жылу өткізгіштік құбылысының әсерінен зерттелінетін дененің температурасын өзгертуіне байланысты айтылған термометрлерді қолдануға болмайды. Мұндай заттардың температуралары зерттелінетін дененің қасиетіне байланысты анықталады, мысалы, өте төмен температура оның магниттік қасиетінің өзгерістері (магниттік термометрия) арқылы анықталады.

ИДЕАЛ ГАЗ ЗАҢДАРЫ

Заттың газ тәріздес күйі, төменгі қысымдар мен жоғарғы температураларда, қасиеттері жағынан ең қарапайым. Сиретілген газдардың бәрі идеал деп саналады және олардың күйлері бірдей заңдылықтармен сипатталады.

Жүйенің бірінен соң бірі тізбектеле жүретін аралық күйлер арқылы, бір күйден екіншісіне өтуін **процесс** деп атайды. Заттың үш агрегаттық күйінің ең қарапайымы газ күйі, себебі, оның молекулалары бір-бірінен алшақ орналасқан. Сондықтан, газда оларды құрайтын молекулаларының әсерлесу күшін есепке алмауға болады. Осыдан, газдар үшін жазылған күй теңдеулері қарапайым және оңай шешіледі.

Теориялық тұрғыда күй теңдеуінің $f(P, V, T) = 0$ шешімі жеке жағдайлар үшін анықталған, сондықтан, көбіне нәтижелері график түрінде кескінделетін, тәжірибелік өлшеулерге жүгінеді. Бұның өзінде, осы үш параметрдің бірін тұрақты етіп, қалған екеуінің арасындағы байланысты сипаттайтын қисықтар алынады. Егер температура тұрақты болса көлем мен қысым арасындағы байланысты сипаттайтын қисық изотерма деп аталады. Изотермалар $f(P, V, T) = 0$ теңдеуді көлемге немесе қысымға байланысты шешу арқылы алынады:

$$P = P(V), \quad V = V(P)$$

Бұл кезде $T = \text{const}$, ал изотермалар тұрақты $T_1, T_2, T_3 \dots T_n$ температураларға сәйкес келеді.

Осыған ұқсас $f(P, V, T) = 0$ теңдеуінен көлемнің температураға тәуелділігін кескіндейтін қисықтар - изобаралар алуға болады. Бұл кезде $P = \text{const}$, ал

$$V = V(T) \text{ немесе } T = T(V).$$

Сонымен қатар, тұрақты көлемде $V = \text{const}$ қысымның температураға тәуелділігін сипаттайтын изохоралар кескінделеді. Олар төмендегідей теңдеулермен өрнектеледі:

$$P = P(T) \text{ немесе } T = T(P).$$

Жылулық тепе-теңдіктегі кескінделетін графиктер, жүйе күйінің өзгерісін, оның параметрлерінің өзгерулеріне байланысты сипаттайды, яғни жүйеде жүретін жылулық процесті суреттейді. Бірақ әрбір параметрдің өзгерісі жүйенің тепе-теңдіктен ауытқығанын дәлелдейді, демек, бұл кездегі оның әрбір нүктесіндегі қысымы мен температурасын белгілі-бір мәнге ие деп айтуға болмайды. Себебі, цилиндрдегі газ сығылған кезде, поршеннің астыңғы бетіндегі P - қысым, ρ - тығыздық, T - температуралар біршама өзгереді, ал одан алыс жерлерде бұл шамалардың өзгерісі біршама уақыттан соң байқалады. Олай болса, цилиндрдегі газдың әртүрлі нүктелеріндегі күй параметрлерінің мәндері біркелкі емес.

Күй теңдеуінен $f(P, V, T) = 0$ әр параметрді қалған екеуінің функциясы ретінде сипаттауға болатындығы байқалады:

$$V = V(P, T), P = P(V, T), T = T(V, P).$$

Мұндай күйлер шексіз көп әртүрлі процестердің басы болады және олар әрқайсына тән белгілері бойынша жеке-жеке топтарға бөлінеді. Жүйенің бір параметрі, өзгермейтін, тұрақты етіп алынған процестер **изопрцестер** деп аталады. Осыған сәйкес, қысым, көлем және температура тұрақты ұсталынып, қалған екеуінің арасындағы тәуелділік анықталатын процестер, изобаралық, изохоралық және изотермиялық процестер деп аталады.

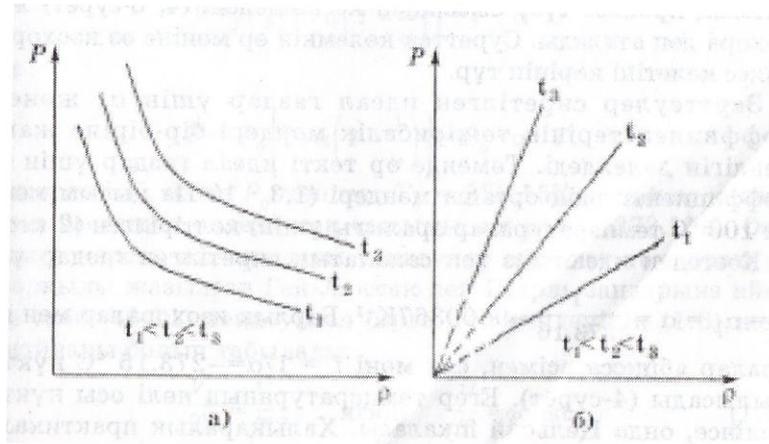
Газдың меншікті көлемі болмайды және ол өзі сақталған ыдыстың барлық көлеміне біркелкі таралып ыдыс қабырғаларына қысым түсіреді.

XVII ғасырдың ортасында ағылшын ғалымы Р.Бойль мен француз физигі Э.Мариотт бір-біріне тәуелсіз, идеал газдағы изотермиялық процесті зерттей отырып, газдың көлемі мен қысымын тәуелділігін тағайындайтын, тәжірибеге негізделген заң ашты. Бойль-Мариотт заңы деп аталған, бұл заң бойынша, берілген газ массасы үшін тұрақты температурада, оның көлемі мен қысымының кебейтіндісі тұрақты мәнге тең:

$$PV = \text{const}, \quad P_1V_1 = P_2V_2 = \dots = P_nV_n$$

График түрінде $PV = \text{const}, P_1V_1 = P_2V_2 = \dots = P_nV_n$ теңдеу P, V координаталар жүйесінде (диаграммада) тең бүйірлі гипербодаларға ұқсас

изотермалармен кескінделеді (төмендегі, а-сурет).



Көлем $V = m/\rho$ екендігін пайдаланып, $PV = \text{const}$, $P_1V_1 = P_2V_2 = \dots = P_nV_n$ теңдеуін мына түрге келтіреді $\frac{P}{\rho} = \text{const}$. P/ρ диаграммада қысым мен тығыздықтың арасындағы тәуелділік түзу сызықтармен кескінделеді (жоғарыдағы, б-сурет).

Газдың қысымы өзгерген кездегі көлемін өзгерту қасиеті сығылғыштық деп аталады, сондықтан мұндай өзгерістер изотермиялық сығылу коэффициентімен α_m сипатталады. Газдың сығылғыштығы, оның қысымының бірлік өзгерісі кезіндегі, көлемнің салыстырмалы өзгерісін көрсетеді және ол мына формуламен анықталады:

$$\alpha_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)$$

бұл жерде $\alpha_m >$

$\alpha_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)$ және $PV = \text{const}$, $P_1V_1 = P_2V_2 = \dots = P_nV_n$ теңдеулерінен, идеал газ үшін изотермиялық сығылу коэффициенті қысымға кері пропорционал өзгертіндігі көрінеді:

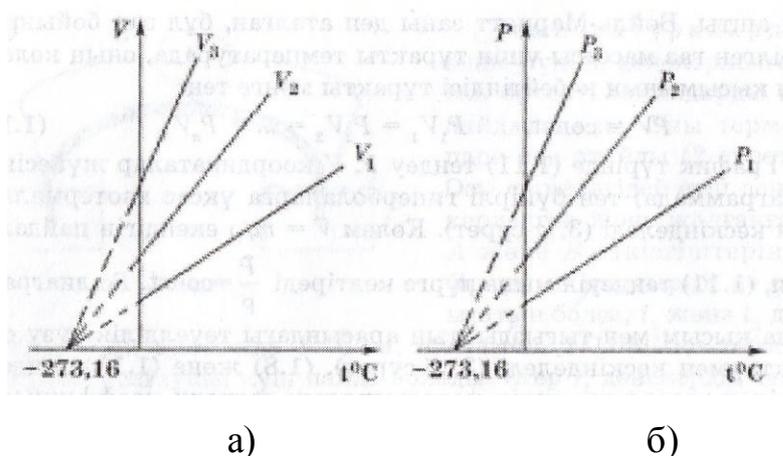
$$\alpha_T = \frac{1}{\rho}$$

Идеал газ көлемінің температураға тәуелділігі де тәжірибе арқылы тағайындалған. Бұл тәуелділік изохоралық процесті зерттеген француз ғалымының құрметіне Гей-Люссак заңы деп аталады. Бұл заң бойынша: берілген газ массасы үшін тұрақты қысымда, оның көлемі мен

температурасының арасында сызықтық тәуелділік орын алады.

$$P = \text{const}, V = V_0 (1 + \alpha_v * t),$$

мұнда V_0 - газдың 0°C -дағы бастапқы көлемі. Тәжірибелер, егер тұрақты қысымда идеал газдың температурасын 1°C -ға өсіргенде, оның көлемі $1/273,16$ есе артатынын көрсетеді. Бұдан $\alpha_v = \frac{1}{273,16} \text{град}^{-1}$ екендігі шығады. Графикте изобаралық процесс, яғни $V(t)$ тәуелділік түзу сызықпен кескінделеді (төмендегі, а – сурет)



Қысымның әр мәніне сәйкес осы түзу сызық изобара деп аталады.

Осы сияқты тұрақты көлемде температура мен қысымның арасындағы байланыстылық тағайындалған (Шарль заңы). Берілген газ массасы үшін тұрақты көлемде, оның қысымы мен температурасының арасында сызықтық тәуелділік орын алады:

$$P = P_0(t + a_p * t).$$

Тұрақты көлемде, идеал деп санауға болатын, сиретілген газды 1°C -ға қыздырғанда, кез-келген газ үшін қысымның термиялық коэффициенті $a_p = \frac{1}{273,16} \text{град}^{-1}$ екендігін француз ғалымы Р.Шарль тәжірибе жүзінде анықтаған. Графикте изохоралық процесс түзу сызықпен кескінделеді (жоғарыдағы, б-сурет) және изохора деп аталады. Суреттен көлемнің әр мәніне өз изохорасы сәйкес келетіні көрініп тұр.

Зерттеулер сиретілген идеал газдар үшін a_v және a_p коэффициенттерінің тәжірибелік мәндері бір-біріне жақын екендігін

дәлелдеді. Төменде әр текті идеал газдар үшін осы коэффициенттердің орташа мәндері ($1,3 \cdot 10^5$ Па қысым мен 0-ден 100 °С температуралар аралығы үшін) келтірілген (төмендегі кесте).

Газ	$\alpha_v \cdot 10^6 \text{K}$	$\alpha_p \cdot 10^6 \text{K}$
Азот N_2	3672	3674
Сутек H_2	3663	3661
Гелий He	3660	3658
Көмір қышқыл газы CO_2	3726	3741
Ауа	3674	3671

Кестеден идеал газ деп саналатын сиретілген газдар үшін

$$\alpha_v = \alpha_p = a = \frac{1}{273,16} \text{град}^{-1} = 0,00367 \text{K}^{-1}$$

Барлық изохоралар мен изобаралар абцисса осімен, сан мәні $t = 1/a = -273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$ нүктеде қиылысады (жоғарыдағы сурет). Егер температураның нөлі осы нүктеге әкелінсе, онда Цельсий шкаласы, Халықаралық практикалық шкала деп аталған, жаңа шкалаға ауысады. Бұл ағылшын ғалымының құрметіне Кельвин шкаласы деп аталған және оның бір бөлігінің құны Цельсий градусына тең кельвинмен (К) өлшенеді, яғни, $1\text{K} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$-273,16 \text{ } ^\circ\text{C}$ температураның ең төменгі мәні, ол температураның абсолют нөлі деп аталады, ал санау Цельсий шкаласының нөлінен емес осы абсолют нөлден басталатын шкала температураның абсолют шкаласы деп аталады. Демек, Халықаралық практикалық шкаламен салынған температура **абсолют температура** деп аталады. Абсолют температура (T) мен цельсий шкаласы бойынша саналған температураның ($t \text{ } ^\circ\text{C}$) арасында мынадай қатынас бар:

$$T = t + 273,15\text{K}.$$

Мысалы, $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ -ға $273,15\text{K}$, ал судың үштік нүктесіне $273,16\text{K}$ абсолют температуралар сәйкес келеді.

$$P = \text{const}, V = V_0 (1 + \alpha_v * t), P = P_0(t + \alpha_p * t) \text{ теңдеулердегі температураларды}$$

абсолют температурамен алмастырып және $a_v = a_p = a$ екендігін ескеріп мынадай өрнектер алынады:

$$V = V_0 \left[1 + \alpha \left(T - \frac{1}{\alpha} \right) \right] = V_0 \alpha T \quad \text{және} \quad P = P_0 \left[1 + \alpha \left(T - \frac{1}{\alpha} \right) \right] = P_0 \alpha T$$

бұл жердегі V_0 және P_0 мәндері $T_0 = 273,15\text{K}$ - сәйкес келетін газдың бастапқы көлемі мен қысымы, ал $\alpha = 1/273,15\text{K}$. Осыларды ескерсек жоғарыдағы теңдеулер абсолют температуралар арқылы жазылған Гей-Люссак пен Шарль заңдарына айналады және

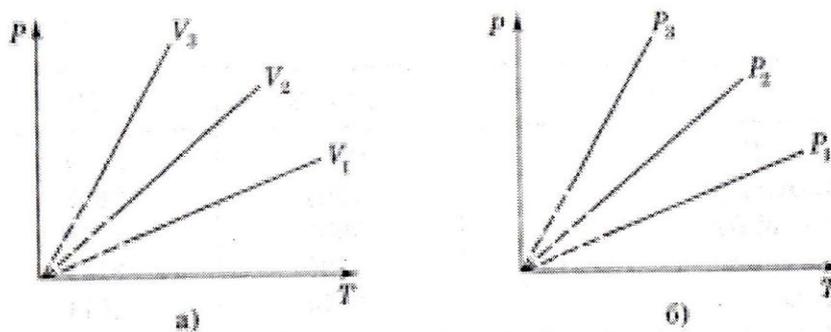
$$PV = \text{const}, P_1 V_1 = P_2 V_2 = \dots = P_n V_n$$

теңдеуімен бірге күй теңдеуінің $f(P, V, T) = 0$ жеке жағдайлары болып табылады:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}, \quad \text{яғни} \quad \frac{V}{T} = \text{const}$$

$$\text{және} \quad \frac{P_0}{T_0} = \frac{P}{T}, \quad \text{яғни} \quad \frac{P}{T} = \text{const}$$

Осы екі теңдеу изохоралық және изобаралық процестер үшін дұрыс. Бұлардың VT және PT диаграммаларында салынған графиктері абсолют нөлден басталатын әртүрлі көлемдер мен қысымдарға сәйкес түзу сызықтармен кескінделеді (төмендегі сурет).



Бұрын жасалған Цельсий, Реомюр, Фаренгейт температуралық шкалаларында реперлік нүктелер ретінде, мұздың еру және судың қайнау нүктелері алынған және бұл температуралық интервал, осы үш шкалада сәйкес 100, 80 және 180 бөліктерге бөлінген. Цельсий ($^{\circ}\text{C}$) шкаласында судың реперлік нүктелері ретінде 0 және 100, Реомюр ($^{\circ}\text{R}$) шкаласында 0 және 80, ал Фаренгейт ($^{\circ}\text{F}$) шкаласында 32 және 212 сандары алынған. Осы

шкалалардың біріне-бірі ауысуы мына формула арқылы оңай жүзеге асырылады:

$$t^{\circ}\text{C} = 0,8t^{\circ}\text{R} = (1,8t + 32)^{\circ}\text{F},$$

мысалы, $t = 20$ болса, осы шкалалар бойынша есептелген температуралар мына мәндерге теңеледі:

$$20^{\circ}\text{C} = 16^{\circ}\text{R} = 68^{\circ}\text{F}.$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі заманда білім берудің, оны дамытудың көкейкесті мәселелерін шешу нақты, ғылыми – теориялық және практикалық бағыттағы реформаны қамтамасыз ететін, білім беру жүйесін прогрессивтік және динамикалық бірлікте тұтас, интегративті дамытуды жобалау мен жасақтауды, ерекше оқу-тәрбие процесін, жоғары тиімділіктегі педагогикалық технологияның пайда болуын талап ететін дидактикалық ғылымға тікелей тәуелді. Осыған байланысты ілгері ғылыми - зерттеулердің неғұрлым өзекті де зор болашағы бар көкейкесті бағыты Өзбекстандағы өркениет дамуының қарқынына және бүкіл дүние жүзінде соңғы жылдары жүріп жатқан ірі өзгерістерге сәйкес дамуда. Ал, жақын болашақтағы Өзбекстан Республикасының дүниежүзілік процесте алатын орны оның үкіметі мен халқының Өзбекстанды материалдық емес, парасат - пайымға негізделген, әрі ғылымды мол қажет ететін материалдық өндірістері басым дамыған мемлекетке айналдыру жөнінде алдына стратегиялық мақсат қоюға бел байлауымен айқындалады. Сондықтан, мұғалімдер қауымына зор жауапкершілік, үлкен міндет жүктеледі. Мұндай міндетті шешу мұғалімдерден мектептерде оқушыларға берілетін ғылым негіздерін олардың болашақ іс-әрекетінін берік негізі әрі тірегі болатындай етіп оқытуды, оқу - тәрбие процесін, білім мазмұнын жанартумен қатар, оқытудың әдіс – тәсілдері мен әр алуан құралдарын қолданудың тиімділігін арттырудың, оқытудың жаңа технологиясын меңгеруді, педагогикалық жаңалықтарды тәжірибеге батыл енгізуді талап етеді.

Қорыта айтқанда, молекулалы-кинетикалық теория негіздері атты тақырыпты кеңінен түсінтіруге әрекет жасадым. Егер мен молекулалы-кинетикалық теория негіздері бойынша оқушылардың ойларына қозғау салып, қызықтыра білген болсам, онда көздеген мақсатқа жеткенім деп ойлаймын.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

- Н.Ильясов «Жалпы физика курсы» (Молекулалық физика және бейсызық физика) Алматы. «Білім» баспасы. 2003 жыл.
- Н.Қойшыбаев «Молекулалық физика» II – том. Алматы «Press» баспасы. 2005 жыл.
- Н.Косов, М.Саметқызы «Молекулалық физика» II – бөлім. Алматы «Рауан» баспасы. 1997 жыл.
- Г.Мякишев, Б.Б.Буховцев «Физика» 10 сынып үшін Алматы «Рауан» баспасы. 1996 жыл.