

ФИЗИКА

Жалпы орта білім беретін мектептердің
9-сыныбына арналған оқулық

Қайта өңделген және толықтырылған үшінші басылымы

Өзбекстан Республикасының Халыққа
білім беру министрлігі баспаға ұсынған

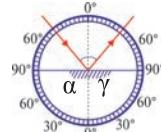
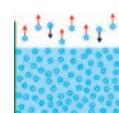
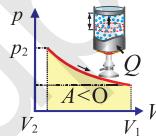
ЗАТ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ
МОЛЕКУЛА-КИНЕТИКАЛЫҚ
ТЕОРИЯСЫ НЕГІЗДЕРІ

ТЕРМОДИНАМИКА
НЕГІЗДЕРІ

ЖЫЛУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ

СҮЙІҚТЫҚ ЖӘНЕ
ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ
ҚАСИЕТТЕРИ

ОПТИКА



Фафур Ғұлам атындағы баспа-полиграфия шығармашылық үйі
Ташкент – 2019

УҮК 372.853(075)

КБК 22. 3 я 72

Ф 58

Авторлар: **П. ХАБИБУЛЛАЕВ, А. БОЙДЕДАЕВ,**
А. БАХРОМОВ, К. СУЯРОВ, Ж. УСАРОВ, М. ЙУЛДАШЕВА

Арнаулы редактор:

К. Турсунметов – физ.-мат. ғылымдарының докторы, Өзбекстан Ұлттық университеті профессоры

Пікір жазғандар:

- A.T. МАМАДАЛИМОВ** – физ.-мат. ғылымдарның докторы, ӨзР FA-ның академигі.
М. ДЖОРАЕВ – Низами атындағы ТМПУ-дің профессоры, пед.ғыл. докторы.
Ә. ХҰЖАНОВ – ТМПУ-дің “Физика және астрономияны оқыту кафедрасы” оқытушысы.
З. САНГИРОВА – РБО-ның “Анық және жаратылыстану пәндер” белімі физика пәнінің әдіскері.
В. САИДХУЖАЕВА – Ташкент облысының Піскент ауданындағы №5 мектептің физика пәні оқытушысы, Өзбекстанға енбегі сіңген халыққа білім беру қызметкері.
М. САИДОРИПОВА – Юнусабад ауданындағы №63 мектептің физика пәні оқытушысы,
Ә. ЖУМАНИЁЗОВ – Сіргелі ауданындағы №8 мектептің физика пәні оқытушысы,

Шартты белгілер

-  – назар аударындар және есте сақтаңдар
-  – сұраптарға жауап беріндер
-  – есте сактап қал
-  – жаттығуларды орындандар
-  – практикалық тапсырмаларды орындалап, дәптерге жазындар
- * – орындалуы күрделі жаттығу

Республикалық мақсатты кітап қоры қаржылары есебінен басылды.

Хабибуллаев П.

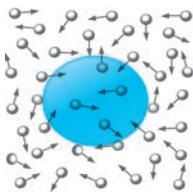
Физика. Жалпы орта білім беретін мектептердің 9-сыныбына арналған оқулық /П.Хабибуллаев [тағы басқалар]. – Т.: Faafur Fұлам атындағы баспа-полиграфия шығармашылық үйі, 2019. –176 б.

УҮК 372.853(075)

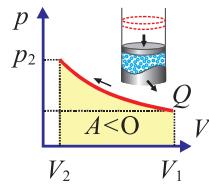
КБК 22. 3 я 72

© Faafur Fұлам атындағы баспа-полиграфия шығармашылық үйі, 2019

ISBN 978-9943-5551-5-0



МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ



Молекулалық физика мен термодинамика – физиканың бөлімдерінің бірі болып, онда дененің физикалық қасиеттері оны құрайтын өте көптеген бөлшектердің арасында болатын үдерістерге байланысты үйреніледі.

Молекулалық физика мен термодинамика үйренетін мәселелердің аясы өте кең болып, олар:

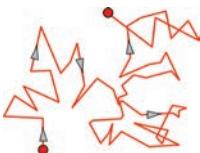
- заттардың құрылымын;
- заттың түрлі күйдегі физикалық қасиеттерін;
- заттың бір күйден басқа күйге өту заңдылықтарын;
- заттың сыртқы құбылыстарын, екі зат шекарасында болатын құбылыстарды;
- затты құрайтын бөлшектердің қозғалысын және олардың арасындағы өзара әсер ететін күштердің пайда болу себептерін үйренеді және түсіндіреді.

Молекулалық физика мен термодинамиканы үйренуде статистикалық және термодинамикалық әдістер пайдаланылады.

1. Статистикалық әдіс. «Статистика» сөзі «есептей», «жалпылау» деген мағыналарды білдіреді. Статистикалық әдісте заттағы әрбір бөлшектің қозғалысы емес, олардың қорытқы, яғни орташа қозғалысы зерттеледі. Мысалы, молекулалардың орташа жылдамдығы, кинетикалық энергиясы т.с.с. Бөлшектердің қорытқы орташа қозғалысы жеке бөлшектердің қозғалыс заңдылықтарына сүйеніп анықталады. Бұл әдіс заттың құрылымы жөніндегі молекула-кинетикалық теориясында негіз етіп алынған.

2. Термодинамикалық әдіс. «Термодинамика» сөзі «термо» — «жылу» және «динамика» — «куи», «әрекет» сөздерінен алынған. Термодинамикалық әдіс бойынша зерттеліп отырған заттың күйі температура, қысым және көлем сияқты термодинамикалық көрсеткіштер арқылы анықталады.

Молекулалық физиканы үйрену кезінде статистикалық және термодинамикалық әдістер бірін-бір толықтырады. Бұл әдістер газ, сүйық және қатты күйіндегі заттардың құрылымын және олардың ішінде болатын үдерістерді зерттеуде пайдаланылады.



I ТАРАУ ЗАТ ҚҰРЫЛЫМЫНЫң МОЛЕКУЛА-КИНЕТИКАЛЫҚ ТЕОРИЯСЫ НЕГІЗДЕРІ

1-§. ЗАТ ҚҰРЫЛЫМЫНЫң МОЛЕКУЛА- КИНЕТИКАЛЫҚ ТЕОРИЯСЫ

Біздің заманымызға дейінгі V – IV ғасырларда өмір сүрген грек ойшылы Демокрит алғаш рет зат құрылымы туралы ілімнің негізін қалаған. Демокрит табиғат құбылыстарын үйрену үшін денелердің ішкі құрылымын үйрену қажет екенін өз еңбектерінде жазған. Оның пікірінше барлық заттар ете шағын бөлшектерден құралған. Ол заттың ең шағын бөлінбейтін бөлшегін атом деп атағаны туралы мәліметпен сендер б-сыныпта танысқансындар.



Заттың құрылымы мен қасиеттерін оны құрайтын молекулалар қозғалысына және молекулалар арасындағы өзара әсерлесу күшінің бар екеніне сүйеніп зерттейтін теория молекула-кинетикалық теория (МКТ) деп аталады.

Зат құрылымының молекула-кинетикалық теориясы XVIII ғасырдан үздіксіз түрде теория ретінде дамыды. Молекула-кинетикалық теорияның дамуына орыс ғалымдары М.В.Ломоносов, Д.И.Менделеев, ағылшын ғалымдары Д.Дальтон, Дж.Максвелл, неміс ғалымы О.Штерн, австриялық физик Л.Больцман, итальян ғалымы А.Авогадро, тағы басқалар үлестерін қости.

Молекула-кинетикалық теория тәжірибемен дәлелденген үш ережеге негізделеді:



- 1. Заттар бөлшектерден — атомдар мен молекулалардан құралған.**
- 2. Атомдар мен молекулалар үздіксіз әрі тәртіпсіз қозғалады.**
- 3. Атомдар мен молекулалар арасында өзара тартылу және тебілу күштері бар.**

Бұл ережелер тәмендегі практикалық мысалдарда айқын көрінеді.

1. Бөлменің бір шетіне этір себілсе, оның ісі бөлменің басқа жеріне де жетіп барады. Бұл иіс этір молекулаларынан құралған. Этір молекулалары бөлмені бойлап үздіксіз әрі тәртіпсіз қозғалысының нәтижесінде таралады. Этірдің ісі бізге жетіп келгенше белгілі уақыт өтеді. Мұның себебі сол, этір молекулалары өз жолында аудағы сансыз көп молекулалармен соқтығысады және өзінің қозғалыс бағытын көп рет өзгертеді.

2. Стакандағы суға бір шайқасық сүт күйсақ, су мен сүт лезде араласып кетпейді (1-а сурет). Олардың араласуы үшін белгілі уақыт қажет болады (1-б сурет).

Су мен сүттің өзара араласуы олар бөлшектерден тұратынын және осы бөлшектер үздіксіз және тәртіпсіз қозғалыс жасайтынын көрсетеді. Араласу үшін біраз уақыттың қажеттігі бөлшектер өзара әсерлесе қозғалатынын көрсетеді.

3. Алтын және қорғасын металдардың бетін жылтыратып, бірінің үстіне бірін орналастырып, олардың үстіне ауыр жүк қойылған (2-а сурет). Бес жылдан соң металдардың үстіндегі жүк алынғанда, олардың біріне-бірі жабысып қалғаны байқалған. Алтын атомдары қорғасынның ішіне, қорғасын атомдары алтынның ішіне шамамен 1 мм-ге еніп кеткен (2-б сурет). Ал бұл алтын мен қорғасын заттарының араласуы қатты денелердің де бөлшектерден құралғанын білдіреді. Қатты дene бөлшектерінің баяу араласуы металл бөлшектерінің өзара әсерлесу күші сұйықтықпен немесе газбен салыстырғанда күшті екенін көрсетеді.

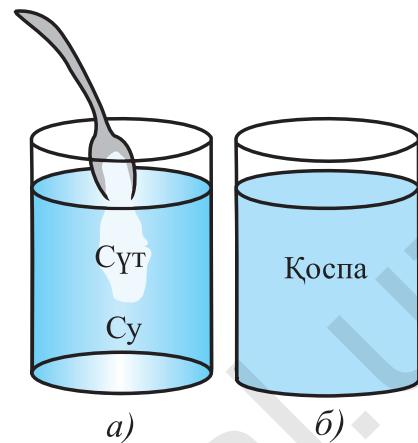
Броун қозғалысы

Заттағы молекулалардың тәртіпсіз қозғалысын дәлелдейтін тәжірибелі ағылшын ботанигі Роберт Броун 1927 жылы байқаған. Броун судың үстіне өсімдік гүлінің тозацын (спора-тұқымын) сеуіп, оны микроскопта бақылайды. Броун гүл тозаңының су үстіндегі тынымсыз және тәртіпсіз қозғалысын көріп, оны қандай да бір ұсақ жәндік деп ойлады. Қозғалып жатқан заттың не екенін және осы қозғалыстың себебін анықтау үшін Броун бірнеше тәжірибе өткізген. Ол тәжірибелері негізінде табиғатта бөлшектердің үздіксіз және тәртіпсіз (хаотикалық) қозғалатынын анықтаған. Мұндай қозғалыс ғылымда Броун қозғалысы деген атқа ие болды.

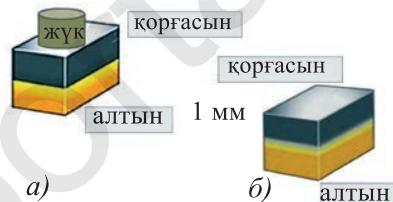


Сұйықтық немесе газдағы бөлшектің тоқтаусызы және тәртіпсіз қозғалысы хаотикалық қозғалыс деп аталады.

“Хаотикалық” сөзі латынның “*haos*” сөзінен алынып, “*tərtiçiz*” деген мағынаны білдіреді. Броун қозғалысының пайда болу себебі зат құрылымының молекула-кинетикалық теориясы негізінде төмендегідей түсіндіріледі. Броун қозғалысының молекула-кинетикалық теориясын 1905 жылы Альберт Эйнштейн жаратқан. Сұйықтықта тұрған гүл тозаңына (Броун бөлшегіне) зат молекулалары үздіксіз және тәртіпсіз

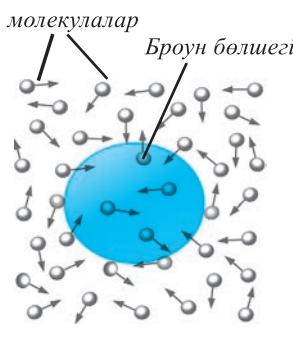


1-сурет.

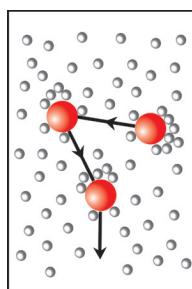


2-сурет.

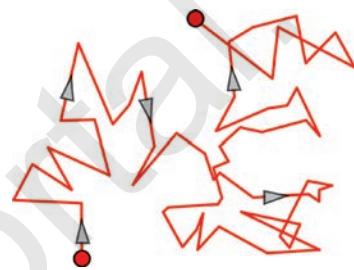
соғылып тұрады. Егер Броун бөлшегінің өлшемі 1 микрометрден үлкен болса, оған әр жақтан соғылған молекулалардың соқтығысы күштері бөлшекті қозғалысқа келтіре алмайды (3-сурет). Броун бөлшегінің өлшемі 1 нанометр шамасында болса, оған бір жағынан соғылып жатқан молекулалардың саны, басқа жағынан соғылып жатқан молекулалардың санынан ерекшеленеді. Броун бөлшегіне әсер ететін қорытқы күш бөлшекті қозғалысқа келтіреді (4-сурет). Демек, Броун қозғалысы қандай да бір ортада еркін тұрған бөлшекке осы орта молекулаларының тоқтаусыз соқтығысының нәтижесінде туындайды.



3-cypr.



4-cypr.



5-cypet.

Зат құрылымын үйрену бойынша зерттеулерде Броун қозғалысының ашылуы үлкен маңызға ие болды. Броун қозғалысы молекулалардың тәртіпсіз қозғалысынан тыс, заттың молекулалардан күралғанын да дәлелдеді.

Броун қозғалысын француз физигі **Жан Перрен** тәжірибеде үйреніп, хаотикалық қозғалыс жасап жатқан бөлшектің тең уақыт аралығындағы күйін суретке түсіреді. Мұнда Броун бөлшегінің траекториясы 5-суретте көрсетілгеніндегі ұзындығы түрліше сынық сзықтардан тұрады. 1926 жылы Ж.Перренге заттың молекулалардан құралғанын тәжірибе негізінде дәлелдегені үшін Нобель сыйлығы берілді.



Броун қозғалысы үздіксіз және тәртіпсіз қозғалыстан қуалған.

Броун қозғалысы траекториясы күрделі сынық сзықтардан тұрады.

Броун қозғалысы бөлшектің өлшеміне байланысты.



1. Қандай тәжірибелер зат құрылымының молекула-кинетикалық теориясының негізгі ережелерін дәлелдейді?
 2. Броун қозғалысының пайда болу себебін түсіндіріңдер.
 3. Не үшін екіге бөлінген пластилинді бір-біріне біріктіруге болады, бірақ екіге бөлінген қаламның бөліктерін бір-біріне қайта біріктіруге болмайды?
 4. Қатты денелердің де бөлшектері үздіксіз және тәртіпсіз қозғалады. Неге қатты денелер ыдырап кетпейді?



Броун қозғалысын бақылау. Кешкісін жатын бөлмендегі шамды өшіріп, қол шамның көмегімен нұр сәулесін пайда етіндер. Қандай да бір матаны нұр сәулесінің бағытына сілкітіндер. Жарық бағытында аудағы тозаң бөлшектерінің үздіксіз және тәртіпсіз қозғалысы көрінеді. Қорытынды пікірінді жаз.



Механикалық модель негізінде молекулалардың тәртіпсіз қозғалысын көрсету.

Қажетті жиһаздар: ақ және қара түстегі шарлар, тәрелка, фломастер.

Мақсат: молекулалар тәртіпсіз қозғалады деген гипотезаны механикалық модель негізінде үйрену.

1. Молекула моделі ретінде ақ және қара түстегі шарларды аламыз. Мысалы, шамамен 20-дан аламыз.

2. Түбі тегіс шүңғырлау ыдыс алындар (мысалы, тәрелка).

3. Үйдистың ішкі жағын фломастермен сызып, теңдей екіге бөліндер.

4. Үйдистың бірінші жартысына ақ түстегі шарларды, екінші жартысына қара түстегі шарларды салындар (6-а сурет).

5. Үйдисты сілкітіп оның ішіндегі шарларды қозғалысқа келтір және ыдыс ішіндегі шарлардың орналасуын бақылап (6-б сурет), өз қорытынды пікірінді жаз.



6-сурет.

2-§. МОЛЕКУЛАНЫҢ МАССАСЫ МЕН ӨЛШЕМІ

Молекулалар

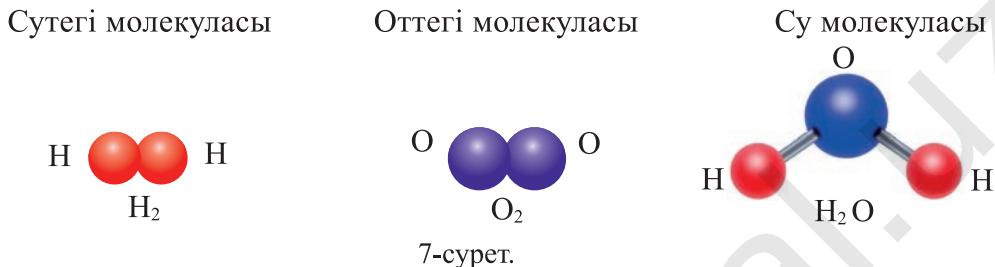
Заттар шағын бөлшектерден — молекулалар мен атомдардан тұратынын біліп алдындар.



Заттың химиялық қасиетін өзінде сақтап қалатын ең кіші бөлшегі молекула деп аталады.

Молекула бірдей немесе әр түрлі химиялық элементтердің бірнеше атомынан құралады. Металдар мен инертті газдар табиғатта атом күйінде кездеседі. Металл және инерт газдардан басқа заттардың молекуласы ең кемі екі атомнан құралған болады. Мысалы, сутегі газы сутегі (H_2) молекула-

ларынан, ал әрбір сутегі молекуласы 2 сутегі (H) атомынан құралған. Аудағы оттегі заты оттегінің (O_2) молекулаларынан, әрбір оттегі молекуласы 2 оттегі (O) атомынан құралады. Су заты су (H_2O) молекулаларынан құрлаған. Әрбір су молекуласы 2 сутегі (H) және 1 оттегі (O) атомынан құралған (7-сурет).



Молекулалардың өлшемі

Молекулалар өте шағын болғандықтан оларды көзben көруге болмайды. Бірақ осы көзге көрінбейтін, өте кішкентай бөлшектер бірігіп, біз көре алатындағы денелер мен заттарды пайда етеді. Молекулалардың өлшемі қандай? Олардың өлшемін анықтауға бола ма?

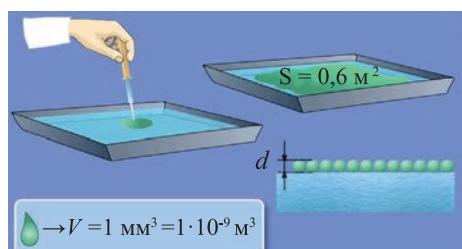
Молекуланың өлшемін анықтау мүмкіндігін беретін көптеген әдіс бар. Мұндай әдістің бірі, зәйтүн майы тамшысының судың бетіне жайылуын көрейік. Егер ыдыс үлкен болса, май қабаты судың бетін толық қаптамайды (8-сурет). Көлемі 1 mm^3 зәйтүн майының тамшысы су бетінде шамамен $0,6 \text{ m}^2$ ауданды иеленеді. Май тамшысы судың бетіне ең үлкен ауданға жайылғанда май қабатының қалындығын бір молекула диаметріне жуық деп көз алдымызға келтіруге болады. Демек, май қабатының қалындығын анықтап, молекула өлшемін шамамен есептеуге болады.

Май қабатының қалындығын төмендегідей анықтаймыз. Май қабатының көлемі V , оның жайылған ауданы S мен қалындығы d -ның көбейтіндісіне тең:

$$V = S \cdot d. \quad (1)$$

Бұл тендіктен май қабатының қалындығы, яғни зәйтүн майы молекуласының диаметрі төмендегігে тең болады:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{1 \text{ mm}^3}{0,6 \text{ m}^2} = \frac{10^{-9} \text{ m}^3}{0,6 \text{ m}^2} \approx 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$



8-сурет.

Мұндай өлшемдегі молекуланы ең күшті оптикалық микроскопта да көруге болмайды. Өлшеуден алғынған нәтижелер негізінде біз атомды радиусы 10^{-10} m -ға жуық болған шар көрінісінде көз алдымызға келтіруімізге болады. Молекулалар бірнеше атомдардан құралғаны үшін олардың

диаметрінен үлкендеу болады. Мысалы, сутегі молекуласының диаметрі $d \approx 2,3 \cdot 10^{-10}$ м, су молекуласының диаметрі $d \approx 3 \cdot 10^{-10}$ м -ге тең.

Бұл өлшемдердің титтейлігі соншалықты, оларды көз алдымызға келтіру қыын. Мұндай жағдайды көз алдымызға келтіру үшін өзара салыстыру жәрдем береді. Мысалы, егер молекуланы алмадай етіп үлкейтсе, осылай үлкейтілген алма Жер шарында болады. Тағы бір салыстыру: егер табиғаттағы барлық нәрсе 10⁸ есе үлкейтілсе, бойы 1 м болған баланың бойы 100 000 км-ге жетеді.

Қазіргі күнде арнаулы құрылғылардың көмегімен жеке атомдар мен молекулардың орналасу бейнесін және олардың өлшемін анық өлшеу мүмкіндігі бар. Мұндай заманауи құрылғылардың бірі **туннельді микроскоп** (9-сурет) болып, оны 1980-жылдарда атақты IBM¹ фирмасының қызметкерлері жаратқан (ашқан осы жаңалығы үшін Герд Биннинг мен Генрих Рорерге 1986 жылы Нобель сыйлығы берілген). Туннельді микроскоп өлшемді 100 миллион рет үлкейту мүмкіндігіне ие. Ал бұл атом өлшемін өте үлкен анықтықпен өлшеу мүмкіндігін береді. Туннельді микроскоп көмегімен сутегі атомының диаметрі $1,4 \cdot 10^{-10}$ м-ге тең екені, тағы басқа да атомдардың өлшемдері анықталған. Туннельді микроскоп көмегімен затты құрайтын бөлшектің алынуы, заттың атомдар мен молекулалардан құралатынына сенім пайда болды.

Молекуланың массасы

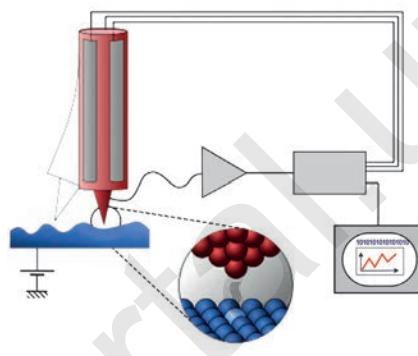
Молекуланың өлшемі туралы мәліметтерді пайдаланып, олардың массасын есептейміз. Айталық, су молекуласының диаметрі шамамен $d \sim 3 \cdot 10^{-10}$ м болса, онда оның көлемі де шамамен $V \sim d^3 = (3 \cdot 10^{-10} \text{ м})^3$ -ге тең болады. Су молекулалары біріне-бірі тығыз тіреліп тұрады деп, 1 м³ судағы молекулалардың санын есептейміз:

$$N = \frac{1 \text{ м}^3}{(3 \cdot 10^{-10} \text{ м})^3} \approx 3,7 \cdot 10^{28} \text{ м.}$$

1 м³ судың массасы 1000 кг-ға тең екенінен су молекуласының массасын есептейміз:

$$m_0 = \frac{1000 \text{ кг}}{3,7 \cdot 10^{28}} \approx 2,7 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

¹ IBM (Internasional Business Machines) бағдарламалумен қамтамасыз ету бойынша Америкадағы ірі компания.



9-сурет.

Есептеу нәтижесіне орай, су молекуласының массасы өте кіші екені көрініп түр. Атомдардың (молекулалардың) өлшемдері қаншалықты кіші болса да, олардың массасы анықталған. Мысалы, су молекуласының массасы $m_{H_2O} \approx 2,7 \cdot 10^{-26}$ кг, оттегі молекуласы $m_{O_2} \approx 5,32 \cdot 10^{-26}$ кг, көміртегі атомы $m_C \approx 1,992 \cdot 10^{-26}$ кг, сынап атомы $m_{Hg} \approx 3,337 \cdot 10^{-25}$ кг -ға тең екен.

Салыстырмалы атомдық (молекулалық) масса

Жоғарыда заттың құрайтын молекулалардың массасы өте кішкентай екені айтылды. Бірақ, мұндай кішкентай массаны таразыда өлшеуге болмайды. Сол себепті атомның массасын өрнектеу үшін арнаулы **массаның атомдық бірлігі (u)**² ұғымы енгізілген. Халықаралық келісімдерге орай, барлық заттың атомдарының массасын $^{12}_6C$ көміртегі атомы массасының $1/12$ бөлігімен салыстыру қабылданған:

$$m_{0C} \cdot \frac{1}{12} = 1,992 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \frac{1}{12} \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Демек,

$$1u \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$



Берілген зат атомдық массасының (m_0) көміртегі атомдық массасының (m_{0C}) $1/12$ бөлігімен салыстырылуына, осы заттың салыстырмалы атомдық массасы делінеді.

Анықтамаға орай салыстырмалы атомдық масса төмендегідей есептеледі:

Салыстырмалы атомдық масса = $\frac{\text{Элементтің бір атомдық массасы}}{\text{Көміртегі атомдық массасының } 1/12 \text{ бөлігі}}$
немесе

$$A_n = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}. \quad (2)$$

(2) формулаға орай оттегі атомының салыстырмалы атомдық массасы:

$$A_n = \frac{2,66 \cdot 10^{-26} \text{ кг}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 16u.$$

² “unit” – ағылшын тілінде – “unified mass unit” – массаның атомдық бірлігі

Салыстырмалы атомдық масса өлшемсіз шама. Барлық химиялық элементтің салыстырмалы атомдық массасы Д.И.Менделеевтің химиялық элементтер периодтық жүйесінде берілген. Күрделі зат молекулалының салыстырмалы молекулалық массасын табу үшін оның құрамындағы элементтердің салыстырмалы атомдық массаларын қосу керек. Мысалы, су (H_2O) молекуласының салыстырмалы молекулалық массасын табу үшін екі сутегі атомының салыстырмалы массасына бір оттегі атомының салыстырмалы массасын қосамыз, яғни: $M_{H_2O} = 1 \cdot 2 + 16 = 18$ ү.

Есеп шығару үлгісі

Бір су молекуласының массасы $3 \cdot 10^{-26}$ кг-ға тең болса, 12 см^3 суда қанша молекула бар?

Берілгені:

$$m_0 = 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

$$V = 12 \text{ см}^3 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

Табу керек:

$$N = ?$$

Формуласы:

$$m = \rho \cdot V; \quad N = \frac{m}{m_0};$$

$$N = \frac{\rho \cdot V}{m_0}.$$

$$[N] = \frac{\text{КГ}}{\text{КГ}} = \text{өлшемсіз}.$$

Шешуі:

$$N = \frac{10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-26}} = 4 \cdot 10^{23}$$

Жауабы: $N = 4 \cdot 10^{23}$.



1. Молекуланың анықтамасын айтып, мысалдармен түсіндір.
2. Молекуланың өлшемін қалай анықтауға болады?
3. Атом мен молекуланың өлшемі қандай тәртіпте болады?
4. Массаның атомдық бірлігі етіп қандай шама алынған?
5. Заттың салыстырмалы молекулалық массасы қалай анықталады?



1. Массасы 2,4 кг болған көмірде қанша көміртегі атомы бар екенін есепте. Көміртегі атомының массасын $2 \cdot 10^{-26}$ -ға тең деп алындар.
2. Қөлемі $0,2 \text{ мм}^3$ болған май судың бетіне жайылып, шамамен $0,8 \text{ м}^2$ ауданда жұқа қабат пайдада етті. Май молекулалары су бетінде бір қабат болып тегіс жайылған деп, май молекуласының сзыбықты өлшемін анықта.
3. Бір су молекуласының массасы $3 \cdot 10^{-26}$ кг. Қөлемі 5 см^3 болған суда қанша су молекуласы бар?
- 4*. Ыдыстағы суда 10^{24} су молекуласы бар болса, судың қөлемі қандай? Су молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ -ге тең деп алындар.
- 5*. Май молекуласының диаметрі шамамен $2,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ болса, 35 см^3 майда қанша май молекуласы бар екенін анықта.

6. Кестені толтыр.

№	Зат	Химиялық формуласы	Салыстырмалы молекулалық массасы(u)
1	Азот		
2	Озон		
3	Ас тұзы		
4	Метан газы		
5	Карбонат ангидрид		

3-§. ЗАТ МӨЛШЕРИ

Зат мөлшері

Макроскопиялық («makro» – сөзі грекше «үлкен» деген мағынаны береді) деңенің құрамында атомдар (немесе молекулалар) өте көп болғандықтан олардың санын массасы 12 г болған көміртегі затындағы атомдардың санымен салыстыру қабылдаған.



1 моль – заттың сондай мөлшері, ондағы атомдар (молекулалар) саны 12 г көміртегідегі атомдардың санына тең.

Бұл анықтамадан барлық заттардың 1 моль мөлшердегі молекулалары (атомдары) саны өзара тең деген қорытынды шығады. ХБЖ-да зат мөлшерін «мольда» өрнектеу қабылданған. Зат мөлшері v (ню) әрпімен белгіленеді.

Авогадро тұрақтысы

Мөлшері 1 моль болған заттағы молекулалар санын итальян ғалымы Амедео Авогадроның құрметіне **Авогадро тұрақтысы** деп атайды және оны N_A деп белгілеу қабылданған.



Авогадро тұрақтысы фундаментальды физикалық шама болып, оның сандық мәні $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹-ға тең.

Егер зат мөлшері v -ға тең болса, ондағы молекулалар саны төмендегідей анықталады:

$$N = v \cdot N_A. \quad (1)$$

Зат мөлшерін табу үшін зат құрамындағы молекулалар санын Авогадро санына бөлу керек, яғни

$$v = \frac{N}{N_A}. \quad (2)$$

Мольдік масса



Мөлшері бір моль болған заттың массасы мольдік масса деп аталады және M әрпімен белгіленеді.

Бұл анықтамаға орай, заттың мольдік массасы оның бір молекуласының массасы мен Авогадро тұрақтысының көбейтіндісіне тең, яғни:

$$M = m_0 N_A. \quad (3)$$

Мольдік массаның бірлігі етіп кг/моль қабылданған. (3) формулаға орай зат молекуласының массасын есептеуге болады:

$$m_0 = \frac{M}{N_A}. \quad (4)$$

Демек, әрқандай зат молекуласының массасын анықтау үшін оның мольдік массасын Авогадро тұрақтысына бөлу керек.

Салыстырмалы молекулалық масса $M_n = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}$ өрнегінен m_0 -ді тауып, оны (3) формулаға койсақ, $M = \frac{1}{12} m_{0C} \cdot M_n \cdot N_A$ өрнегі пайда болады. Енді осы формулаға көміртегінің атомдық массасы мен Авогадро тұрақтысының сандық мәнін қойып ықшамдаса төмендегі байланыс пайда болады:

$$M = M_n \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \quad \text{немесе} \quad M = M_n \text{ г/моль.}$$

Демек, мольдік масса салыстырмалы молекулалық массаға сан тұрғысынан тең етіп грамм есебінде алынған масса екен. Менделеев периодтық жүйесі негізінде әрқандай зат молекуласының салыстырмалы молекулалық массасын анықтауға болады. Мысалы: карбонат ангидриді газының молекуласы (CO_2) үшін салыстырмалы молекулалық масса $M_{\text{CO}_2} = 44$ г-ға тең, онда карбонат ангидриді (CO_2) үшін салыстырмалы мольдік масса $M = 44$ г/моль-ға тең.

Молекулалар саны

Кез келген заттың массасын табу үшін оны құрайтын молекулалар санын бір молекуланың массасына көбейту керек, яғни:

$$m = m_0 N. \quad (5)$$

(4) теңдікті (5) формулаға қойсақ, төмендегі формула пайда болады:

$$m = \frac{M}{N_A} N. \quad (6)$$

(1) формуланы ескерсе (6) формуладан төмендегі формула пайда болады:

$$V = \frac{m}{M}. \quad (7)$$

Онда (1) теңдікті (7) формулаға орай жазамыз:

$$N = \frac{m}{M} N_A. \quad (8)$$

Бұл формулаға орай массасы анық болған әрқандай түрдегі заттағы молекулалар (немесе атомдар) санын анықтауға болады.

Молекулалар концентрациясы



Көлем бірлігіндегі молекулалар саны зат молекулаларының концентрациясы деп аталады және n әрпімен белгіленеді.

Анықтамаға орай, зат молекулаларының концентрациясы төмендегідей анықталады:

$$n = \frac{N}{V}, \quad (9)$$

мұнда N – ыдыстағы молекулалардың саны, V – ыдыс көлемі.

Зат молекулаларының концентрациясы Халықаралық бірліктер жүйесінде $[n] = \text{м}^{-3}$ бірлігімен өлшенеді.

(9) формуладағы N -ның орнына (8) формуланы қойып зат молекулаларының концентрациясын анықтаудың тағы бір формуласы пайда етіледі:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{1}{V} \cdot \frac{m}{M} N_A = \frac{\rho}{m_0}. \quad (10)$$

Бұл формуладан заттың тығыздығын анықтаудың тағы бір формуласы шығады, яғни $\rho = n \cdot m_0$.

Есеп шығару үлгісі

1-есеп. Көлемі 54 см^3 болған судағы молекулалардың санын анықта.

Берілгені:

$$V = 54 \text{ см}^3$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3$$

$$M = 18 \text{ г/моль}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Табу керек:

$$N = ?$$

Формуласы:

$$m = \rho \cdot V; \quad N = \frac{m}{M} N_A.$$

$$[m] = \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot \text{см}^3 = \text{г}.$$

$$[N] = \frac{\text{г}}{\text{г/моль}} \cdot \frac{1}{\text{моль}} = 1$$

Шешуі:

$$m = 54 \cdot 1 \text{ г} = 54 \text{ г.}$$

$$N = \frac{54}{18} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,806 \cdot 10^{24}.$$

Жауабы: $N = 1,806 \cdot 10^{24}$.

2-есеп. 136 моль сынап қанша көлемді иеленеді? Сынаптың тығыздығы 13,6 г/см³, мольдік массасы 200 г/моль.

Берілген:

$$v = 136 \text{ моль}$$

$$\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$M = 200 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Табу керек:

$$V = ?$$

Формуласы:

$$v = \frac{m}{M}; \quad m = v \cdot M.$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{v \cdot M}{\rho}.$$

$$[V] = \frac{\text{МОЛЬ} \cdot \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}}{\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}} = \text{М}^3.$$

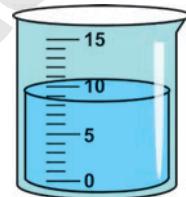
Шешуі:

$$V = \frac{136 \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{13,6 \cdot 10^3} \text{ м}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Жауабы: $V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 2 \text{ л.}$



- Заттың мөлшері дегеніміз не?
- Авогадро тұрақтысының сандық мәнін айт және оны түсіндіріп бер.
- Мольдік масса деп қандай шаманы айтады? Озон, карбонат ангириді және метан газы үшін мольдік масса неге тең?
- Заттағы молекулалардың саны қалай анықталады?
- Ідистағы су молекулаларының концентрациясын қалай анықтайсың (10-сурет)? Ідистың өлшем дәрежесі мл-де берілген.



10-сурет.



- Массасы 270 г судағы зат мөлшерін анықта.
- Мөлшері 8 моль карбонат ангирид (CO_2) газының массасын тап.
- Массасы 7 г азоттың (N_2) құрамындағы молекулалардың санын анықта.
- Заттың мольдік массасы 36 г/моль-ге тең болса, осы заттың бір молекуласының массасын анықта.
- Кестені толтыр.

№	Заттың түрі	Химиялық формуласы	Мольдік массасы (г/моль)	Молекуланың массасы (г)
1	Ас тұзы	NaCl		
2	Озон	O_3		
3	Азот	N_2		
4	Метан газы	CH_4		

- Бір газ молекуласының массасы $7,33 \cdot 10^{-26}$ кг-ға тең. Осы газдың мольдік массасын анықта.

4-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Ұзындығы 15 см және көлденең қимасының ауданы 4 мм² болған графит қаламда қанша көміртегі атомы бар екенін анықта? Графиттің тығыздығы 1,6 г/см³. Бір көміртегі атомының массасы $2 \cdot 10^{-26}$ кг-ға тең.

Берілгені:	Формуласы:	Шешуі:
$l = 15 \text{ см} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $S = 4 \text{ мм}^2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ $\rho = 1,6 \text{ г/см}^3 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ $m_0 = 2 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$	$V = S \cdot l, \quad m = \rho \cdot V$ бұдан: $m = \rho \cdot S \cdot l.$ $N = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho \cdot S \cdot l}{m_0}.$	$N = \frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-26}} =$ $= 4,8 \cdot 10^{22}.$
Табу керек: $N = ?$	$[N] = \frac{\text{кг}}{\text{кг}} = 1$	Жауабы: $N = 4,8 \cdot 10^{22}.$

2-есеп. Көлемі 5 л ыдысқа 140 г массалы азот газы салынған. Ідистағы газ молекулаларының концентрациясын анықта.

Берілгені:	Формуласы:	Шешуі:
$V = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $m = 140 \text{ г} = 0,14 \text{ кг}$ $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$	$N = \frac{m}{M} \cdot N_A;$ $n = \frac{N}{V}, \quad [n] = \frac{1}{\text{м}^3}.$	$N = \frac{0,14}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{24} \text{ .}$ $n = \frac{3 \cdot 10^{24}}{5 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^{26} \frac{1}{\text{м}^3}.$
Табу керек: $n = ?$		Жауабы: $n = 6 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}.$

3-есеп. Сыртқы ауданы 20 см² бүйімға 1,5 μm қалындықта күміс қабат қапталды. Қабатта қанша күміс атомы бар екенін анықта. Күмістің тығыздығы $10,5 \cdot 10^3$ кг/м³, мольдік массасы 108 г/моль-ге тең.

Берілгені:	Формуласы:	Шешуі:
$S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ $h = 1,5 \mu\text{m} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ $\rho = 10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ $M = 108 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$	$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h,$ $v = \frac{m}{M}, \quad N = v \cdot N_A$ $N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\rho S h}{M} \cdot N_A.$	$N = \frac{10,5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}}{108 \cdot 10^{-3}}$ $\cdot 6 \cdot 10^{23} = 1,75 \cdot 10^{20}.$
Табу керек: $N = ?$	$[N] = \frac{\text{кг}}{\text{кг/моль}} \cdot \frac{1}{\text{моль}} = 1$	Жауабы: $N = 1,75 \cdot 10^{20}.$

1. Массасы 81 г бұйым алюминийден жасалған. Бұйымда қанша алюминий атомы бар?
2. $4 \cdot 10^{24}$ темір атомы бар заттың массасы қандай?
3. Ідистағы газдың массасы 5,5 кг-ға тең. Ідиста $7,5 \cdot 10^{25}$ газ молекуласы бар болса, бұл газдың түрін анықта.
4. Ідиста массасы 72 г су бар. Ідистағы су молекулаларының концентрациясын анықта.
5. Көлемі 6 см^3 алмастағы атомдардың санын анықта. Алмастың тығыздығы 3500 $\text{кг}/\text{м}^3$ және мольдік массасы 12 $\text{г}/\text{моль}$.
6. Зат мөлшері 200 моль мысттан қалындығы 2 мм тегіс мыс пластинкасы жасалған. Мыстың тығыздығы 8900 $\text{кг}/\text{м}^3$ және мольдік массасы 64 $\text{г}/\text{моль}$.
7. Заттың тығыздығы 5 $\text{г}/\text{см}^3$ болса, толық сыртының ауданы 24 см^2 кубтың массасы қанша болады?
8. Зат мөлшері 34 моль сынап қанша көлемді иелейді? Сынаптың тығыздығын 13,6 $\text{г}/\text{см}^3$, мольдік массасын 200 $\text{г}/\text{моль-ға}$ тең деп алындар.
9. 10 л көлемдегі ыдиста 1,6 кг массалы оттегі бар. Ідистағы газ молекулаларының концентрациясын анықта.
- 10*. Су молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-10}$ м деп, 3 г судағы барлық молекулалар біріне-бірі тығыз етіп бір қатарға орналастырылса, қандай ұзындық пайда болатынын есептеп шығар. Бұл ұзындықты Жерден Айға дейінгі қашықтықпен ($3,84 \cdot 10^5$ км) салыстыр.
- 11*. Ідистағы суда $3 \cdot 10^{24}$ су молекуласы бар болса, судың көлемі қандай? Су молекуласының диаметрі $3 \cdot 10^{-10}$ м-ге тең.
- 12*. Май молекуласының диаметрі шамамен $2 \cdot 10^{-10}$ м-ге тең болса, 24 см^3 майда қанша май молекуласы бар екенін анықта.
13. Қандай да бір зат молекуласының диаметрі фотосуретте 0,5 мм-ге тең. Егер фотосурет электронды микроскоптың көмегімен 200 000 есе үлкейтілген болса, бұл зат молекуласының ақиқат диаметрі қанша?
14. Не үшін өрттен шығатын тұтін жоғарыға көтерілген сайын, тіпті жел болмаса да көзге көрінбей кетеді?
15. Неліктен сынған шыны немесе қыш ыдисты желімдемесе оларды бүтін күйге келтіруге болмайды? Дене молекулаларының арасында тартылу күші бар ғой.

5-§. ИДЕАЛ ГАЗ

Идеал газ

Сиретілген газда молекулалар арасындағы қашықтық олардың өлшемдерінен өте үлкен болады. Мұндай жағдайда молекулалар арасындағы өзара әсерлесу күштерін ескерілмейтін дәрежеде кіші деп санауға болады. Газды құрайтын молекулалардың арасындағы қашықтық үлкен болғандықтан газ молекуласының жеке көлемі ескерілмесе де болады. Сондықтан газ молекуласына материалдық нүктө деп қаралады. Сол үшін сирек газға шартты түрде идеал газ деп қарауға болады.



Идеал газ – молекулалары материалдық нүктө деп қарастырылатын және олардың арасындағы өзара әсерлесу күштері ескерілмейтін дәрежеде кіші болған газ.

Табиғатта бұткіл идеал газ кездеспейді. Барлық газдар – нақты газдар. Өйткені олардың молекулалардың арасында аз да болса өзара әсерлесу күштері бар.

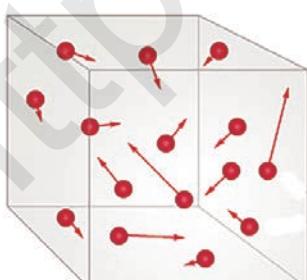


Қасиеттері молекулаларының өзара әсерлесуіне байланысты болған газ нақты газ деп аталады.

Сирек газдың қасиеттері біз көз алдымызға келтіретін идеал газдың қасиеттеріне жуықтау болған газ. Молекулаларының кинетикалық энергиясы олардың өзара әсерлесу потенциалдық энергиясынан біршама үлкен болғандықтан мұндай газды идеал газ деп санауға болады.

Идеал газдың қысымы

Жабық ыдыста газ бар деп ойлайық. Үйдистағы газдың әрбір молекуласы хаотикалық қозғалып, ыдыс қабырғасына соғылады. Әрбір соқтығысу кезінде олар ыдыс қабырғасына белгілі бір күшпен әсер етеді. Бір молекуланың әсер ету күші өте төмен. Көп санды молекуланың қабырғаға дерлік үздіксіз соқтығысынан қабырға бетінде қысым күші пайда болады (11-сурет).



11-cypet.

$$\overline{v^2} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

қозғалыс жылдамдығы орташа квадраттық жылдамдығы арқылы өрнектеледі. Молекуланың орташа квадраттық жылдамдығы төмөндегі өрнек арқылы анықталады, яғни:

Газдың қысымы газ молекулаларының ыдыс қабырғасына соқтығысы нәтижесінде оған ($m_0 \bar{v}$) импульс беруі себепті пайда болады. Газдың қысымы ыдыс қабырғасына соғылған молекулалар санына, молекуланың массасы мен молекула қозғалысының орташа квадраттық жылдамдығына тәуелді болады. Ал бірлік уақыттың ішінде ыдыстың қабырғасына соғылып жатқан молекулалар саны газ молекулалары концентрациясына тұра пропорционал. Газ молекулаларының беретін қысымын есептеу үшін төмендегі формула келтірілген:

$$p = \frac{1}{3} n m_o \bar{v}^2. \quad (1)$$

Мұнда n – газ молекулаларының концентрациясы, m_0 – бір молекуланың массасы, \bar{v}^2 – молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы.

(1) өрнектің оң жағының алымы мен бөлімін 2-ге көбейтіп, кинетикалық энергия $\bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$ екенін ескерсек, (1) өрнек мынадай қорініске келеді:

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} \quad \text{немесе} \quad p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k. \quad (2)$$



Газ қысымы қөлем бірлігіндегі молекулалардың кинетикалық энергиясының орташа мәніне тұра пропорционал.

(1) өрнектегі $n \cdot m_0$ көбейтінді газ тығыздығын бергені үшін (1) өрнекті төмендегідей жазуға болады:

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2. \quad (3)$$

(1), (2) және (3) өрнектер газдардың молекула-кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі деп аталады.

Есеп шығару үлгілері

1-есеп. Идеал газдың тығыздығы 1,5 кг/м³ және қысымы 180 кПа болса, газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы қандай болады?

Берілгені: $\rho = 1,5 \text{ кг/м}^3$ $p = 180 \cdot 10^3 \text{ Па.}$ Табу керек: $\bar{v} = ?$	Формуласы: $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2; \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$ $[\bar{v}] = \sqrt{\frac{\text{Па}}{\text{кг/м}^3}} = \sqrt{\frac{\text{Н/м}^2}{\text{кг/м}^3}} =$ $= \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м/с}^2}{\text{кг/м}}} = \text{м/с.}$	Шешуі: $\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 180 \cdot 10^3}{1,5}} \text{ м/с} = 600 \text{ м/с.}$ Жауабы: $\bar{v} = 600 \text{ м/с.}$
---	--	--

2-есеп. Егер газдың қысымы 120 кПа, молекулалардың концентрациясы $5 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ болса, газ молекулалары үдемелі қозғалыс кинетикалық энергиясының орташа мәні қандай болады?

Берілгені:

$$p = 120 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$n = 5 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}.$$

Табу керек:

$$\bar{E}_k = ?$$

Формуласы:

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \bar{E}_k \text{ бұдан } \bar{E}_k = \frac{3p}{2n}$$

$$[\bar{E}_k] = \frac{3p}{2n} = \frac{\text{Па}}{\text{м}^{-3}} =$$

$$= \frac{\text{Н/м}^2}{\text{м}^{-3}} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

Шешуі:

$$\bar{E}_k = \frac{3 \cdot 120 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 10^{26}} = 3,6 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$$

Жауабы: $\bar{E}_k = 3,6 \cdot 10^{-22} \text{ Дж.}$



1. Қандай шарттарды қанағаттандыратын газ идеал газ деп аталады?
2. Нақты газдың идеал газдан айырмашылығы қандай?
3. Молекуланың орташа квадраттық жылдамдығы дегенде қандай жылдамдықты түсінесін?
4. Молекулалардың орташа арифметикалық және орташа квадраттық жылдамдықтары қалай анықталады?
5. Молекула-кинетикалық теория негізінде идеал газдың түсіретін қысымын түсіндіріндер.
6. Газдың ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы молекулалардың қандай параметріне байланысты болады?



1. Ыдыс сутегі газымен толы. Ыдыстағы газ молекулаларының концентрациясы $4,5 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ -ге тең. Ыдыстағы газ қысымын есепте. Газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын 400 м/с-ға тең деп алындар.
2. Идеал газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 600 м/с және тығыздығы $0,9 \text{ кг/м}^3$ болса, ыдыстағы газ қысымын анықта.
3. Ыдыстағы газдың тығыздығы $1,5 \text{ кг/м}^3$ және қысымы $7,2 \text{ кПа}$ болған газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы неге тең?
4. Ыдыстағы көлем бірлігіндегі молекулалар саны $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ және қысымы 80 кПа болған газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясын есепте.
5. Ыдыстағы оттегі газы ыдыстың қабырғасына 90 кПа қысым түсіруде. Егер оттегі молекулалары 600 м/с орташа квадраттық жылдамдықпен қозғалса, ыдыстағы газдың тығыздығы қандай болады?
6. Массасы $0,3 \text{ кг}$ газ 400 кПа қысымда 1 м^3 көлемді іелесе, оның молекулалары қозғалысының орташа квадраттық жылдамдығы қандай болады?
7. 30 кПа қысымда бір атомды газ молекуласының орташа кинетикалық энергиясын тап. Берілген қысымда осы газ молекулаларының концентрациясы $4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ -ге тең.

6-§. ТЕМПЕРАТУРА

Жылу тепе-тендігі

Жылу құбылыстарын үйренуде температура ұғымының маңызы ерекшеге орынға ие. Температура молекулалық физика және термодинамиканың негізгі шамаларының бірі.

Түрлі ыдыстағы сularға саусағымызды батырсақ, олардың қай бірі ыстығырақ, қайсысы суығырақ екенін айта аламыз. Ыстық судың температурасын жоғары, ал суық судың температурасын төмен дейміз. Ауаның күнделікті температурасын білуге де ешкім бейжай қарамайды.



Температура – заттың жылу күйін мөлшер түрғысынан анықтайтын физикалық шама.

«Temperatura» латын тілінде «күй» деген мағынаны білдіреді. Адам денесінің температурасын өлшеген кезде дene мен термометр ішіндегі сынаптың арасындағы жылу тепе-тендігі орнағанша біраз уақыт өтеді. Жылу тепе-тендігі орнаған соң термометр көрсеткіші өзгермейді.



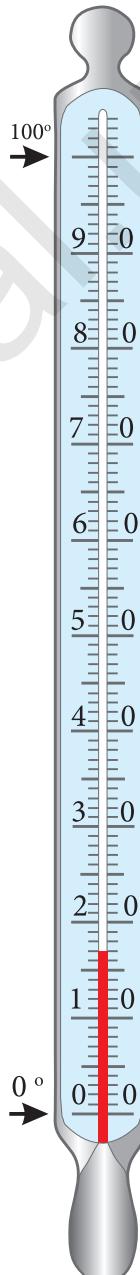
Заттардағы жылу алмасуының нәтижесінде олардың температураларының теңесуі жылу тепе-тендігі деп аталады.

Жылу тепе-тендігінде болған жүйенің барлық бөлігіндегі температура бірдей мәнге ие болады. Екі дененің температурасы бірдей болғанда олардың арасында жылу алмасу үдерісі болмайды. Егер денелердің температуралары түрліше болса, олар біріне-бірі жанаңқанда денелердің арасында жылу алмасу пайда болады. Мұнда температурасы жоғары дene төмен температуралы денеге жылу береді. Жылу алмасу олардың температуралары теңелгенше жалғасады. Мысалы, шәйнектен пиялаға ыстық шай құйып, үстел үстіне қойындар. Біраз уақыт өткен соң оның температурасы болме температурасымен теңесіп, яғни тепе-тендік күйіне келеді

Температураның Цельсий шкаласы

Температура термометрдің көмегімен өлшенеді. Әдетте көп пайдаланылатын термометр – сынапты термометр (12-сурет). Мұндай термометрдің резервуарында сынап болады. Температура артқанда резервуардағы сынап көлемі кеңейеді де сынап тұтікше арқылы жоғарыға көтеріледі.

Температура шкаласы дәрежеленген болып, сынаптың қанша көтерілгеніне қарай температураны білуге болады.



12-сурет.

Температураның өлшем бірлігі етіп *гардус* алынған. Қалыпты атмосфера қысымында мұздың еру температурасы нөл градус деп, судың қайнау температурасы 100 гардус деп алынған. Осы аралық тендей 100 бөлікке бөлінген және әрбір бөлік *1 градус* деп қабылданған. «Градус» латын тілінде «*қадам*» деген мағынаны білдіреді.

Мұндай шкаланы 1742 жылы швед ғалымы *Андерс Цельсий* ұсынған және бұл температураның *Цельсий шкаласы* деп аталады.

Цельсий шкаласында өлшенген температура $^{\circ}\text{C}$ түрінде белгіленеді және «*гардус цельсий*» деп оқылады.

Термометрлер қолданылу мақсатына орай түрліше дәрежеленеді. Су температурасын өлшейтін термометр $0\ ^{\circ}\text{C}$ -ден $100\ ^{\circ}\text{C}$ -ге дейін, адам температурасын өлшейтін медициналық термометр $35\ ^{\circ}\text{C}$ -ден $42\ ^{\circ}\text{C}$ -ге, ауа температурасын өлшейтін термометр, әдетте $-20\ ^{\circ}\text{C}$ -ден $50\ ^{\circ}\text{C}$ -ге дейін дәрежеленеді. Цельсий шкаласында температура t әрпімен белгіленеді.

Абсолюттік температура

Күнделікті өмірде негізінен Цельсий шкаласында көрсетілген t температура қолданылады. Бірақ заттардағы жылу құбылыстарын үйренуде **абсолюттік температура** деп аталатын температура пайдаланылады. Абсолюттік температура T әрпімен белгіленеді.

Ағылшын ғалымы Уильям Томсон (*Кельвин*) 1848 жылы температураның абсолюттік шкаласын ұсынды. Абсолюттік температураның бұл шкаласы **Кельвин шкаласы** деп аталады. Абсолюттік температура бірлігі ХБЖ-да **Кельвин** деп аталып, К әрпімен белгіленеді.

Кельвин шкаласындағы температура бірлігінің қадамдар мәні Цельсий шкаласындағы мәнге тең етіп алынған. Цельсий шкаласында өлшенгенде абсолюттік нөл температура $-273,15\ ^{\circ}\text{C}$ -гегең екені анықталған. Демек, $t = 0\ ^{\circ}\text{C}$ -де $T = 273,15\text{ K}$ болады. Егер $273,15\text{ K}$ -ны жуықтап 273 K деп алсақ, Цельсий шкаласынан Кельвин шкаласына өту формуласын төмендегідей өрнектеуге болады:

$$T = t + 273. \quad (1)$$

Температураның Цельсий және Кельвин шкалалары арасындағы байланыс диаграммасы 13-суретте көрсетілген. Бірақ абсолюттік температураның өзгеруі ΔT температураның Цельсий шкаласы бойынша өзгеруі Δt -ға тең, яғни $\Delta T = \Delta t$. Абсолюттік шкаладағы нөл температура абсолюттік нөлге сәйкес келеді.



Абсолюттік нөл температурасы – мүмкін болған ең төмен температура. Мұндай температурада зат молекулаларының жылу қозғалысы тоқтайды.

Температураның молекула-кинетикалық түсініктемесі

Әрқандай зат атомдар және молекулалардан құралған. Затты құрайтын атомдар мен молекулалар үздіксіз және тәртіпсіз қозгалады. Зат қызығанда осы тәртіпсіз қозғалыстың жылдамдығы одан да артады. *Молекулалардың тәртіпсіз қозғалысы жылу қозғалысы* деп аталады.



Температура – газ молекулалары үдемелі қозғалысы орташа кинетикалық энергиясының өлшемі болып табылады.

Макроскопиялық түрғыдан *температура* зат жылу күйінің мөлшерлік өлшемі болып табылады. Молекула-кинетикалық теорияға орай температура мен молекулалардың орташа кинетикалық энергиясы арасындағы байланыс төмендегідей өрнектеледі:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT. \quad (2)$$

Мұнда k коэффициент газдар молекула-кинетикалық теориясының негізін қалағандардың бірі болған австриялық физик Людвиг Больцманның құрметіне *Больцман тұрақтысы* деп аталады. Оның сандық мәні

$$k=1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$



Больцман тұрақтысы – энергия бірлігі мен температура бірлігі арасындағы қатынасты өрнектейтін шама.

Жылу тепе-тендігі күйінде барлық газ молекулаларының үдемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы бірдей болады. Абсолюттік нөл температурада молекулалардың үдемелі қозғалысы тоқтайды.

Газдар молекула-кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі болған $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$ формуладағы \bar{E}_k орнына (2) формула қойылса, идеал газ қысымының температураға тәуелділік формуласы келіп шығады:

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \frac{3}{2} kT = n k T \quad \text{немесе} \quad p = n k T. \quad (3)$$



Идеал газдың қысымы газ молекулаларының концентрациясы мен оның температурасына тұра пропорционал.

Есеп шығару үлгісі

Көлемі 4 л ыдыстағы газдың қысымы 120 кПа. Үйдистағы газ молекулаларының ұдемелі қозғалысының толық кинетикалық энергиясын есепте.

Берілгені: $V = 4 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ $p = 12 \cdot 10^4 \text{ Па}$	Формуласы: $p = \frac{2}{3} \cdot n \bar{E}_k = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \bar{E}_k.$ $E_{\text{толық}} = N \cdot \bar{E}_k; E_{\text{толық}} = \frac{3}{2} pV.$	Шешуі: $E_{\text{толық}} = \frac{3}{2} \cdot 12 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-3} =$ $= 720 \text{ Дж.}$
Табу керек: $E_{\text{толық}} = ?$	$[E] = \text{Па} \cdot \text{м}^3 = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$	Жауабы: $E_{\text{толық}} = 720 \text{ Дж.}$



1. Температураның қандай өлшем бірліктерін білесіндер?
2. Цельсий температурасы мен Кельвин температурасын байланыстыратын формуланы жазып, арасындағы байланысты түсіндіріп бер.
3. Газдың температурасы мен оның молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы арасындағы байланысты өрнектейтін формуланы жазып, оны түсіндіріп беріңдер.
4. Газ қысымының абсолюттік температураға және газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы арасындағы тәуелділіктің формуласын жазып, оны түсіндіріп беріңдер.
5. Қалыпты жағдайда ауа молекулаларының концентрациясы қандай болады?



1. Цельсий шкаласында берілген мына температураларды Кельвин шкаласына келтір: 0 °C, 27 °C, 100 °C, 127 °C, -73 °C, -223 °C, -200 °C.
2. Кельвин шкаласында берілген мына температураларды Цельсий шкаласына келтір: 0 K, 73 K, 273 K, 300 K, 773 K, 1000 K, 2000 K.
3. Жабық ыдыстағы газ 27 °C-ден 627 °C-ге дейін қыздырылғанда газ молекулаларының ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы қалай өзгереді?
4. Үйдистағы газ молекулаларының концентрациясы $3 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$ -ға тең. Үйдис ішіндегі температура 60 °C болғанда газ молекулаларының ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы қандай болады?
5. Үйдис ішіндегі газдың температурасы 400 K болғанда, манометр ыдыстағы газ қысымын 276 кПа-ға тең екенін көрсетті. Үйдистағы газ молекулаларының концентрациясы қаншаға тең?
6. Қалыпты жағдайда 1 м³ көлемдегі ауа молекулаларының санын анықта. Қалыпты жағдай үшін қысымды 100 кПа, температураны 273 K-ге тең деп алындар.
7. Арнаулы насос арқылы ыдыстардан ауаны тартып алып, оның ішінде 1 рПа қысымдық вакуум пайда етілді. Вакуумның 1 см³ көлемінде қанша газ молекуласы бар? Үйдис ішіндегі температура 300 K-ге тең.

7-§. ГАЗ МОЛЕКУЛАЛАРЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫС ЖЫЛДАМДЫҒЫ

Қозғалыстағы m_0 массалы газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы $\bar{E}_k = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$ формуласымен анықталатынын білеміз. Сондай-ақ газдың температурасы T -ға тең болса, оның орташа кинетикалық энергиясы төмендегідей $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot kT$ көріністе де өрнектелетінін көрдік.

Осы екі формуланы өзара теңестіріп жазсақ:

$$\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} kT \text{ -дан } \overline{v^2} = \frac{3kT}{m_0}. \quad (1)$$

(1) формуладан молекулалар жылдамдықтары квадраттарының орташа мәнін табу формуласын көлтіріп шығарамыз, яғни:

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}. \quad (2)$$

Мольдік масса анықтамасына орай $M = m_0 \cdot N_A$ екенін ескерсек (2) формула мына көрініске келеді:

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}}. \quad (3)$$



Больцман тұрақтысы k мен Авогадро тұрақтысы N_A -ның көбейтіндісіне универсал (мольдік) газ тұрақтысы деп атау қабылданған.

Универсал газ тұрақтысы R әрпімен белгіленеді, яғни:

$$R = k \cdot N_A. \quad (4)$$

(4) формуласына орай, универсал (мольдік) газ тұрақтысының сандық мәнін көлтіріп шығарамыз: $R = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

Демек, газдардың универсал газ тұрақтысының мәні төмендегіге тең:

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

(4) тенденкке орай, газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын есептеу формуласын төмендегідей етіп жазамыз:

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \quad (5)$$

(5) формула негізінде түрлі газ молекулаларының түрліше температурағы орташа квадраттық жылдамдығын есептеуге болады.

Ағылшын физигі **Дж. Максвелл** 1859 жылы теориялық жолмен газ молекулаларының түрлі жылдамдықпен қозғалатынын, яғни молекулалардың жылдамдықтар бойынша жіктелетінін анықтады. Мұндай жіктелу 14-суретте графикалық түрде көрсетілген. Графикте ең көп молекулалардың жеткен жылдамдығы v_m деп белгіленген. Молекулалардың v_{kb} орташа квадраттық жылдамдығы v_m жылдамдықтан біршама үлкен болады.

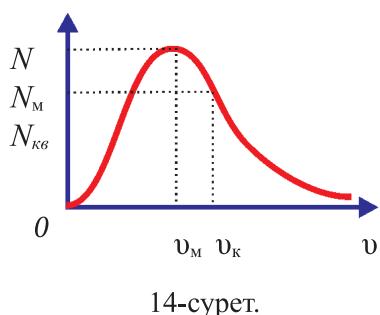
Газ молекулаларының қозғалыс жылдамдығын тәжірибеде 1920 жылы неміс физигі **Отто Штерн** (1888–1969) анықтаған. Штерннің тәжірибе құрылғысы біріне-бірі мықтап біріктірілген ортақ оське ие екі цилиндрдан құралып, оның схемалық көрінісі 15-а суретте көлтірілген. Мұнда сыртқы цилиндрдің радиусы r мен ішкі цилиндрдің v радиусы r мен R -ға тең болған. Ишкі цилиндрдің осі бойынша үстіне күміс жағылған платинадан жасалған **K** сым тартылған және цилиндрде жіңішке **a** тесік ашылған. Тәжірибе басталmas бұрын цилиндрлер арасындағы аяқ сорып тартып алынып, ыдыстар вакуум күйіне келтіріледі. Егер платина сымнан ток жүргізілсе, оның сыртындағы күміс қабат булана бастайды. Ишкі цилиндр қабырғасындағы тесіктен күміс шығып, сыртқы цилиндрдің ішкі қабырғасына отырады. Нәтижеде тесікке тұра енсіз **b** күміс қабаты пайда болады.

Күміс атомдардың жылдамдығын өлшеу мақсатында цилиндрлар өте үлкен жылдамдықпен қозғалысқа келтіріледі. Нәтижеде күміс атомдары ішкі цилиндрдің тесігінің тұрасына емес, осы жерден айналу бағытына қарағанда артқа отырады және сыртқы цилиндрдің ішкі қабырғасында енсіз **b** іздің орнына қалындығы бірдей емес кенірек **bc** күміс қабаты пайда болған (15-б сурет).

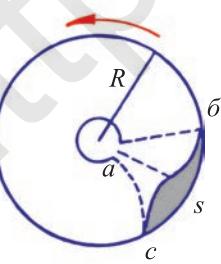
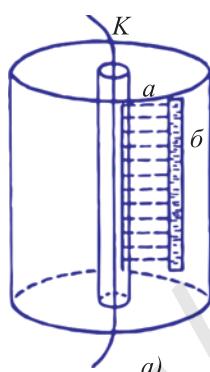
Сыртқы цилиндр ішіндегі **bc** күміс қабатының ұзындығын цилиндрдің бұрыш жылдамдығы арқылы өрнектейміз:

$$s = \omega R t. \quad (6)$$

Штерн тәжірибесі нәтижесіне орай, үлкен жылдамдықпен қозғалған күміс атомлары **b** нүктеге жақындау, жыл-



14-сурет.



15-сурет.

дамдығы төмен болған атомдар жолдың с сонына жақын жерге келіп түседі (15-б сурет) деген қорытындыға келген. Демек, күміс атомдары дәл бірдей жылдамдықпен қозғалмаған. Онда күміс атомдарының жылдамдығы орташа жылдамдыққа сай келеді деп, ол төмендегі формула арқылы есептеледі:

$$v_{o:rt} = \frac{R - r}{t}. \quad (7)$$

(6) формуладан t -ның мәнін тауып (7) формулаға қойып, орташа жылдамдықты есептеу формуласын шығарамыз: $v_{o:rt} = \frac{\omega R(R - r)}{s}$. (8)

15-б суреттен көрініп тұр, күміс қабаттың пішіні молекулалардың жылдамдықтар бойынша Максвелл жіктеуі графигінің пішініне ұқсайтыны анықталған. Демек, Штерн тәжірибесі Максвелл жіктеуін тәжірибеде тексеру мүмкіндігін береді.



Штерн тәжірибесі идеал газ молекула-кинетикалық теориясының, сондай-ақ Максвелдің газ молекулалар жылдамдықтары бойынша жіктелуі туралы ілімнің дұрыстығын растады.

Есеп шығару үлгісі

Массасы $2 \cdot 10^{-26}$ кг болған көміртегі атомының кинетикалық энергиясы $2,5 \cdot 10^{-21}$ Дж болса, оның қозғалыс жылдамдығы қандай болады?

Берілгені:

$$\begin{aligned} m_o &= 2 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \\ E_k &= 2,5 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \end{aligned}$$

Табу керек:

$$v = ?$$

Формуласы:

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{m_o v^2}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_o}}. \\ [v] &= \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}} = \text{м/с.} \end{aligned}$$

Шешуі:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-21}}{2 \cdot 10^{-26}}} \text{ м/с} = 500 \text{ м/с.}$$

Жауабы: $v = 500 \text{ м/с.}$



1. Ауада оттегі мен сутегі молекулаларының орташа квадраттық жылдамдықтары қалай ерекшеленеді?
2. Максвелдің молекулалар жылдамдығы бойынша жіктеуін талдап, оның маңызын түсіндіріп беріңдер.
3. Газдың абсолюттік температурасы екі есеге артқанда ондағы молекулалардың орташа кинетикалық энергиясы қалай өзгереді?
4. Газдың абсолюттік температурасы төрт есеге артқанда ондағы молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы қалай өзгереді?

8-§ ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. *O.Штерн* тәжірибесі нәтижелеріне орай күміс атомдардың қозғалыс жылдамдығын анықта. Платина сымнан ток өткенде және ол 1500 К температураға дейін қызығанда одан күміс булана бастайды. Штерн цилиндрларын 280 рад/с бұрыш жылдамдығымен қозғалтқанда сыртқы цилиндрде 1,12 см ұзындықтағы күміс қабат пайда болған. Тәжірибе құрылғысының ішкі және сыртқы цилиндрларының радиустары сәйкесінше 1,2 см және 16 см-ге тең болған. Жылдамдықтың тәжірибеде алғынған мәнін теориялық жолмен есептелген мәнімен салыстырындар.

Берілгені:

$$T = 1500 \text{ K}$$

$$\omega = 280 \text{ рад/с}$$

$$s = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$r = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$R_t = 16 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$R = 8,31 \text{ J/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$M = 108 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Табу керек:

$$\bar{v} = ?$$

Формуласы:

$$s = \omega \cdot R_t \cdot \Delta t;$$

$$\Delta t = \frac{R_t - r}{\bar{v}};$$

$$\bar{v} = \frac{\omega \cdot R_t \cdot (R_t - r)}{s}.$$

$$[\bar{v}] = \frac{\frac{1}{s} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Шешуі:

$$\bar{v} = \frac{280 \cdot 16 \cdot 10^{-2} \cdot 14,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{1,12 \cdot 10^{-2} \text{ с}} = 592 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 1500}{108 \cdot 10^{-3}}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 588 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Қорытынды: жылдамдықтың теориялық жолмен есептелген мәні, тәжірибе нәтижелеріне орай есептелінген жылдамдықтың мәніне жуық.

2-есеп. Қандай температурадағы сутегі молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы, 580 К температурадағы гелий газы молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығына тең болады?

Берілгені:

$$M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/ моль}$$

$$M_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/ моль}$$

$$T_2 = 580 \text{ K}$$

$$\bar{v}_1 = \bar{v}_2.$$

Табу керек:

$$T_1 = ?$$

Формуласы:

$$\bar{v}_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{M_1}}, \quad \bar{v}_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_2}}$$

Бұдан

$$T_1 = \frac{M_1 T_2}{M_2}.$$

$$[T_1] = \frac{M_1 \cdot T_2}{M_2} = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{K}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = \text{K.}$$

Шешуі:

$$T_1 = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 580}{4 \cdot 10^{-3}} \text{ K} = 290 \text{ K.}$$

Жауабы: $T_1 = 290 \text{ K.}$

3-есеп. Газ температурасы 150 К-ге арттырылғанда, молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы 250-дан 500 м/с-ке дейін артты. Газдың бастапқы температурасы қандай болған?

Берілгені:

$$T_2 = T_1 + \Delta T \\ \Delta T = 150 \text{ К}$$

$$v_1 = 250 \text{ м/с} \\ v_2 = 500 \text{ м/с}$$

Табу керек:

$$T_1 = ?$$

Формуласы:

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T_1}{M}};$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T_2}{M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot (T_1 + \Delta T)}{M}};$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_1 + \Delta T}{T_1}}; \quad \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1};$$

$$T_1 = \frac{\Delta T}{\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 - 1}. \quad [T_1] = \frac{\text{К}}{\left(\frac{\text{м/с}}{\text{м/с}}\right)^2} = \text{К}.$$

Шешуі:

$$T_1 = \frac{150 \text{ К}}{\left(\frac{500}{250}\right)^2 - 1} = 50 \text{ К}.$$

Жауабы: $T_1 = 50 \text{ К}.$



- Сутегі молекуласының -23°C температурадағы орташа квадраттық жылдамдығын анықта.
- Қандай температурада оттегі молекуласының орташа квадраттық жылдамдығы 500 м/с-ке тең болады?
- Газ молекулалары үдемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы $9,52 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ болған газдың температурасын анықта.
- Молекулалар концентрациясы $4 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$, қысымы $1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ болған бір атомды газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы неге тең?
- Бір атомды газ молекулаларының үдемелі қозғалысы орташа кинетикалық энергиясы $1,2 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$, қысымы 2,4 МПа болса, осы газ молекулаларының концентрациясы қандай болады?
- Мөлшері екі моль газдың ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы 10 кПа тең. Газ иелеп тұрған көлемді анықта. Газдың температурасы 300 К.
- * Қандай температурадағы гелий молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы, 350 К температурадағы сутегі молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығына тең болады?
- * Газдың температурасы 150°C -ге арттырылғанда, молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы 300-ден 600 м/с-ке дейін артты. Газдың бастапқы температурасы қандай болған?

9-§ ИДЕАЛ ГАЗ КҮЙІНІҚ ТЕНДЕУЛЕРІ

Идеал газ күйінің тендеуі

Белгілі бір массалы идеал газдың **термодинамикалық** күйі оның үш макроскопиялық параметрі, яғни қысымы p , қолемі V және температурасы T аркылы өрнектеледі. Газдың бір күйден басқа күйге өткенде оның күйін өрнектейтін (p, V, T) параметрлердің үшеуі де бір уақыттың өзінде өзгеруі мүмкін. Мысалы, бастапқыда m массалы газдың алғашқы күйдегі параметрлері p_1, V_1, T_1 болып, екінші күйге өткенде p_2, V_2, T_2 -лармен өрнектелсін. Енді осы екі термодинамикалық күйдің параметрлерінің өзара қалай байланыстырылығын өрнектейтін тендеуді келтіріп шығарамыз.

Идеал газ күйінің тендеуін келтіріп шығару үшін газдар молекулакинетикалық теориясының негізгі тендеуін пайдаланамыз, яғни:

$$p = n k T. \quad (1)$$

Көлем бірлігіндегі молекулалардың саны $n = \frac{N}{V}$ мен $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ осы формулаларды пайдаланып (1) тендеуді төменгідей көріністе жазамыз:

$$pV = \frac{m}{M} N_A kT. \quad (2)$$

Бұл өрнектегі қебейтінді, $k \cdot N_A = R$, яғни газдардың универсал тұрақтысы екенін ескерсек, (2) тендеу төменгідей көрініске келеді.

$$pV = \frac{m}{M} RT. \quad (3)$$

(3) тендеуді орыс ғалымы Дмитрий Менделеев және француз ғалымы Бенуа Клапейрон келтіріп шығарған. Сондықтан бұл тендеу **Менделеев-Клапейрон тендеуі** деп аталады. Бұл тендеу идеал газ күйін анықтағаны үшін, оны идеал газ күйінің тендеуі деп те атайды.



Идеал газ күйі тендеуі газдың массасы, мольдік массасы, қысымы, қолемі мен температурасы арасындағы байланысты өрнектейді.

Менделеев-Клапейрон теңдеуін зат мөлшері 1 моль болған газ үшін жазсақ, яғни:

$$pV = RT \quad \text{немесе} \quad \frac{p \cdot V}{T} = R \quad (4)$$

көріністе болады.

Клапейрон теңдеуі

Идеал газ күйінің теңдеуі (масса өзгермеген $m = const$) үдеріс болып өткен газдың екі күйі үшін де қолданып көрелік:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} \cdot RT_1 \quad \text{және} \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M} RT_2. \quad (5)$$

Бұл теңдеулерді біріне-бірін басқышпа-басқыш бөлсек, төмендегі көрініске келеді:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}. \quad (6)$$

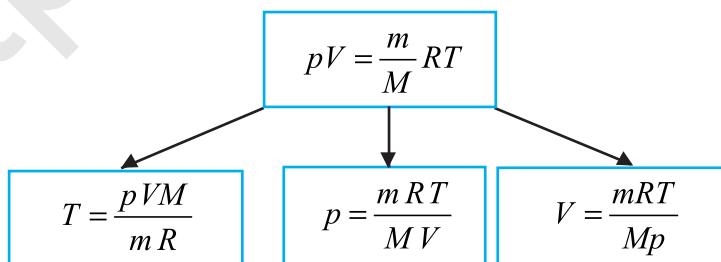
Бұл теңдеуден төмендегі формула келіп шығады:

$$\frac{pV}{T} = const. \quad (7)$$

Демек, газда кез келген үдеріс болған кезде, оның қысымы мен көлемінің көбейтіндісінің, оның абсолюттік температуrasына қатынасы берілген газ массасы үшін өзгермейді. Идеал газдың (4) және (7) көрініндегі күйінің теңдеуі **Клапейрон теңдеуі** деп аталады. Клапейрон теңдеуі өзгермейтін массалы идеал газ күйі теңдеуінің бір көрінісі болып табылады.

Жылу құбылыстарын үйренуде күй теңдеуін білу өте маңызды. Газ күйінің үш (p, V, T) параметрінен біреуі белгісіз болып, қалған екеуі белгілі болғанда, күй теңдеуі белгісіз параметрді анықтауға мүмкіндік береді.

Мысалы:



Есеп шығару үлгісі

Көлемі 20 л ыдысқа оттегі салынған. Үйдистағы газдың температурасы 127 °C және қысымы 160 кПа-ға тең болса, ыдыстағы газ массасын анықта.

Берілгені:

$$\begin{aligned}V &= 20 \text{ л} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\T &= 127^\circ\text{C} + 273 = 400 \text{ К} \\p &= 160 \text{ кПа} = 16 \cdot 10^4 \text{ Па} \\M &= 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}\end{aligned}$$

Табу керек:

$$m = ?$$

Формуласы:

$$\begin{aligned}pV &= \frac{m}{M} \cdot RT; \\m &= \frac{pVM}{RT}.\end{aligned}$$

Шешуі:

$$\begin{aligned}m &= \frac{16 \cdot 10^4 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 400} \text{ кг} = \\&= 30,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.\end{aligned}$$

Жауабы: $m = 30,8 \cdot 10^{-3}$ кг.



1. Қандай тендеуге идеал газ күйінің тендеуі дейіледі?
2. Идеал газ күйі тендеуін келтіріп шығар.
3. Газ күйінің тендеуін білудің маңыздылығы неде?
4. Қалыпты жағдайда мөлшері 1 моль болған идеал газ қандай көлемді иелейді?



1. Қысымы 0,45 МПа, ал температурасы 52 °C болғанда 500 моль газ қандай көлемді иелейді?
2. Көлемі 0,05 м³, ал температурасы 500 К болған газдың қысымы 250 кПа. Зат мөлшерін анықта.
3. Массасы 8 г газ 27 °C температурада және 150 кПа қысымда 4,15 л көлемді иелейді. Бұл қандай қаз?
4. Температурасы 367 °C, ал қысымы 415 кПа болған оттегі газының тығыздығы қандай?
5. 24 л көлемдегі баллонда 1,2 кг карбонат ангидриді бар. Баллон 3 · 10⁶ Па қысымға шыдай ма?
6. Көлемі 40 л ыдысқа газ салынған. Оның температурасы 400 К, ал қысымы 200 кПа. Үйдистағы газдың мөлшерін анықта.
7. Температурасы 17 °C болған 4x5x3 м³ өлшемді бөлмедегі ауаның мөлшерін анықта. Атмосфера қысымын 10⁵ Па-ға тең деп ал.
8. Көлемі 16,6 л ыдыстағы 280 г азот газы 3,5 МПа қысым астында болса, оның температурасы қанша болады?

ИЗОПРОЦЕСТЕР

Массасы тұрақты газ бір күйден басқа бір күйге өткенде үш параметрдің бірі тұрақты болып, қалған екеуі өзгеруі мүмкін.



Берілген газдың ешбір макроскопиялық параметрі тұрақты болғанда қалғандарының арасындағы байланысты сипаттайтын үдеріс изопроцесс деп аталады.

Изопроцестердің үш түрі бар: **изотермалық**, **изобаралық** және **изохоралық**.

10-§. ИЗОТЕРМАЛЫҚ ПРОЦЕСС



Идеал газдың массасы ($m = \text{const}$) мен температурасы ($T = \text{const}$) тұрақты болғандағы газ күйінің өзгеру үдерісі изотермалық процесс деп аталады.

Грек тілінде «*iros*» – тен, «*termos*» – жылу деген мағынаны білдіреді.

Изотермалық процестегі заңдылықты 1662 жылы ағылшын физигі **P.Бойл** және 1676 жылы француз физигі **E.Мариотт** тәжірибе негізінде бірінен-бірі бейхабар түрде ашқан. Сол үшін заңдылық **Бойл-Мариотт заңы** деп аталады.

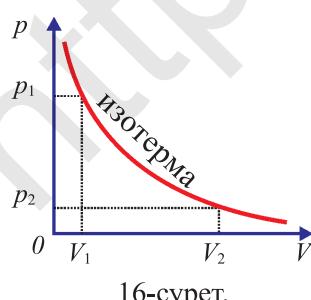
Газ температурасын тұрақты сактау үшін газ салынған ыдыс **термостат** деп аталағын арнаулы ыдыстың ішіне салынады. Кері жағдайда газ сығылғанда немесе кеңейгенде оның температурасы өзгереді. $T = \text{const}$ болғанда газдың екі күйі үшін идеал газ күйінің тендеулерін жазамыз:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T \quad \text{және} \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T. \quad (1)$$

Әр екі формуланың оң жағындағы теңдіктен төмендегі

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (2)$$

формулаға ие боламыз және бұдан мынадай қорытынды шығады. **Изотермалық процесте берілген массалы газ үшін газ қысымының көлемге көбейтіндісі тұрақты болады.** Температура тұрақты болғанда газ қысымының көлемге байланыстылығын графикалық тәсілмен көрсету үшін



абсисса осіне көлем, ордината осіне қысым мәнін қойып, осы мәндерге сәйкес келген нүктелер өзара біріктіріледі. Температура тұрақты болғанда газ қысымының көлемге байланыстылығы 16-суретте графикалық көріністе бейнеленген. Осы байланыс графикте иілген сызық түрінде (гипербола) түрінде кескінделеді, ол **изотерма сызығы** деп аталады. Газ изотермасы қысым мен көлем өзара кері пропорционал екенін көрсетеді, яғни: $p \sim 1/V$.



Тұрақты температурада берілген газдың қысымы көлемге кері пропорционал түрде өзгереді.

Бойл-Мариотт заңын газдың тығыздығы мен қысымы арасындағы байланыс түрінде де өрнектеуге болады, яғни

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1} \quad \text{және} \quad \rho_2 = \frac{m}{V_2}. \quad (3)$$

Бұл формулалардың бір-біріне деген қатынасын алатын болсақ, Бойл-Мариотт заңы үшін төмендегі формула пайда болады:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2}. \quad (4)$$

Демек, изотермалық процесте газдың тығыздығы көлемге кері, қысымға тұрақты пропорционал түрде өзгереді.

Есеп шығару үлгісі

Қалыпты атмосфера қысымы жағдайында идеал газ 6 л көлемді иелейді. Егер газ қысымы 20 кПа-ға артса, газ қандай көлемді иелейді? Температураны тұрақты деп алындар.

Берілгені:

$$T = \text{const}$$

$$p_1 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 6 \text{ л} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$p_2 = p_1 + 20 \text{ кПа} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Табу керек:

$$V_2 = ?$$

Формуласы:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2;$$

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2}.$$

$$[V] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{Па}} = \text{м}^3.$$

Шешуі:

$$V_2 = \frac{10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 10^5} \text{ м}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Жауабы: $V_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 5 \text{ л.}$

1. Изопроцестер деп қандай үдерістерге айтылады?
2. Қандай үдеріс изотермалық процесстеп аталады?
3. Изотермалық процесст үшін Бойл-Мариотт формуласын жазып, оны түсіндіріп беріңдер.
4. Изотерма сыйығы не және ол қандай сыйықпен сыйылады?
5. Газдың бірдей температуралары үшін изотерма сыйып, оны түсіндір.
6. Изотермалық процесте газ тығыздығының көлемге байланыстылығының формуласын жазындар.



1. Газдың бастапқы көлемі 0,2 л, ал қысымы 300 кПа болған. Газ изотермалық кеңейіп, қысымы 120 кПа-ға жетті. Газдың кейінгі көлемін табындар.



- Поршеньді цилиндр ішіндегі газдың бастапқы көлемі 24 см^3 , ал қысымы $0,8 \text{ МПа}$ болған. Газ изотермалық түрде сығылып, газдың көлемі 16 см^3 -ге келтірілгенде оның қысымы қандай мәнде болады?
- Қалыпты атмосфера қысымы жағдайында идеал газ 50 л көлемді иелейді. Егер қысым 4 есеге артса, газ қанша көлемді иелейді (л)? Температура тұрақты.
- Идеал газ $1,2 \text{ л}$ көлемнен $0,8 \text{ л}$ көлемге дейін сығылды. Мұнда газдың қысымы 40 кПа-ға артты. Газдың бастапқы қысымы қандай еді?

11-§. ИЗОБАРАЛЫҚ ПРОЦЕСС



Идеал газдың массасы ($m = \text{const}$) мен қысымы ($p = \text{const}$) тұрақты болғанда газ күйінің өзгеру үдерісі изобаралық процесс деп аталады.

Грек тілінде «baros» сөзі қысым деген мағынаны білдереді.

Изобаралық процесте берілген газ массасының көлемі (V) оның температурасына (T) байланысты түрде өзгереді. Бұл үдерісте газдың көлемі мен температурасының арасындағы байланысты газ күйінің теңдеуін (Менделеев-Клапейрон) пайдаланып келтіріп шығарамыз. Газ күйінің теңдеуін қысымы тұрақты болған ($p_1 = p_2$) газдың екі күйі үшін жазамыз:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1, \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2 \quad (1)$$

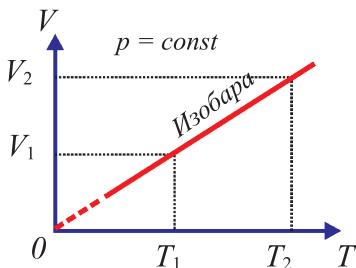
бұл теңдеулерді басқышпа-басқыш бөліп, мына теңдіктерді пайда етеміз:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{немесе} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}. \quad (2)$$

(2) теңдеуді төмендегідей көріністе де жазуға болады.

$$\frac{V}{T} = \text{const.} \quad (3)$$

Демек, изобаралық процесте берілген массалы газ көлемінің абсолюттік температураға қатынасы тұрақты шама. Бұл заңдылықты 1802 жылы француз физигі Гей-Люссак тәжірибеге сүйеніп ашқандықтан, оны **Гей-Люссак** заңы деп атайды. (3) теңдікті ортақ бөлгішке келтіріп, $V = \text{const} \cdot T$ түрінде жазамыз. Формулаға орай изобаралық процесте берілген массалы газ көлемі оның абсолюттік температурасына тұра пропорционал. Изобаралық процесте берілген газдың көлемі мен температурасының арасындағы қатынасты өрнектейтін сзызық изобара сзызығы деп аталады.



17-сурет

Изобара сызығы координатаның центрінен басталатын тұра сзықтан құралған (17-сурет).

Тұрақты қысымда берілген массалы газдың көлемі температураға тұра пропорционал түрде өзгереді.

Есеп шығару үлгісі

Ідеал газдың температурасы 67 °C, ал көлемі 25 л. Қысым өзгергенде көлемі 10 л болуы үшін газды қанша сұыту керек?

Берілгені:

$$\begin{aligned} T_1 &= 67^{\circ}\text{C} + 273 = 340 \text{ K} \\ V_1 &= 25 \text{ л} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\ V_2 &= 10 \text{ л} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\ p &= \text{const.} \end{aligned}$$

Табу керек:
 $\Delta T = ?$

Формуласы:

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{V_2} &= \frac{T_1}{T_2}; \quad T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1}; \\ \Delta T &= T_1 - T_2. \end{aligned}$$

$$[\Delta T] = \text{К.}$$

Шешуі:

$$T_2 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 340 \text{ K}}{25 \cdot 10^{-3}} = 136 \text{ K.}$$

$$\Delta T = 340 \text{ K} - 136 \text{ K} = 204 \text{ K.}$$

Жаубы: $\Delta T = 204 \text{ K.}$



1. Қандай үдеріс изобаралық процесс деп аталады?
2. Изобаралық процесс үшін Гей-Люссактың формуласын жазып, оны түсіндіріп беріңдер.
3. Изобара сызығы не және ол қандай сзықтан құралған?
4. Газ қысымының тұра мәндері үшін изобараларды сзыныдар және оларды түсіндіріп беріңдер.



1. Температурасы 27 °C болған идеал газдың көлемі 10 л еді. Газ изобаралық түрде 327 °C қыздырылғанда көлемі қалай өзгереді?
2. Идеал газдың температурасы 51 °C, ал көлемі 0,9 л. Қысым өзгергенде көлемі 0,3 л-ге тең болуы үшін газды қанша сұыту керек?
3. Газ 27 °C температурада 3 л көлемге ие. Бұл газ изобаралық түрде 100 °C-де қыздырылғанда, ол қандай көлемді иелейді?
- 4*. Идеал газ 47 °C-де 3 л көлемді иелеген. Қысымды өзгертпей, қысымды 1,2 л-ге арттыру үшін газдың температурасын қаншаға көтеру керек?

12-§. ИЗОХОРАЛЫҚ ПРОЦЕСС



Идеал газдың массасы m ($m = \text{const}$) мен көлемі ($V = \text{const}$) тұрақты болғанда газ күйінің өзгеру үдерісі изохоралық процесс деп аталады.

Грек тілінде «*хорос*» сөзі көлем деген мағынаны білдіреді.

Изохоралық процесте берілген массалы газ қысымы (p) оның температурасына (T) байланысты түрде өзгереді. Бұл үдерісте газдың қысымы мен температурасының арасындағы байланысты газ күйі тендеуін пайдаланып келітіріп шығарамыз. Газ күйінің тендеуін көлем тұрақты болған ($V_1=V_2$) екі күйде қолданамыз:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1, \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2 \quad (1)$$

Бұл тендеулерді басқышпа-басқыш бөліп, мына теңдіктерді пайда етеміз:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{немесе} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}. \quad (2)$$

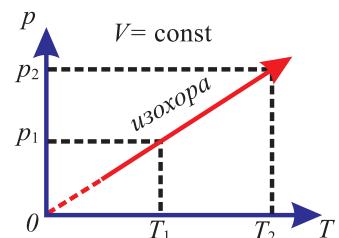
(2) тендеуді төмендегідей көріністе де жазуға болады.

$$\frac{p}{T} = \text{const.} \quad (3)$$

Демек, изохоралық процесте берілген массалы газ қысымының абсолюттік температураға қатынасы тұрақты шама. Бұл зандалиқты 1787 жылы француз физигі **Жак Шарль** тәжірибеле сүйеніп ашқандықтан оны **Шарль заңы** деп атайды. (3) теңдікті ортақ бөлгішке келтіріп, оны төмендегідей көрініске келтіріп жазамыз, яғни:

$$p = \text{const} \cdot T. \quad (4)$$

(4) формулаға орай изохоралық процесте берілген массалы газ қысымы оның абсолюттік температураға тұра пропорционал. Изохоралық процесте берілген газ қысымы мен температурасы арасындағы қатынасты өрнектейтін сзызық **изохора сзызығы** деп аталады. Изохора сзызығы координата центрінен басталатын тұра сзызықтан құралған болады (18-сурет).



18-сурет.



Тұрақты көлемде берілген массалы газдың қысымы температураға тұра пропорционал түрде өзгереді.

Кез келген герметикалық жабық ыдыстағы немесе электр шамдағы қыздырылған газ қысымының артуы изохоралық процесс саналады.

Есеп шығару үлгісі

Газ 280 К-ден 540 К-ге дейін изохоралық түрде қыздырылғанда оның қысымы 39 кПа-ға артты. Газ бастапқыда қандай қысымда болған?

Берілгені:	Формуласы:	Шешуі:
$T_1 = 280 \text{ K}$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ яки $\frac{p}{T_1} = \frac{p + \Delta p}{T_2}$	$p = \frac{39 \cdot 10^3 \cdot 280}{540 - 280} \text{ Па} = 42 \cdot 10^3 \text{ Па.}$
$T_2 = 540 \text{ K}$	$p = \frac{\Delta p \cdot T_1}{T_2 - T_1}$.	Жауабы: $p = 42 \text{ кПа.}$
$V = \text{const}$		
$p_1 = p$		
$p_2 = p + \Delta p$		
$\Delta p = 39 \cdot 10^3 \text{ Па.}$		
Табу керек	$[p] = \frac{\text{Па} \cdot \text{K}}{\text{K}} = \text{Па.}$	
$p = ?$		



1. Қандай үдеріс изохоралық процесс деп аталады?
2. Изохоралық процесс үшін Шарль занының формуласын жазындар және оны түсіндіріп беріңдер.
3. Изохора сызығы қандай сызықтан құралған?
4. Газдың түрліше көлемдері үшін изохоралар сызындар және оларды түсіндіріп беріңдер.



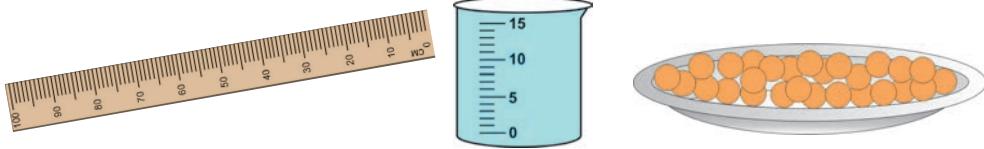
1. Баллондағы газ 17°C температурада $1,45 \cdot 10^5 \text{ Па}$ қысымға ие болса, қандай температурада оның қысымы $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ болады?
2. Егер қызу шамы жанғанда, температурасы 17°C-ден 360 °C-ге дейін көтерілсе, оның ішінде газ қысымы қалай өзгереді?
3. Газ 300 K-ден 420 K-ге дейін изохоралық қыздырылғанда оның қысымы 50 кПа-ға артты. Газ бастапқыда қандай қысымда болған?

13-§. ПРАКТИКАЛЫҚ ЖАТТЫҒУ. МОЛЕКУЛАЛАРДЫҢ ӨЛШЕМІН БАҒАЛАУ

Механикалық модельдің көмегімен молекуланың өлшемін бағалау.

Мақсат: ең үлкен жазықтықта жайылған май қабатының қалындығы, бір молекула диаметріне жуық деп елестетуді (гипотезаны) механикалық модельдің көмегімен тексеру.

Керекті жабдықтар: сызығыш, ақ қағаз, ноқат дәндері, мензурка.



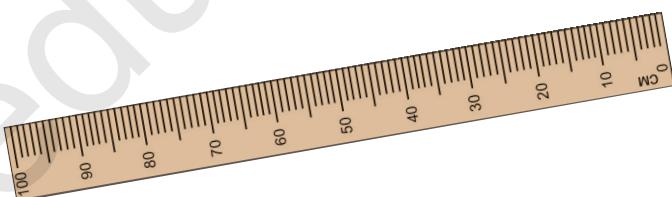
1. Ақ қағазға тік төртбұрыш сыйз. Оның өлшемдерін сыйзыштың көмегімен өлше (ұзындығы мен ені). Сызылған ауданды анықта (S).
2. Сызылған тік төртбұрыштың үстін түгелдей (тығыз күйде) ноқат дәндерімен толтыр. Олар сыйзылған төртбұрыштың сыртына шықпасын.
3. Төртбұрыштың ішіндегі ноқат дәндерін мензуркаға сал. Мензуркаға салынған ноқаттардың көлемін өлше (V).
4. $d = \frac{V}{S}$ формулаға орай, ноқаттың сыйзықты өлшемін тап.
5. Ноқат дәндерінің ішінен 10 ноқат дәнін алып, оларды тығыз етіп, бір тұра сыйзықтың үстіне қойып, сыйзыштың көмегімен оның ұзындығын өлше. Өлшенген ұзындықты 10-ға бөлсек, бір ноқаттың сыйзықты өлшемі келіп шығады.
6. Алынған нәтижелер негізінде өз корытындыны жаз.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖАТТЫҒУ. Сынып бөлмесіндегі ауаның тығыздығын, бөлмедегі газ молекулаларының концентрациясы мен санын есепте (қосымша).

Қажетті жабдықтар. Анероид барометр және өлшеу сыйзышы (1 м).



Анероид барометр



өлшеу сыйзышы

1. Барометр ішіндегі термометрдің көрсетуіне қарап, бөлме ішіндегі ауаның температурасы анықталады.
2. Анероид барометрмен бөлме ішіндегі ауаның қысымы өлшенеді.
3. Өлшеу сыйзышының көмегімен бөлме өлшемдері өлшенеді: ұзындығы, ені мен биіктігі.
4. Температураның мәні кельвинде (K), қысымның мәні паскальда (Па) өрнектеледі.
5. Бөлменің көлемін анықта ($V = a \cdot e \cdot c$).
6. Менделеев – Клапейрон теңдеуіне сәйкес бөлмедегі ауаның тығыздығын $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$ формулаға орай есепте.

Ескерту, есептеу кезінде ауаның мольдік массасын 29 г/моль деп ал.

6. Газ молекулаларының концентрациясын $n = \frac{p}{k \cdot T}$ формулаға орай есепте.

7. Бөлмедегі газ молекулаларының санын $N = n \cdot V$ формуламен есепте.

8. Алынған және есептелген шамалардың мәні негізінде төмендегі кесте толтырылып, қорытынды жазылады.

1	Бөлменің өлшемдері	Ұзындығы $a = \dots \text{m}$, ені $b = \dots \text{m}$, биіктігі $c = \dots \text{m}$	
2	Бөлмедегі ауаның температурасы °C K
3	Бөлмедегі ауаның қысымы мм сынап бағаны Па
4.	Бөлменің көлемі M ³	
5.	Бөлмедегі ауаның тығыздығы кг/M ³	
6.	Бөлмедегі газ молекулаларының концентрациясы M ⁻³	
7.	Бөлмедегі газ молекулаларының саны	
8.	Бөлмедегі ауаның массасы кг	
Корытынды:			

14-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Идеал газ көлемі 6 л-ден 4 л-ге дейін изотермалық сығылды. Мұнда газдың қысымы 0,6 қалыпты атмосфера қысымына артты. Газдың бастапқы қысымы қандай болған? Атмосфера қысымын 100 кПа деп ал.

Берілгені:

$$T = \text{const}$$

$$V_1 = 6 \text{ л} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 4 \text{ л} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$p_2 = p_1 + 0,6 \cdot p_{\text{атм}}$$

$$p_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па.}$$

Табу керек:

$$p_1 = ?$$

Формуласы:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2;$$

$$p_1 V_1 = (p_1 + 0,6 p_{\text{атм}}) \cdot V_2;$$

$$p_1 = \frac{0,6 \cdot p_{\text{атм}} \cdot V_2}{V_1 - V_2}.$$

$$[p_1] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3} = \text{Па.}$$

Шешуі:

$$p_1 = \frac{0,6 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3}} \text{ Па} = \\ = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Жауабы: $p_1 = 120 \text{ кПа}$

2-есеп. Массасы 2,6 кг идеал газ 27 °С температурада поршень астында 1,3 м³ көлемді иелеп тұр. Газ изобаралық кеңейіп оның тығыздығы 1,2 кг/м³-ге тең болғанда, поршеннің ішінде қандай температура болады?

Берілгені: $p = \text{const}$ $T_1 = 300 \text{ K}$ $m = 2,6 \text{ кг}$ $V_1 = 1,3 \text{ м}^3$ $\rho_2 = 1,2 \text{ кг/м}^3$ <hr/> Табу керек: $T_2 = ?$	Формуласы: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $m = \rho \cdot V \quad \text{және} \quad \rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2;$ $T_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} T_1. \quad [T_2] = \frac{\text{кг/м}^3}{\text{кг/м}^3} \text{K} = \text{K}.$	Шешуі: $\rho_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{2,6 \text{ кг}}{1,3 \text{ м}^3} = 2 \text{ кг/м}^3.$ $T_2 = \frac{2}{1,2} 300 \text{ K} = 500 \text{ K}.$ Жауабы: $T_2 = 500 \text{ K}$.
---	--	--

3-есеп. Газдың температурасын изохоралық түрде 12 °С-ге қыздырылғанда газ қысымының бастапқы мәнінің 1/75 бөлігіне артты. Газдың бастапқы температурасы қандай болған?

Берілгені: $V = \text{const}$ $\Delta T = 12 \text{ K}$ $T_2 = T_1 + \Delta T$ $p_2 = p_1 + \frac{1}{75} p_1.$ <hr/> Табу керек: $T_1 = ?$	Формуласы: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_1 + \frac{1}{75} p_1}{T_1 + \Delta T};$ $T_1 + \Delta T = T_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{75}\right) \quad \text{бұдан}$ $T_1 = 75 \cdot \Delta T \text{-ға ие боламыз.}$	Шешуі: $T_1 = 75 \cdot 12 \text{ K} = 900 \text{ K}.$ Жауабы: $T_1 = 900 \text{ K}$.
--	---	--

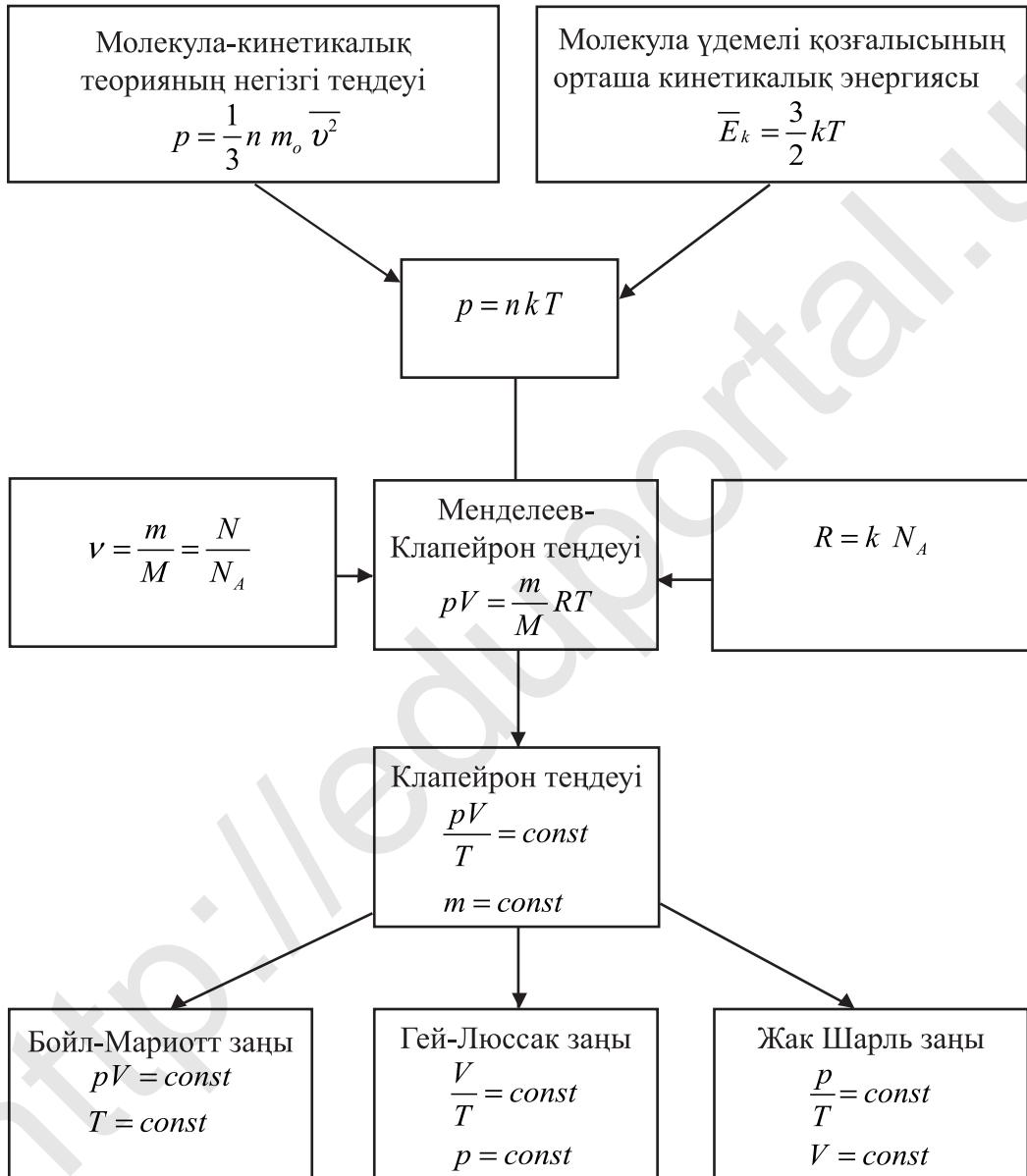
4-есеп. Терендігі 30 м көлдің түбінен ауа көпіршігі судың бетіне көтерілгенде, оның көлемі неше есеге артады? Судың жоғары және төменгі бөлігіндегі температураны бірдей деп есептендер.

Берілгені: $h = 30 \text{ м}$ $p_0 = 10^5 \text{ Па.}$ <hr/> Табу керек: $\frac{V_2}{V_1} = ?$	Шешуі: $T = \text{const}$ – изотермалық процесс тендеуін $p_1 V_1 = p_2 V_2$ пайдаланамыз, мұнда p_1 – су түбінде тұрған ауа көпіршігінің ішіндегі қысым, ол атмосфера қысымы мен сүйкіткің бағаны қысымы қосындысына тең: $p_1 = p_0 + \rho gh$, p_2 – суды жарып шықкан кезінде ауа көпіршігінің ішіндегі қысым, ол атмосфера қысымына тең, яғни $p_2 = p_0$. Бұдан $(p_0 + \rho gh) \cdot V_1 = p_0 V_2$. Бұл формуладан төмендегіге ие боламыз: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_0 + \rho \cdot g \cdot h}{p_0} = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 30}{10^5} = 4$
--	---

Жауабы: ауа көпіршігі 4 есеге үлкейген.

1. 27 °C температурада жабық ыдыстағы газдың қысым 900 кПа-ға тең болған. Газ қыздырылып, температурасы 227 °C-ге жеткізілгенде ыдыстағы газдың қысымы қандай мәнге ие болады?
2. Баллонда 17 °C температурадағы газ бар. Егер газдың 0,4 бөлігі шығып кетсе, ондағы температура 10 °C-ге төмендесе, баллондағы газдың қысымы қалай өзгереді?
3. Бастапқы температурасы 27 °C болған идеал газ изобаралық кеңейіп, көлемі 24%-ға артты. Оның кейінгі температурасы қандай болады?
4. Идеал газ тұрақты қысымда 27 °C-ден 117 °C-ге дейін қыздырылғанда, газ көлемі қанша пайызға артады?
5. Ауа көпіршігі су түбінен су бетіне шыққанға дейін 3,5 есеге үлкейді. Судың тереңдігі қандай? Судың жоғары және төменгі бөлігіндегі температураларды бірдей деп есептендер.
- 6*. Жабық ыдыстағы газды 120 K-ге қыздырылғанда оның қысымы екі есе артқан болса, газдың бастапқы температурасы қандай болған?
- 7*. Газ изобаралық түрде температурасын 10 K-ге арттырылғанда, газ көлемі бастапқы мәнінің 1/20 бөлігіне дейін артты. Газдың бастапқы температурасы қандай болған?
- 8*. Массасы 3 кг болған идеал газ 127 °C температурада еркін жылжыттын поршень астында $2,5 \text{ m}^3$ көлемді иелеп тұр. Қандай температурада поршень астындағы газдың тығыздығы 2 kg/m^3 болады?

Идеал газдар молекула-кинетикалық теориясының негізгі тендеулерінен туындағы қатынастар



I ТАРАУДЫ ҚАЙТАЛАУҒА АРНАЛҒАН ТЕСТ ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Авагадро саны деп қандай физикалық шамаға айтылады?

- A) 12 г көміртегідегі атомдар санына; B) 1 моль заттағы бөлшектер санына;
C) 18 г судағы молекулалар санына; D) Барлық жауптар дұрыс.

2. Зат мөлшері 25 моль болған оттегінің массасын анықта (г).

- A) 144; B) 800; C) 270; D) 600.

3. 27 г суда қанша моль зат бар?

- A) 2; B) 1,8; C) 0,9; D) 1,5.

4. Молекулалар саны $2,4 \cdot 10^{24}$ болған азот газы затының мөлшері қандай (моль)?

- A) 2; B) 4; C) 1,5; D) 3.

5. 5 моль су қанша көлемді иелейді (cm^3)?

- A) 2; B) 90; C) 64; D) 18.

6. Газдың көлемі 2 есеге артып, молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы 2 есеге азайса, оның қысымы қалай өзгереді?

- A) 4 есеге артады; B) 8 есеге азаяды;
C) 4 есеге азаяды; D) 8 есеге артады.

7. Жабық ыдыстағы идеал газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 30 %-ға артса, газ қысымы қалай өзгеретінін тап.

- A) 25 %-ға артады; B) 69 %-ға артады;
C) 10 %-ға артады; D) 20 %-ға артады.

8. Қысымы $4 \cdot 10^5$ Па, ал көлемі 2 m^3 болған бір атомды идеал газ молекулаларының кинетикалық энергиясын есепте (Дж).

- A) $1,8 \cdot 10^5$; B) $1,2 \cdot 10^6$; C) $2,4 \cdot 10^5$; D) $4 \cdot 10^5$.

9. Баллондағы гелий газының температурасы 27 °С-ден 227 °С-ге дейін қөтерілсе, газдың тығыздығы қалай өзгереді?

- A) 4 есеге артады; B) 2 есеге артады; C) 3 есеге артады; D) өзгермейді.

10. Баллондағы оттегі температурасы 227 °С-ден 127 °С-ге дейін то мендесе, ондағы газ молекулаларының концентрациясы қалай өзгереді?

- A) 4 есеге артады; B) 2 есеге артады; C) 4 есеге азаяды; D) өзгермейді.

11. Газдың абсолюттік температурасы 4 есеге артқанда, молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы неше есеге артады?

- A) 2; B) $\sqrt{3}$; C) 4; D) 3.

12. Газдың абсолюттік температурасын неше есеге көтергенде, молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы екі есеге артады?

- A) 2 есе; B) 16 есе; C) 8 есе; D) 4 есе.

13. 400 К температура 138 кПа қысымда газ молекулаларының концентрациясы неге тең (м^{-3})?

- A) $2,5 \cdot 10^{25}$; B) $5 \cdot 10^{25}$; C) $1,38 \cdot 10^7$; D) $2,76 \cdot 10^6$.

14. 50 моль газ 75 кПа қысым астында және 27 °C температурада қандай қөлемді иелейді (м^3)?

- A) 8,31; B) 1,662; C) 31; D) 6,2.

15. Температурасы 27 °C болған 2 моль газдың қысымын тап (Па). Газдың қөлемін 4 л-ға тең деп алындар.

- A) $6,12 \cdot 10^5$; B) $5,45 \cdot 10^5$; C) $12,46 \cdot 10^5$; D) $24,9 \cdot 10^5$.

16. Газдың қысымы 12 есеге артса, ал қөлемі 3 есеге азайса, оның абсолюттік температурасы қалай өзгеретінін анықта.

- A) 3 есеге азаяды; B) 3 есеге артады;
C) 10 есеге артады; D) 4 есеге артады.

17. Бойл-Мариотт идеал газ параметрлері үшін қандай байланысты үйрениген?

- A) $p \cdot V$; B) $p \cdot 1/V$; C) $p \sim T$; D) $V \cdot T$.

18. Изотермалық процесте газдың қысымы 2 есеге артты. Мұнда газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы қалай өзгереді?

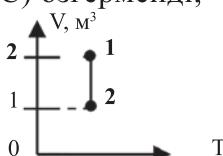
- A) 2 есеге артады; B) 2 есеге азаяды;
C) өзгермейді; D) 4 есеге азаяды.

19. Изотермалық процесте газдың қысымы 4 есеге артты. Мұнда газ концентрациясы қалай өзгереді?

- A) 2 есеге артады; B) 4 есеге артады;
C) 4 есеге азаяды; D) 2 есеге азаяды.

20. Суретте көрсетілгеніндей газ 1-күйден 2-күйге өткенде, оның қысымы қалай өзгереді?

- A) 4 есе артады B) 4 есе азаяды;
C) өзгермейді; D) 2 есе артады.



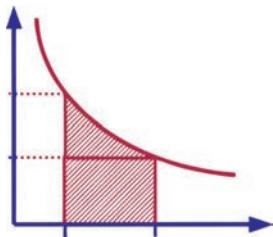
- 21. Тұрақты қысымдағы идеал газ көлемінің температураға байланыстылығын кім тәжірибе негізінде үйренген?**
- A) Гей-Люссак; B) Шарль; C) Бойл-Мариотт; D) Штерн.
- 22. Идеал газ үшін изобаралық процестің формуласын көрсет.**
- A) $p = nkT$; B) $pV = \text{const}$; C) $V/T = \text{const}$; D) $p/T = \text{const}$.
- 23. Мына тіркестің мазмұнына сай түрде сөйлемді жалғастыр:
Изохоралық процесте...**
- A) p және T өзгереді, V тұрақты; B) p және V өзгереді, T тұрақты;
C) V және T өзгереді, p тұрақты; D) Барлық параметрлер өзгереді.
- 24. Жабық ыдыстағы температурасы -96°C болған идеал газды 81°C -ге дейін қыздырылғанда оның қысымы неше есеге артады?**
- A) 3; B) 2; C) 1,18; D) 2,21.
- 25. Баллондағы газ 57°C температурада 10^5 Па қысымға ие болса, қандай температурада оның қысымы $3 \cdot 10^5\text{ Па}$ болады ($^{\circ}\text{C}$)?**
- A) 990; B) 171; C) 444; D) 717.
- 26. Баллондағы газ температурасы 400 K -ге көтерілгенде, оның қысымы 3 есеге артқан болса, газдың соңғы температурасын анықта (K).**
- A) 450; B) 900; C) 750; D) 600.
- 27. Егер қызыу шамы жағылғанда, температурасы 7°C -ден 287°C -ге көтерілсе, оның ішіндегі газ қысымы неше есеге артады?**
- A) 3 есе; B) 4 есе; C) 1,5 есе; D) 2 есе.
- 28. 2 моль идеал газ 400 K температурада 400 kPa қысымға ие болса, оның көлемі қаншаға артады?**
- A) 831 л; B) 8,31 л; C) 16,62 л; D) 41,5 л.
- 29. Қалыпты жағдайда жабық ыдыстағы бірдей массалы сутегі, азот және оттегі газдарымен толтырылған. Қайсы газдың потенциалдық қысымы ең жоғары болады?**
- A) сутегі; B) оттегі; C) азот; D) қысымдар тен.
- 30. Газдың қысымы $16,6\text{ kPa}$, тығыздығы $0,02\text{ кг}/\text{m}^3$, мольдік массасы $2\text{ г}/\text{моль}$. Газдың температурасын тап (K).**
- A) 2; B) 200; C) 275; D) 473.

І ТАРАУ БОЙЫНША МАҢЫЗДЫ ҚОРЫТЫНДЫЛАР

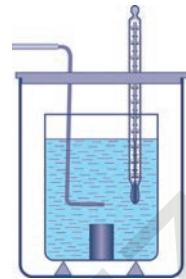
Молекула-кинетикалық теория тәжірибеде дәлелденген үш ережеге негізделеді:	1. Заттар бөлшектерден — атомдар мен молекулалардан құралған. 2. Атомдар мен молекулалар үздіксіз және тәртіпсіз қозғалады. 3. Атомдар мен молекулалар арасында өзара тартылу және тебілу құштері бар.
Броун қозғалысы төмендегідей қасиеттерге ие:	Броун қозғалысы үздіксіз және тәртіпсіз қозғалыстан құралған. Броун қозғалысының траекториясы күрделі сынық сзықтардан құралған. Броун қозғалысы бөлшектің өлшеміне байланысты.
Зат мөлшері	1 моль — заттың сондай мөлшері, ондағы атомдар (молекулалар) санының массасы 12 г көміртегідегі атомдардың санына тең.
Авогадро тұрақтысы	Мөлшері 1 моль заттағы молекулалар саны итальян ғалымы Амедео Авогадроның құрметіне Авогадро тұрақтысы деп аталады. Авогадро тұрақтысы фундаменталды физикалық шама болып, оның сандық мәні $N_A=6,022\cdot10^{-23}$ моль ⁻¹ -ға тең.
Мольдік масса	Мөлшері бір моль болған кез келген заттың массасы мольдік масса деп аталады.
Массаның атомдық бірлігі	Массаның атомдық бірлігі (u) етіп көміртегі атомы массасының $1/12$ бөлігімен салыстыру қабылданған, яғни: $1 u \approx 1,66\cdot10^{-27}$ кг.
Салыстырмалы атомдық масса	Берілген зат атомы массасының (m_0) көміртегі атомдық массасы (m_{0C}) $1/12$ бөлігінің қатынасы, осы заттың салыстырмалы атомдық массасы деп аталады.
Молекулалар концентрациясы	Көлем бірлігіндегі молекулалардың саны зат молекулаларының концентрациясы деп аталады.
	$n = \frac{N}{V}; \quad [n] = \frac{1}{m^3}.$

Идеал газ	Молекулалары материалдық нүкте деп қарастырылатын және олардың арасындағы өзара әсерлесу күштері ескерілмейтін дәрежеде кіші болған газ.
Нақты газ	Қасиеттері молекулаларының өзара әсерлесуіне байланысты болған газ.
Температураның молекулакинетикалық түсініктемесі	Температура – газ молекулалары үдемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясының өлшемі екенін аңғартады, яғни: $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot k T.$
Больцман тұрақтысы	Больцман тұрақтысы молекулалардың орташа кинетикалық энергиясы мен температурасының арасындағы байланысты коэффициентті өрнектейді. Оның сандық мәні $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К-ге тең.
Универсал газ тұрақтысы	Больцман тұрақтысы k мен Авогадро тұрақтысының N_A көбейтіндісін универсал (мольдік) газ тұрақтысы деп атая қабылданған. Универсал газ тұрақтысының сандық мәні мынаған тең: $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$
Идеал газдың қысымы	Идеал газдың қысымы газ молекулаларының концентрациясы мен оның температурасына тұра пропорционал, яғни: $p = nkT$.
Абсолюттік нөл температурасы	Абсолюттік нөл температурасы – мүмкін болған ең төмен температура болып, мұндай температурада зат молекулаларының жылу қозғалысы тоқтайды.
Температураның Цельсий және Кельвин шкаласы арасындағы қатынас	Температураның Цельсий шкаласынан Кельвин шкаласына өту формуласын төмендегідей өрнектеуге болады: $T = t + 273$.
Молекулалар жылу қозғалысының орташа квадраттық жылдамдығы	$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$

Молекулалардың жылдамдықтар бойынша жіктелуі	Ағылшын физигі Дж. Максвелл 1859 жылы теориялық жолмен газ молекулаларының қандайда бір жылдамдықта түрлі жылдамдықпен қозғалатынын, яғни молекулалардың жылдамдықтар бойынша жіктелетінін анықтады
Штерн тәжірибесі	Штерн тәжірибесі идеал газ молекула-кинетикалық теориясының, сондай-ақ Максвелдің газ молекулалар жылдамдықтары бойынша жіктелуі туралы ілімінің дұрыстығын растады.
Менделеев-Клапейрон теңдеуі	Менделеев-Клапейрон теңдеуі идеал газ күйінің теңдеуі болып, ол газдың массасы, мольдік массасы, қысымы, көлемі мен температурасының арасындағы байланысты өрнектейді, яғни: $pV = \frac{m}{M} RT$.
Бойл-Мариотт заңы. Изотермалық процесс	Идеал газдың массасы ($m = \text{const}$) мен температурасы ($T = \text{const}$) тұрақты болғандағы газ күйінің өзгеру үдерісі изотермалық процесс деп аталады. Тұрақты температурада берілген массалы газдың қысымы көлемге кері пропорционал түрде өзгереді, яғни: $p \sim 1/V$ немесе $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$.
Гей-Люссак заңы. Изобаралық процесс	Идеал газдың массасы ($m = \text{const}$) мен қысымы ($p = \text{const}$) тұрақты болғандағы газ күйінің өзгеру үдерісі изобаралық процесс деп аталады. Тұрақты қысым жағдайында берілген массалы газдың көлемі температураға тура пропорционал түрде өзгереді, яғни: $V \sim T$. $\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{немесе} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$
Жак Шарль заңы. Изохоралық процесс	Идеал газдың массасы ($m = \text{const}$) мен көлемі ($V = \text{const}$) тұрақты болғандағы газ күйінің өзгеру үдерісі изохоралық процесс деп аталады. Тұрақты көлем жағдайында берілген массалы газдың қысымы температураға тура пропорционал түрде өзгереді, яғни: $p \sim T$. $\frac{p}{T} = \text{const} \quad \text{немесе} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$



II ТАРАУ ІШКІ ЭНЕРГИЯ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ



Макроскопиялық жүйеде болатын түрлі үдерістерде энергия бір түрден екінші түрге өтеді. Физикалық үдеріс ішіндегі қатынастарды зерттейтін молекулалық физиканың бөлімі **термодинамика** деп аталады. Термодинамикада денелердің қасиеттері тек энергия алmasу тұрғысынан үйреніліп, олардың молекулалық құрылымына ерекше көңіл бөлінеді.

15-§. ИШКІ ЭНЕРГИЯ

Молекула-кинетикалық теорияға орай макроскопиялық денені құрайтын барлық молекулалар тәртіпсіз қозгалады. Денені құрайтын барлық бөлшектердің кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысы осы дененің (заттың) ішкі энергиясына тең:

$$U = E_k + E_p. \quad (1)$$

мұнда E_k және E_p денені құрайтын барлық молекулалардың сәйкесінше кинетикалық және потенциалдық энергиялары болып табылады.

Идеал газдың ішкі энергиясын есептеу, қатты және сұйық денелердің ішкі энергиясын есептеу сияқты күрделі емес. Идеал газ молекулалары бірімен-бірі өзара әсерлеспейтіндіктен, олардың өзара әсерлесу потенциалдық энергиясын нөлге тең деп алуға болады. Онда идеал газдың ішкі энергиясы оны құрайтын барлық молекулалардың тәртіпсіз қозғалысы кинетикалық энергияларының қосындысынан құралған болады, яғни:

$$U = E_{k1} + E_{k2} + \dots + E_{kn}. \quad (2)$$

Идеал газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы $\bar{E}_k = \frac{3}{2} k T$ екенін ескеріп, (2) формуланы төмендегідей жазамыз:

$$U = N \cdot \bar{E}_k = \frac{3}{2} N k T. \quad (3)$$

Сондай-ақ, $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ және $k \cdot N_A = R$ екенін ескерсек (3) формула төмендегідей көрініске ие болады:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT. \quad (4)$$

(4) теңдік идеал газдың ішкі энергиясын есептеуге мүмкіндік береді. Демек, идеал газдың ішкі энергиясы оның массасы мен абсолюттік температурасының көбейтіндісіне тұра, мольдік массасына көрі пропорционал болады.

Термодинамикада жүйе бір құйден екінші бір құйге өткенде оның ішкі энергиясының өзгеру өте маңызды. Ішкі энергиясы өзгеруі дегенде жүйенің бастанқы және соңғы құйі арасындағы ішкі энергиялардың айырмашылығы түсініледі, яғни:

$$\Delta U = U_2 - U_1. \quad (5)$$

Егер газдың температурасы T_1 -ден T_2 -ге дейін өзгерсе, (4) формулаға орай оның ішкі энергиясының өзгеруін төмендегідей жазуға болады:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{3}{2} V R \Delta T. \quad (6)$$

Идеал газ құйінің теңдеуіне орай $pV = \frac{m}{M} RT$ болғандықтан (4)

теңдікті мына көріністе жазуға болады:

$$U = \frac{3}{2} p V. \quad (7)$$

(7) теңдіктен газдың ішкі энергиясы газ қысымы мен көлеміне де байланысты екені көрініп түр. (4) және (7) теңдеулерді бір атомды газдар үшін жазамыз:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} p V. \quad (8)$$

Кез келген дененің ішкі энергиясы оның жылу құйіне байланысты. Денеде жылу құйінің өзгеруімен оның ішкі энергиясы да өзгереді. Зат бір агрегат құйден басқа агрегат құйге өткенде, мысалы: зат сұйық құйден газ құйге өткенде және қатты құйден сұйық құйге өткенде дененің ішкі энергиясы артады. Қатты құйден сұйық құйге өткенде дененің ішкі энергиясы артса, керісінше, сұйық құйден қатты құйге өткенде дененің ішкі энергиясы азаяды. Сондай-ақ зат сұйық құйден газ құйіне өткенде оның ішкі энергиясы артады.

Есеп шығару үлгісі

Мөлшері 12 моль болған аргон газы 12 °С-ден –88 °С-ге дейін сұтылғанда, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?

Берілгені:	Формуласы:	Шешуі:
$v = 12 \text{ моль}$ $T_1 = 12^\circ\text{C} + 273 = 285 \text{ K}$ $T_2 = -88^\circ\text{C} + 273 = 185 \text{ K}$	$\Delta U = \frac{3}{2} v R (T_2 - T_1)$ $[U] = \text{моль} \cdot \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = \text{Дж}$	$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 12 \cdot 8,31 \cdot (185 - 285) =$ $= -14958 \text{ J} \approx -15 \text{ кДж.}$
Табу керек: $\Delta U = ?$		Жауабы: газдың ішкі энергиясы $\Delta U = 15 \text{ кДж-ға}$ азаяды.



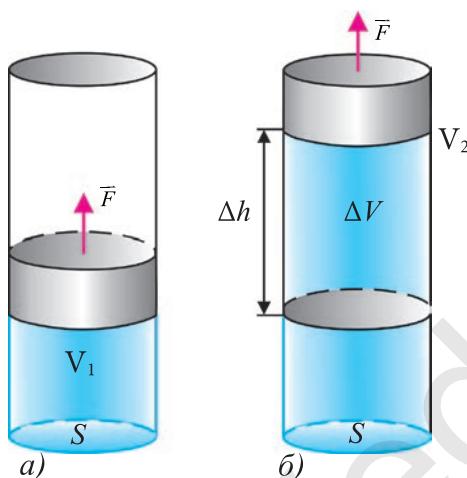
1. Термодинамика нені зерттейді?
2. Идеал газдың ішкі энергиясы дегенде нені түсінесің?
3. Идеал газдың ішкі энергиясын есептеу формуласын жазып, оны түсіндіріп беріңдер.
4. Газ изобаралық кеңейгенде оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?



1. Температурасы 47 °С, ал ішкі энергиясы 80 кДж болған аргон газының массасын анықта.
2. Бір атомды идеал газдың көлемі 0,4 м³, ал ішкі энергиясы 45 кДж болса, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?
3. Мөлшері 3 моль неон газы 40 °С-ден –80 °С-ге дейін сұтылғанда, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?
4. Массасы 80 г гелий газы 20 °С-ден 70 °С-ге дейін қыздырылғанда, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?
5. Ідистағы $4 \cdot 10^{25}$ молекулаға ие бір атомды идеал газдың температурасы 72 К-ге артқанда, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?
6. 10^5 Па қысым астында тұрған бір атомды идеал газдың көлемі изобаралық тұрде 300 см³-ден 500 см³-ге дейін артады. Мұнда газдың ішкі энергиясы қалай өзгереді?
7. Қызу шамы жанғанда, ішіндегі газдың температурасы 17 °С-ден 307 °С-ге дейін артса, ішіндегі газдың ішкі энергиясы неше есеге артады?

16-§. ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

Қандайда бір жүйенің ішкі энергиясының өзгеруіне жұмыс атқару мен жылу алмасу үдерістері себеп болады. Газда болатын көп үдерістерде оның көлемі өзгереді. Газ қандайда бір көлемді иелеп тұруы үшін ол ыдысқа салынып болып, қандайда бір сыртқы күш әсерінде болуы керек. Көз алдымызға келтірелік, m массалы газ еркін жылжитын поршеньді цилиндр ыдыстың ішінде болсын (19-а сурет). Газдың бұл күйдегі температурасы T_1 , көлемі V_1 , ал қысымы p_1 болсын. Егер газды T_2 температураға дейін қыздырсақ (поршень еркін жылжығаны үшін, газ қысымы тұрақты деп қарастырылады, яғни: $p_1 = p_2$), газ изобаралық кеңейіп V_2 көлемді иелейді (19-б, сурет). Газдың көлемі өзгергенде, ол сыртқы қысым қүшіне қарсы жұмыс атқарады. Бұл жұмыс **термодинамикалық жұмыс** деп аталады. Газ қыздырылғанда, газ молекулалары поршеньге барып соғылуы нәтижесінде поршеньді қандайда бір Δh қашықтыққа жылжытады және жұмыс атқарылады. Механикалық жұмыс формуласына орай газдың сыртқы күшке қарсы атқаратын жұмысы мынаған тең:



19-сурет.

мұнда $\Delta V = V_2 - V_1$ газ көлемінің өзгеруі. Демек, газдың изобаралық кеңеюінде атқарған жұмысы оның қысымы мен көлемі өзгеруінің көбейтіндісіне тең. Бұл үдерісте газ кеңейіп сыртқы күштерге қарсы он жұмыс атқарады, өйткені күш бағыты мен поршеньнің жылжу бағыты бірдей. Сондай-ақ газ сығылғанда газ үстінен сыртқы күштер жұмыс атқарады.

19-суретте бейнеленген әр екі күйде, яғни изобаралық кеңею үдерісі үшін Менделеев-Клапейрон теңдеуін жазып,

$$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1 \quad \text{және} \quad pV_2 = \frac{m}{M} RT_2 \quad (3)$$

оларды бірінен-бірін айырамыз:

$$pV_2 - pV_1 = \frac{m}{M} RT_2 - \frac{m}{M} RT_1 \quad \text{немесе} \quad p(V_2 - V_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1) \quad (4)$$

Егер $T_2 - T_1 = \Delta T$ және $V_2 - V_1 = \Delta V$ деп алсақ, (4) формула төмендегідей болады.

$$p \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T. \quad (5)$$

(5) формулаға орай газ изобаралық ΔT температурада қыздырылғанда сыртқы күштер үстінен атқарылатын жұмыс төмендегідей анықталады:

$$A = p \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T, \quad (6)$$

Бұл формуланы 1 моль мөлшердегі газ үшін жазсақ, мына көрініске келеді:

$$A = R \Delta T. \quad (7)$$

Бұл формуладан универсал газ тұрақтысы үшін төмендегі қатынас келіп шығады, яғни:

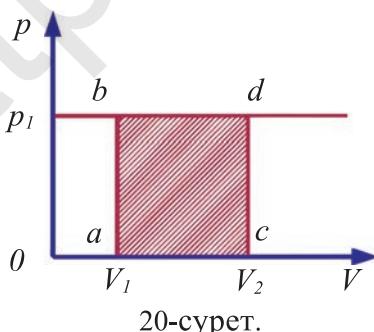
$$R = \frac{A}{\Delta T}.$$

Универсал газ тұрақтысы сандық тұрғыдан бір моль газды бір кельвинге изобаралық қыздырылғанда осы газ атқаратын жұмысқа тең.

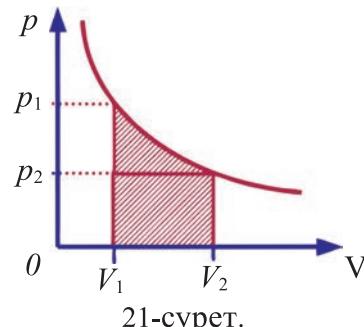
Газ атқарған жұмыстың геометриялық түсініктемесі. Жұмыстың геометриялық түсініктемесі осы үдерісте атқарылған жұмысты геометриялық жолмен түсіндіру болып табылады. Мұнда газ қысымының көлемге байланыстылығы графигі сзыллады, мысалы, газ изобаралық кеңейсін (20-сурет). Тұрақты p қысымға V_1 -ден V_2 -ге кеңейгенде атқарылған жұмыс $abcd$ тік төртбұрыштың ауданына сандық тұрғысынан тең, яғни:

$$A = p_1(V_2 - V_1) = |ab| \cdot |ac|.$$

Изотермалық үдерісте қысым көлемге көрі пропорционал түрде өзгереді (21-сурет). Бұл жағдайда газдың атқаратын жұмысы сандық тұрғысынан изотерма графигіндегі штрихтелген ауданға тең болады.



20-сурет.



21-сурет.

Есеп шығару үлгісі

Поршень астындағы оттегі газы 64 К-ге изобаралық қыздырылғанда, газ сыртқы күштер үстінде 16,6 кДж жұмыс атқарды. Оттегінің массасы қанша?

Берілгені:

$$M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\Delta T = 64 \text{ К}$$

$$p = \text{const}$$

$$A = 16,6 \text{ кДж} = \\ = 16,6 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$$

Табу керек:
 $m = ?$

Формуласы:

$$A = \frac{m}{M} R \cdot \Delta T;$$

$$m = \frac{A \cdot M}{R \cdot \Delta T}.$$

$$[m] = \frac{\frac{\text{Дж} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\text{Дж}}}{\frac{1}{\text{моль} \cdot \text{К}}} = \text{кг}$$

Шешуі:

$$m = \frac{16,6 \cdot 10^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 64} \text{ кг} = 1 \text{ кг.}$$

Жауабы: $m = 1 \text{ кг.}$



- Газдың изобаралық кеңеюде атқарған жұмысы формуласын келтіріп шығарып, оны түсіндіріп беріңдер.
- Газдың изобаралық кеңеюде атқарған жұмысын температураның өзгеруі арқылы өрнектендер.
- Механикалық жұмыс пен термодинамикалық жұмыстың айырмашылығы неде?



- Цилиндр ыдыстағы 160 кПа қысым астындағы газ изобаралық кеңейіп, 48 кДж жұмыс атқарды. Мұнда газдың көлемі қаншаға артқан?
- Поршень астындағы 400 г ауа изобаралық қыздырылды. Ауа сыртқы күштер үстінен 8 кДж жұмыс атқарған болса, ол неше градусқа қызған?
- 100 кПа қысым астындағы идеал газ изобаралық кеңейіп, көлемі 100 см³-ден 300 см³-ге дейін артты. Мұнда газ қандай жұмыс атқарған?
- Ішкі диаметрі 5 см болған цилиндрге газ сыйылған. Цилиндр поршенине 50 Н сыртқы күш әсер етіп, газ көлемін 10 см³-ге азайтты. Сыртқы күш алынғаннан соң газ кеңейіп, бастапқы күйге қайтты. Сыртқы күш алынғаннан соң сыйылған газ қанша жұмыс атқарған?

17-§. ЖЫЛУ МӨЛШЕРІ

Денедегі жылу алмасуы

Бір денеден екінші денеге жұмыс атқармастан энергия беру үдерісі жылу алмасу немесе жылу беру деп аталады.



Жылу алмасу үдерісінде дene алған немесе жоғалтқан ішкі энергия мөлшерін белгілейтін физикалық шама жылу мөлшері деп аталады.

Жылу мөлшерінің өлшем бірлігі жұмыс бірлігімен бірдей, яғни **Джоуль** (1 Дж). Жылу мөлшерін есептеу үшін **калория** (1 кал) деп аталатын бірлік те енгізілген. Жылу мөлшерін Q әрпімен белгілеу қабылданған.



1 грамм дистилденген суды 1°C -ге жылдыту үшін қажетті жылу мөлшері 1 калория деп қабылданған.

Калориямен бірге килокалория да қолданылады (1 ккал = 1000 кал). Жылу мөлшерінің Джоуль мен калория бірліктерінің арасындағы қатынасы төмендегідей өрнектеледі: 1 Дж = 0,24 кал немесе 1 кал = 4,19 Дж.

Жылу беру үдерісінде дененің температурасы t_1 мәннен t_2 мәнгеге өзгерсе, дene алған немесе жоғалтқан жылу мөлшері төмендегідей анықталады:

$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (1)$$

мұнда m – дененің массасы, c – пропорционалдық коэффициенті болып, ол заттың салыстырмалы жылу сыйымдылығы деп аталады, t_1 – дененің бастапқы температурасы, t_2 – дененің соңғы температурасы. Жылу алмасу үдерісінен кейін дененің температурасы $t_2 > t_1$ қатынаста болса $Q > 0$ болып, дene жылу мөлшерін алғанын және керісінше $t_2 < t_1$ қатынаста болса $Q < 0$ болып, дene жылу мөлшерін бергенін аңғартады.

(1) формулаға орай заттың салыстырмалы жылу сыйымдылығының төмендегідей анықталады:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

(2) теңдікке орай салыстырмалы жылу сыйымдылығының Халықаралық

бірліктер жүйесіндегі бірлігі $[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot K}$ екені келіп шығады.



Массасы 1 кг заттың температурасын 1°C -ге өзгертуге қажетті жылу мөлшерін анықтайтын физикалық шама заттың салыстырмалы жылу сыйымдылығы деп аталады.

Заттардың салыстырмалы жылу сыйымдылығының сандық мәндері төмендегі кестеде көлітірілген.

Зат түрі	Салыстырмалы жылу сыйымдылығы, Дж/(кг · К)	Зат түрі	Салыстырмалы жылу сыйымдылығы, Дж/(кг · К)
1 Қорғасын	130	6 Шыны	830
2 Күміс	230	7 Алюминий	890
3 Қалайы	230	8 Мұз	2100
4 Мыс	390	9 Керосин	2140
5 Болат	460	10 Су	4200

Жылу балансының тендеуі

Зерттеп жатқан денелер жүйесі (яғни система) айналасындағы денелерден жеткілікті дәрежеде изоляцияланған болса, біз оны жабық жүйе деп атайды. Уақыт өтуімен жабық жүйе ішіндегі денелердің ішкі энергиясы өзгермейді. Мысалы, калориметр, су және қыздырылған металл денеден құралған жабық жүйені қарастырайық. Мұнда жүйе ішіндегі денелер арасында жылу алмасу жүзеге асады, қызыған металл денеге жылу берсе, су мен ыдыс жылуды алады.

Жылу алмасу үдерісіне қатысатын барлық денелердің ішкі энергиялары олардың температуралары бірдей болғанға дейін өзгереді. Тұрактанған температура денелер жүйесінің термодинамикалық тепе-тендік температурасы деп аталады. Жылу алмасу үдерісі ешқандай жұмыс атқармastaн жүзеге асқанда ішкі энергияның өзгеруі кейбір денелердің қызуы, басқа денелердің суының есебіне болады. Жұмыс атқарылмastaн тек жылу алмасу нәтижесінде болатын үдерістерді анықтау үшін жылу балансы тендеуі (французша «balans» – тепе-тендік сөзінен алынған) түзіледі. Бұл тендеуді төмендегідей түсіндіруге болады:



Жылу алмасу нәтижесінде ішкі энергиялары азайған денелердің берген жылу мөлшерлерінің қосындысы, ішкі энергиялары артқан денелердің қабылдаған жылу мөлшерлерінің қосындысына тең.

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q'_1 + Q'_2 + \dots + Q'_n \quad (3)$$

Мұнда Q_1, Q_2, \dots, Q_n – ыстық денелердің берген жылу мөлшерлері.

Ал Q'_1, Q'_2, \dots, Q'_n сүйкі денелердің алған жылу мөлшерлері.

(3) тендеу жылу балансы тендеуі деп аталады. Ол жылу алмасу үдерісі үшін энергияның сақталу заңынан құралған болып, былай сипатталады:



Жылу алмасу үдерісінде жылу мөлшері жоқтан бар болмайды, бардан жоқ болмайды, тек бір денеден басқа денеге өтеді.

Дененің (заттың) берген немесе алған жылу мөлшерін калориметрдің көмегімен анықтауға болады (22-сурет). Калориметр сөзі жылуды өлишеу деген мағына береді (латынша *calor* – жылу, грекше *metreo* – өлишеу).

Калориметрдің ішкі ыдысы жұқа қабырғалы металл ыдыс (1) болып, ол жылуды аз өткізетін резеңкелі аралық қабатқа (2) орнатылып, пластмасса ыдысқа (3) салынған. Калориметрге термометр (4) мен араластырғаш (5) түсірілген болады.

Калориметрдің араластырғышпен біргеліктегі массасы m_1 және салыстырмалы жылу сыйымдылығы c_1 болсын. Калориметрге m_2 массалы су құяды. Судың салыстырмалы жылу сыйымдылығы c_2 , жылу тепе-тәндікке келген соң калориметр мен судың температурасы t_1 болсын. Калориметрге температурасы t_2 , массасы m , салыстырмалы жылу сыйымдылығы c болған қыздырылған темірді (6) түсіреміз. Жылу тепе-тәндігі тұрақтанғандағы сулы калориметр мен темірдің температурасы t болсын. Мұнда қыздырылған темір t_2 -ден t -ге дейін суып, калориметр мен суға $Q = cm (t_2 - t)$ жылу мөлшерін береді. Нәтижеде калориметр мен су температурасы t_1 -ден t -ге дейін көтеріледі. Мұнда калориметр $Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1)$, су $Q_2 = c_2 m_2 (t - t_1)$ жылу мөлшерін алады.

Энергияның сақталу заңына орай, дененің берген жылу мөлшері калориметр мен су алған жылу мөлшерлерінің қосындысына тең:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (4)$$

Калориметр, су және темірдің салыстырмалы жылу сыйымдылығы мен массаларын білген жағдайда t_1, t_2 және t температураарды өлшеп, темірдің берген Q жылу мөлшерін, калориметр мен судың алған Q_1 және Q_2 жылу мөлшерлерін анықтауға болады.

(4) формулаға Q , Q_1 мен Q_2 -нің формулаларын қойып, жылу балансы тендеуінің тәмендегі формуласын туыннатамыз:

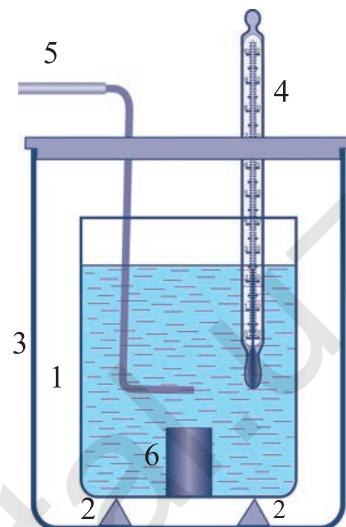
$$cm (t_2 - t) = c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_1). \quad (5)$$

Егер калориметрге салынған дененің салыстырмалы жылу сыйымдылығы c белгісіз болса, оны (5) формуладан келтіріп шығаруға болады:

$$c = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(t - t_1)}{m(t_2 - t)}. \quad (6)$$

Бұл калориметрге салынған кез келген дененің салыстырмалы жылу сыйымдылығын табу формуласын көрсетеді.

Демек, калориметрдің көмегімен кез келген дененің салыстырмалы жылу сыйымдылығын да анықтауға болады.



22-сурет.

Есеп шығару үлгісі

Су 210 м биіктікten ағып тұсуде. Ауырлық күшінің атқарған жұмысы судың температурасын қаншаға өзгертерді? Судың тұсуін еркін тұсу деп есептендер.

Берілгені:

$$h = 210 \text{ м}$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

$$c = 4200 \text{ Дж/ (кг·К)}$$

Табу керек:

$$\Delta t = ?$$

Шешуі: Ауырлық күші атқарған жұмыстың белгілі бір бөлігі дененің ішкі энергиясын өзгертерді және мұнда дene қызыды. Көз алдымызға елестетіп көрейік, су h биіктікten тұскендеңі ауырлық күшінің жұмысы толық ішкі энергияға (жылуға) айналысын, яғни: $m \cdot g \cdot h = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$

формуланы қысқартып, $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{g \cdot h}{c}$ -ға ие боламыз.

$$[\Delta t] = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} = \text{К.} \quad \Delta t = \frac{9,81 \cdot 210}{4200} \text{ К} = 0,49 \text{ К.}$$

Жауабы: $\Delta t = 0,49 \text{ К.}$

1. Жылу мөлшері дегеніміз не? Оның қандай бірліктері бар?
2. Салыстырмалы жылу сыйымдылығын сипаттап, оны есептеу формуласын жазындар.
3. Жылу балансы теңдеуінің физикалық маңызы неде?
4. Жылу алмасу үдерісі үшін энергияның сақталу заңының анықтамасын айтындар.
5. Бірдей биіктікten бірдей массаға ие болған алюминий, қорғасын және темір шарлар тасталды. Олардың қайсы бірі көбірек қызыды?

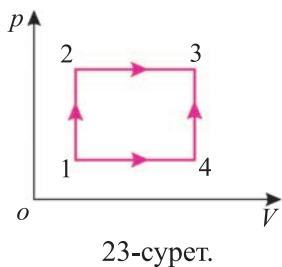


1. Массасы 0,5 кг және салыстырмалы жылу сыйымдылығы 450 Дж/(кг·К) дene 10 °C-ден 310 °C-ге дейін қыздырылғанда, қанша жылу мөлшерін қабылдайды?
2. Массасы 3 кг дene 20 °C-ден 500 °C-ге дейін қызғанда, 1267,2 кДж жылу мөлшерін алса, бұл дene қандай заттан дайындалған?
3. Қалыпты жағдайда температурасы 20 °C, ал көлемі 1,5 л су қайнағанға дейін қанша жылу мөлшерін алады?
4. Қалыпты жағдайда қайнап тұрган су ішінде мыс пен қорғасыннан жасалған денелер бар еді. Олар судан алынған кезде әрбірі қандай жылу мөлшеріне ие болады? Мысттан жасалған дененің массасын 200 г-ға, қорғасыннан жасалған дененің массасын 150 г-ға тен деп алындар.

18-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Идеал газ 1-күйден 3-күйге екі түрлі үдеріс арқылы өткен (23-сурет). Эр екі бағытта ішкі энергияның өзгеруі қалай жүзеге асады?

Берілгені. Сызба



23-сурет.

Шешуі: 1→2→3 бағытта газ бастапқыда изохоралық қыздырылған, кейін изобаралық кеңейген. Ал екінші 1→4→3 бағытта газ бастапқыда изобаралық кеңейген, соң изохоралық қыздырылған. Ішкі энергияның өзгеруі дегенде жүйенің бастапқы және соңғы күйі арасындағы ішкі энергиялардың айырмашылығы түсініледі, яғни:

$$\Delta U_{1,2,3} = \Delta U_{1,4,3} = U_3 - U_1.$$

Идеал газ ішкі энергияның $U = \frac{3}{2} p \cdot V$ формуласына орай, ішкі энергияның өзгеруі

$$\Delta U_{1,2,3} = \Delta U_{1,4,3} = \frac{3}{2} (p_3 \cdot V_3 - p_1 \cdot V_1) \text{ -ға тең.}$$

Жүйе бір күйден басқа күйге әрқандай бағытта өткенде, оның ішкі энергиясының өзгеруі тек осы күйлерді сипаттайтын параметрлерге байланысты болады. **Жауабы:** әр екі бағытта ішкі энергия бірдей өзгереді.

2-есеп. Поршень астындағы тұрақты массалы идеал газ 7 °C-ден 77 °C-ге дейін қыздырылғанда ол изобаралық кеңейеді. Мұнда газ сыртқы күштер үстінен қандай жұмыс атқарады? Газдың қысымы 125 кПа, ал бастапқы көлемі 2 л-ға тең болған.

Берілгені:

$$T_1 = 7 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = 280 \text{ K}$$

$$T_2 = 77 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = 350 \text{ K}$$

$$p = 125 \text{ кПа} = 125 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$V_1 = 2 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Табу керек:

$$A = ?$$

Шешуі: газдың бастапқы көлемі бізге белгілі.

Газдың кейінгі көлемін изобаралық процесс теңдеуіне орай табамыз, яғни: $V_2 = \frac{T_2 \cdot V_1}{T_1}$.

Газ изобаралық кеңейгенде оның атқарған жұмысы

$$A = p \cdot (V_2 - V_1)$$

формулаға орай анықталады.

Газдың кейінгі көлемінің формуласын жұмыстың

формуласына қойсақ, жұмыстың формуласы мына

$$A = p \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \cdot V_1.$$

Осы формулаға шамалардың сандық мәнін қойып, жұмыстың сан мәнін анықтаймыз. $A = 125 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{350}{280} - 1 \right) \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 62,5 \text{ Дж.}$ **Жауабы:** $A = 62,5 \text{ Дж.}$

3-есеп. Ыдыста 40°C температуралы 85 л су бар. Ол температурасы 15°C сүйк және 100°C температурадағы ыстық судан даярланған. Ыдысқа қанша сүйк және қанша ыстық су құйылған?

Берілгені:

$$t_1 = 15^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 100^{\circ}\text{C}$$

$$t = 40^{\circ}\text{C}$$

$$V = 85 \text{ л.}$$

Табу керек:

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

Шешуі: жылу балансы теңдеуіне орай жылу алмасу үдерісінде сүйк су алған жылу мөлшері: $Q_1 = m_1 c(t - t_1)$ және ыстық су берген жылу мөлшері $Q_2 = m_2 c(t_2 - t)$ -ға тең болады, яғни: $Q_1 = Q_2$.

Сулардың массаларын олардың көлемдері арқылы өрнектеп:

$m_1 = \rho V_1$, $m_2 = \rho V_2$, төмендегі қатынасқа ие боламыз:

$$\rho V_1 c(t - t_1) = \rho V_2 c(t_2 - t), \quad \text{немесе} \quad V_1(t - t_1) = V_2(t_2 - t).$$

Қоспаның көлемі $V = V_1 + V_2$ екенін ескеріп, V_1 көлемін табамыз: $V_1 = \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} \cdot V$. Осы теңдеуге сәйкес, сүйк судың көлемін есептейміз:

$$V_1 = \frac{100 - 40}{100 - 15} \cdot 85 \text{ л} = 60 \text{ л.} \quad \text{Ыстық судың көлемі } V_2 = V - V_1 = 85 \text{ л} - 60 \text{ л} = 25 \text{ л.}$$

Жауабы: $V_1 = 60$ л және $V_2 = 25$ л.

4-есеп. 800 м/с жылдамдықпен ұшып бара жатқан болат оқ құмға қадалды. Оқтың қадалуынан бөлінген жылудың 60% құмды қыздыруға кетсе, оқтың температурасы қаншаға артады? Болаттың салыстырмалы жылу сыйымдылығы $c = 460 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ -ға тең.

Берілгені:

$$v = 800 \text{ м/с}$$

$$\eta = 0,6$$

$$c = 460 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$$

Табу керек:

$$\Delta t = ?$$

Шешуі: оқ құмға қадалған кезде оның кинетикалық энергиясы толығымен ішкі энергияға айналады. Осы энергияның $1 - \eta = 0,4$ бөлігі оққа өтеді. Бұдан

$$Q = (1 - \eta) E_k; \quad mc\Delta t = (1 - \eta) \cdot \frac{mv^2}{2}.$$

Осы формулаларды пайдаланып оқ температурасын

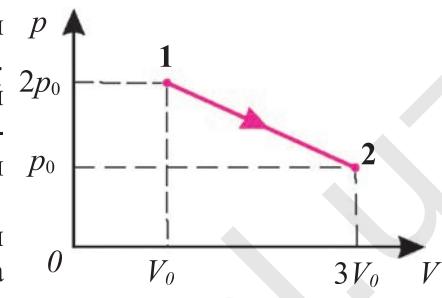
$$\text{анықтаймыз: } \Delta t = (1 - \eta) \cdot \frac{v^2}{2c}. \quad [\Delta t] = \frac{\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}} = \text{К}$$

$$\Delta t = \frac{0,4 \cdot 800^2}{2 \cdot 460} \text{ К} = 278 \text{ К.}$$

Жауабы: $\Delta t = 278 \text{ К.}$

Ж
15

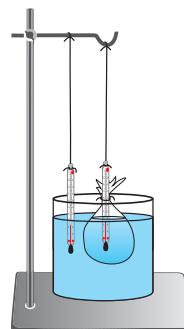
1. Температурасы 27°C , ал ішкі энергиясы 50 кДж болған гелий газының массасы қанша?
2. Бір атомды газдың қысымы 30 %-ға азайып, көлемі 6 есе артса, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?
3. Тұрақты массалы бір атомды идеал газ 1-күйден 2-күйге өтті (24-сурет). Мұнда газдың ішкі энергиясы қалай өзгереді? Газдың бастапқы қысымы $p_0 = 150 \text{ kPa}$, ал көлемі $V_0 = 4 \text{ л}$ болған.
4. Цилиндр поршені астында массасы 1,6 кг оттегі газы 17°C температурада тұр. 40 кДж жұмыс атқарған болса, ол қандай температураға дейін қызған?
5. Еркін жылжитын поршень астындағы температурасы 27°C , көлемі 10 л, ал қысымы 100 кПа болған идеал газ 60 К-ге изобаралық қызырылды. Мұнда газ сыртқы күштер үстінен қандай жұмыс атқарады?
6. Зат мөлшері 25 моль газ 20 К-ге қызырылғанда, изобаралық кеңейіп, оның көлемі бастапқы көлеміне қарағанда 20 %-ға артты. Газдың бастапқы температурасы қандай болған? Газ кеңеюінде атқарылған жұмыс неге тең?
7. Массасы 8 кг-ға және температурасы 90°C -ге тең суға 20°C температурадағы судан қанша қосылғанда, қоспаның температурасы 30°C -ге тең болады?
8. Массасы және бастапқы температурасы бірдей болған сутегі мен гелий газдары изобаралық тұрде 60 К-ге қызырылды. Сутегіні қызырылғанда атқарылған жұмысты және гелийді қызырылғанда атқарылған жұмыспен салыстырындар.
9. 15°C температурадағы 125 л су, 45°C температурадағы 25 л сумен араластыrsa, нәтижеде температурасы қандай болады?
10. Жуыну ваннасына 10°C -лі суық су мен 90°C -лі ыстық су құйып, 50°C -лі жылы су дайындалды. Егер ваннадағы жылы су көлемі 80 л болса, ваннаға суық және ыстық судың әрқайсысынан қаншадан құйылған? Ванна ыдысының алған жылу мөлшерін есепке алмандар.
- 11*. 800 м/с жылдамдықпен ұшып бара жатқан болат оқ құмға қадалды. Оқтың қадалған кезінде бөлінген жылудың 54 %-ы құмды жылтуға кетсе, оқ неше градусқа қызиды? $c_p = 460 \text{ Дж/(кг·К)}$.



19-§. ПРАКТИКАЛЫҚ ЖАТТЫҒУ. ДЕНЕЛЕРДЕГІ ЖЫЛУ ТЕПЕ-ТЕҢДІГІН ҮЙРЕНУ

Жаттығудың мақсаты: жылу тепе-тендігі пайда болу үдерісін бақылау.

Қажетті жабдықтар: ыдыс, ыстық және сұық су, екі термометр, электронды сағат, полиэтилен пакет, штатив және жіп.



Жаттығуды орындау тәртібі:

1. Төмендегі кестені сзызып аламыз.

Бақыланған уақыт (минут)	0	1	2
Ыстық су температурасы							
Сұық су температурасы							

- ыдысқа ыстық су құямыз. Ыдыстағы ыстық судың температурасын өлшең бару үшін оған термометрді түсіреміз;
- полиэтилен пакетке сұық су құямыз. Ондағы сұық судың температурасын өлшеу үшін оған да термометрді түсіреміз;
- полиэтилен пакетке құйылған сұық су мен термометр ыстық су салынған ыдыстың ішіне түсіріледі;
- біраз уақыт күтеміз. Соң әр минут сайын ыстық және сұық су ішіндегі термометрлердің көрсеткіштерін бақылаап, оларды кестеге жазамыз;
- сулардың термодинамикалық баланс температурасы және термодинамикалық баланс пайда болған уақыт анықталады. Алынған нәтижелер кестеге жазылады;
- термодинамикалық тепе-тендік пайда болғаннан соң да бақылауды бірнеше минут жалғастырамыз;
- координата жазықтығында уақыт бойынша ыстық судың сууын, сұық судың қызуын графикалық түрде кескіндендер. Өткізілген жаттығу бойынша өз қорытындыларынды жазындар.



1. Жылу алмасу үдерісінде сұық және ыстық судың ішкі энергиясы қалай өзгереді?
2. Термодинамикалық тепе-тендіктен соң судың ішкі энергиясы қалай өзгереді?

20-§. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС: ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЖЫЛУ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ

Жұмыстың мақсаты: дененің салыстырмалы жылу сыйымдылығын анықтауды үйрену.

Қажетті жабдықтар: калориметр және бұлғауыш, таразы, термометр, салыстырмалы жылу сыйымдылығы анықталатын бірдей 3 заттан дайындалған түрлі массадағы денелер, ыстық су.

Жұмысты орындау тәртібі

1. Жұмысты орындауда пайдаланылатын калориметр 22-суретте көрсетілген. Калориметр мен бұлғауышты бірге таразыға тартып, олардың массасын анықта (m_k). Калориметр алюминийден жасалғандықтан оның салыстырмалы жылу сыйымдылығын $c_k = 890 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ -ге тең деп ал.

2. Мензуркамен су көлемін (V) өлшеп, оны калориметр ыдысына құй.

3. Калориметрге құйылған су массасын $m_c = \rho_c V_c$ формуласын пайдаланып есепте. Мұнда ρ_c – судың тығыздығы.

4. Калориметрге термометрді түсіріндер. Біраз уақыт күтіндер. Жылу тепе-тәндігі тұрақтанған судың температурасын (t_c) анықта.

5. Салыстырмалы жылу сыйымдылығы анықталатын дененің массасын (m_d) таразымен өлше.

6. Денені жіпке байлап қайнап тұрған суға салындар. Біраз уақыт күтіндер (2-3 минут). Дене мен су арасындағы жылу тепе-тәндігі пайда болады. Қайнап тұрған судың (t_d) температурасын термометрмен өлшендер.

7. Қайнап тұрған судан алынған денені жылдам сүйк су құйылған калориметрдің ішіне салындар. Бұлғауышпен калориметрдегі суды араластырып, қоспаның термометр көрсеткен (t_a) температурасын жаз.

8. Төмендегі формуласын көмегімен дененің салыстырмалы жылу сыйымдылығын анықта:

$$c_d = \frac{(m_c \cdot c_c + m_k \cdot c_k) \cdot (t_a - t_c)}{(m_d (t_d - t_a))}$$

9. Массасы әртүрлі, бірақ дәл осы заттан жасалған тағы екі дененің салыстырмалы жылу сыйымдылығын жоғарыда келтірілген тәртіппен анықтандар.

10. Бірінші, екінші және үшінші денелер үшін анықталған салыстырмалы жылу сыйымдылықтары үшін орташа $C_{d,ort}$ -ны есептендер.

11. Алынған нәтижелерді төмендегі кестеге жазындар.

№	m_k , кг	m_c , кг	m_d , кг	c_k , $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	t_c , $^\circ\text{C}$	t_d , $^\circ\text{C}$	t_a , $^\circ\text{C}$	c_d , $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	$C_{d,ort}$, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$
1									
2									
3									



- Салыстырмалы жылу сыйымдылығын түсіндіріп беріндер.
- Жылу балансы теңдеуін пайдаланып, 8-пунктте келтірілген дененің салыстырмалы жылу сыйымдылығы формуласын келтіріп шығарып, оны түсіндіп беріндер.
- Кестедегі нәтижерледі талдаң, қорытынды шығарындар.

21-§. ОТЫННЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЖАНУ ЖЫЛУЫ

Әдетте отын, таскөмір, табиғи газ, бензин сияқты отындар жанғанда жылу бөлінеді. Бұл қандай жылу? Неліктен бұл заттар жанғанда жылу бөлінеді?

Молекулалар атомдардан құралатыны белгілі. Мысалы, азот молекуласы екі азот атомынан құралған. Молекулаларды атомдарға бөлуге болады. Молекулалардың атомдарға бөлінуі химиялық бөлшектену реакциясы деп аталады. Молекула құрамындағы атомдар бірімен-бірі құшті тартылып тұрады. Молекуладағы атомдарды бір-бірінен бөліп жіберу үшін олардағы тартылу күшіне қарсы жұмыс атқарылуы қажет. Демек, молекула бөлшектенуі үшін энергия жұмсалуы керек. Ал атомдар біргіп молекулалар пайда болуында керісінше энергия бөлінеді.



25-сурет.

Әдетте отындардың (таскөмір, мұнай, бензин, тағы басқалар) құрамында көміртегі атомдары бар. Жану кезінде көміртегі атомы аудағы оттегі молекуласымен біргіп (CO_2) карбонат ангидрид молекуласын пайда етеді (25-сурет). Карбонат ангидрид молекуласының пайда болу үдерісінде жылу бөлініп шығады.



1 кг отын толығымен жанған кезде одан болініп шығатын жылу мөлшері отынның салыстырмалы жану жылуы деп аталады. Отынның салыстырмалы жану жылуы q әрпімен белгіленеді.

Массасы m болған кез келген отын жанған кезде болініп шығатын жылу мөлшері Q -ді табу үшін оның салыстырмалы жану жылуы q -ді толығымен жанған отынның массасына көбейту керек, яғни:

$$Q = q \cdot m.$$

Осы формулаға орай, отынның салыстырмалы жану жылу бірлігі $[q] = \left[\frac{Q}{m} \right] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ -да алынды. Әрбір түрдегі отын үшін салыстырмалы жану жылуы анықталған. Кестеде кейбір отындардың салыстырмалы жану жылуының сандық мәндері келтірілген.

	Отын	Салыстырмалы жану жылуы, (МДж/кг)		Отын	Салыстырмалы жану жылуы, (МДж/кг)
1	Бензин	46	4	Құрғақ отын	10
2	Керосин	42	5	Табиғи газ	44
3	Тасқөмір	29	6	Спирт	29

Есеп шығару үлгісі

Массасы 20 кг тасқөмір жанған кезінде шығаратын жылуды алу үшін қанша құрғақ отын жағу қажет?

Берілгені:

$$m_1 = 20 \text{ кг}$$

$$q_1 = 29 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$q_2 = 10 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

Табу керек:

$$m_2 = ?$$

Шешуі: есептің шартына орай $Q_1 = Q_2$.

Онда $m_1 \cdot q_1 = m_2 \cdot q_2$ бұдан

$$m_2 = \frac{m_1 \cdot q_1}{q_2} = \frac{20 \text{ кг} \cdot 29 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{10 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 58 \text{ кг}$$

Жауабы: $m_2 = 58 \text{ кг}$.



1. Отынның салыстырмалы жану жылуы дегеніміз не?
2. m массалы отын жанған кезде бөлініп шығатын жылу мөлшері қалай анықталады?
3. Отынның салыстырмалы жану жылуы 44 МДж/кг-ға тең, деген сөз нені білдіреді?



1. Массасы қандай спирт жанғанда 5,8 МДж жылу мөлшері бөлініп шығады? Спирттің салыстырмалы жану жылуы $2,9 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг-ға}$ тең.
2. Массасы 25 кг тасқөмір толығымен жанғанда бөлініп шығатын жылуды алу үшін қанша құрғақ отын жағу қажет?
3. Нексия автокөлігіне әр жүз километрге орташа 10 л бензин жұмсалса, әрбір километрде қанша жылу бөлініп шығады? Бензиннің тығыздығы 700 кг/m^3 .
4. Ошақта тамақ пісіру үшін 12 кг құрғақ отын жағылды. Отын жағылғанда бөлініп шықкан жылудың төрттен бір бөлігі тамаққа, қалған бөлігі ошақты, қазанды және ауаны қыздыруға кетті. Тамақ піскенге дейін ол өзіне қанша жылу мөлшерін алды?

22-§. ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ

Термодинамиканың бірінші заңы туралы түсінік

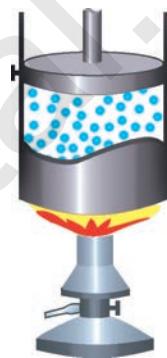
Жылу құбылыстарын зерттеу бойынша бақылау мен тәжірибелерді қорытындылап, **энергияның сақталу заңына** төмендегі анықтама берілген:



Табиғатта энергия жоқтан бар болмайды және жоғалмайды. Энергия мөлшері тұрақты, тек энергия бір түрден басқа түрге ғана айналады.

Энергияның сақталу заңы табиғатта болатын барлық құбылыстар мен ұдерістерде орындалады. **Термодинамиканың бірінші заңы** энергия сақталу заңының жылу құбылыстарына қолданылуын өрнектейді.

Мысалы, ішіне газ сыйылған цилиндр поршені ауырлық күші әсеріне түскен болсын. Ол цилиндр қабырғасына үйкеленбей еркін қозғала алсын. Газға Q жылу мөлшері берілсін. Берілген осы жылу газдың ішкі энергиясын ΔU -ға арттыруға және поршеньді Δh биіктікке көтеруге жұмысалады (26-сурет). Газ поршеньді Δh биіктікке көтеру үшін сыртқы күштерге қарсы, яғни, поршеньнің ауырлық күшіне қарсы A жұмыс атқарады.



26-сурет.

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



Жүйеге берілген жылу мөлшері жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге және жүйенің сыртқы күштерге қарсы жұмыс атқаруына жұмысалады.

Осы анықтама мен формула **термодинамиканың бірінші заңын** өрнектейді. Бұл заңды XIX ғасырдың ортасында неміс ғалымдары **P. Майер**, **G. Гельмголц** және ағылшын ғалымы **Дж.Джоуль** тұжырымдап айтқан.

Термодинамиканың бірінші заңының изопроцестерге қолданылуы

1. Изотермалық процесс ($T = \text{const}$). Идеал газ температурасы өзгермесе, ішкі энергиясы да өзгермейді және (1) формулада $\Delta U = 0$ болады. Бұл жағдай үшін термодинамиканың бірінші заңы төмендегідей өрнектеледі:

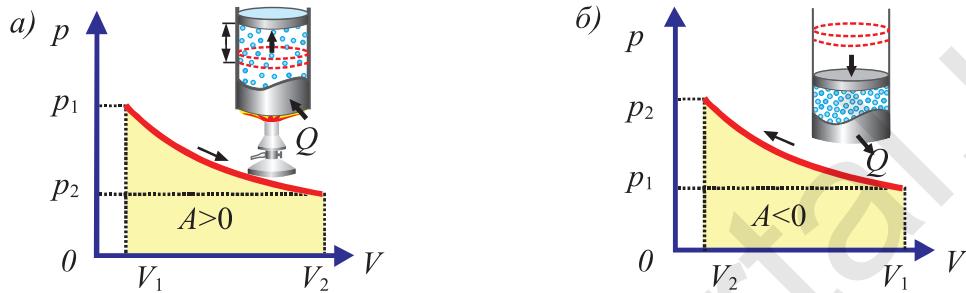
$$Q = A. \quad (2)$$



Изотермалық процесте идеал газға берілген жылу мөлшері жұмыс атқаруға жұмысалады.

Изотермалық процесте газ жылу алатын болса ($Q > 0$), газ көлемі ΔV -ға үлғаяды және оң жұмыс ($A > 0$) атқарады. 27-а суреттегі диаграммада атқарылған жұмыс боялған ауданға тең.

Егер газ сыртқы ортаға жылу беретін болса ($Q < 0$), газ теріс жұмыс ($A < 0$) атқаратады. Мұнда сыртқы жүйе газ үстінен жұмыс атқарған болады. Атқарылған жұмыстың үлкендігі диаграммада көрсетілген ауданға тең (27-б сурет).



27-сурет.

2. Изобаралық процесс ($p = \text{const}$). Тұрақты қысым күйінде газға жылу берілетін болса, атқарылған жұмыс $A = p \cdot \Delta V$ болады. Бұл жағдайда термодинамиканың бірінші заңы төмендегідей өрнектеледі:

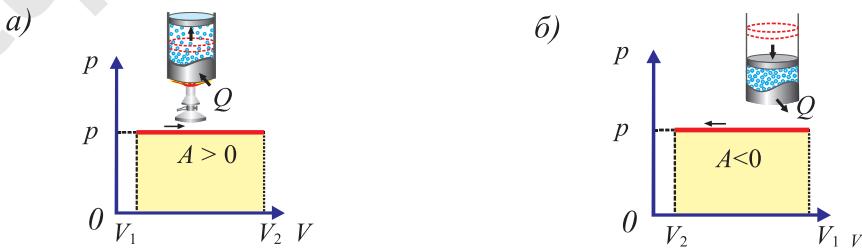
$$Q = \Delta U + p \cdot \Delta V. \quad (3)$$



Изобаралық процесте жүйеге берілген жылу жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге және тұрақты қысымда жұмыс атқаруға жұмсалады.

Егер газ тұрақты қысымда қыздырылатын ($Q > 0$) болса, газдың ішкі энергиясы артады ($\Delta U > 0$) және осымен бір уақытта газ кенейіп, оң жұмыс ($A > 0$) атқарады. Атқарылған жұмыстың мөлшері диаграммадағы ауданға тең (28-а сурет).

Газ тұрақты қысымда сұтылғанда ($Q < 0$) газдың ішкі энергиясы төмендейді ($\Delta U < 0$), осымен бір уақытта теріс жұмыс атқарады ($A < 0$). Атқарылған жұмыстың үлкендігі диаграммада көрсетілген ауданға тең (28-б сурет).



28-сурет.

3. Изохоралық процесс ($V = \text{const}$). Изохоралық процессте газдың көлемі тұрақты болғандықтан ($\Delta V = 0$), газ сыртқы күштерге қарсы жұмыс атқармайды, яғни: $A = p \cdot \Delta V = 0$ болады. Бұл жағдай үшін термодинамиканың бірінші заңы төмендегідей өрнектеледі:

$$Q = \Delta U. \quad (4)$$



Изохоралық процессте берілген жылудың барлығы жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге жұмсалады.

Газ қыздырылғанда ішкі энергиясы артады ($\Delta U > 0$), ал сұтылғанда ішкі энергиясы азаяды ($\Delta U < 0$).

Адиабаталық процесс

Жоғарыда қарастырылған изопроцестердің бәрінде жүйе оны қоршаған ортамен жылу алмасатын еді. Енді қоршаған ортамен жылу алмаспайтын ($Q = 0$) жүйедегі үдерісті қарастырамыз.



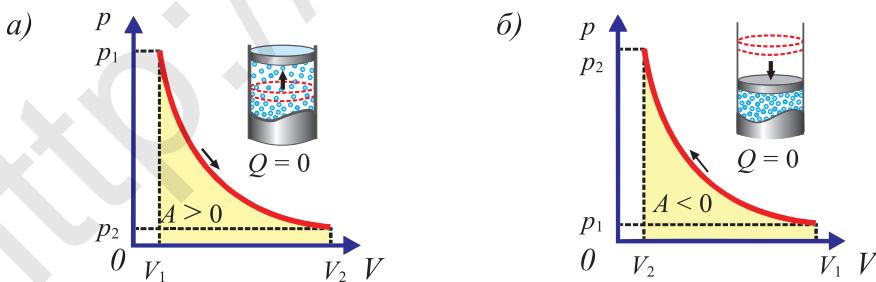
Жылу алмаспайтындағы етіп изоляцияланған жүйедегі үдеріс адиабаталық процесс деп аталады.

Адиабаталық процессте $Q = 0$ болғандықтан (1)-тендеуден төмендегі қатынасты алуға болады: $\Delta U + A = 0$ немесе

$$A = -\Delta U. \quad (5)$$

Газ адиабаталық кенейгенде ішкі энергиясы азаяды ($\Delta U < 0$). Жұмыс газдың ішкі энергиясының азаюының есебіне атқарылады ($A > 0$). Газ атқарған жұмыстың мөлшері диаграммадағы ауданға тең (29-а сурет).

Газ сыртқы күш әсерімен адиабаталық сыртылғанда ішкі энергиясы артады ($\Delta U > 0$) және газ үстінде жұмыс атқарылады ($A < 0$). Сыртқы күш атқарған жұмыстың үлкендігі диаграммада көрсетілген ауданға тең (29-б сурет).



29-сурет.



Адиабаталық процессте газдың үш макроскопиялық параметрлері p , V және T өзгереді.

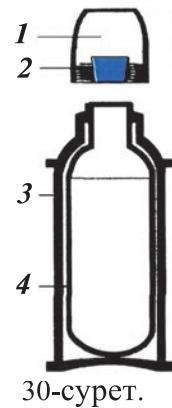
Газдың сыртқы ортамен жылу алмасуы үшін белгілі бір уақыт кетеді. Егер үдеріс өте жылдам журсе (поршеньнің көмегімен газ жылдам сығылса немесе керісінше жылдам кеңейтілсе) газ сыртқы ортамен жылу алмасуға үлгемейді және үдеріс адиабаталық процеске жақын болады. Газдың адиабаталық кеңеюінде сууы немесе адиабаталық сығылуында қызыу өмірде және техникада көп байқалады. Атмосферадағы ауа жоғарыға көтеріліп, кеңейеді және суиды. Ауаның сууы нәтижесінде ондағы су булары конденсацияланып, бұлтты пайда етеді.



1. Термодинамиканың бірінші заңының формуласын жазып, оны түсіндіріп бер.
2. Жүйеге берілген жылу мөлшері изотермалық, изобаралық және изохоралық процестерге қалай жұмысалады?
3. Адиабаталық процесс деп қандай үдерісті айтамыз? Бұл процеске мысалдар айтындар.
4. Газ адиабаталық кеңеїгенде ішкі энергиясы қалай өзгереді?



Табиғатта мұлдем жылу өткізбейтін зат жоқ болғандықтан, жүйені айналадағы денелерден изоляциялап болмайды. Бірақ адиабаталық изоляцияланған жүйелерге күнделікті өмірде пайдаланылатын термосты мысал ретінде айтуға болады (30-сурет). Үйіндегі термостың күрылымымен танысып, оларды қандай бөлшектерге бөлінуін үйреніндер. Не үшін термостағы шай ыстық күйде ұзақ уақыт сақталатынын түсіндіріп беріндер.



30-сурет.

23-§ ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Еркін жылжитын поршеньді цилиндр ыдыста бір атомды газ бар. Газға жылу мөлшері берілуінің нәтижесінде газ сыртқы құштер үстінде 500 Дж жұмыс атқарды. Газға қандай жылу мөлшері берілген?

Берілгені:

$$p = \text{const}$$

$$A = 500 \text{ Дж.}$$

Табу керек:

$$Q = ?$$

Формуласы

$$Q = \Delta U + A$$

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T.$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \cdot R\Delta T.$$

Шешуі

$$Q = \frac{5}{2} \cdot 500 \text{ Дж} = 1250 \text{ Дж.}$$

Жауабы: $Q = 1250 \text{ Дж.}$

Бұл жағдайда изобаралық процесте жұмсалатын жылу мөлшері:

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T + \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{5}{2} \cdot A.$$

Ескерту: бір атомды газ изобаралық кеңейгенде жүйеге берілген жылу мөлшерінің 0,4 бөлігі сыртқы күштер үстінен жұмыс атқаруға, 0,6 бөлігі газдың ішкі энергиясының өзгеруіне жұмсалады, яғни: $A = 0,4 \cdot Q$ және $\Delta U = 0,6 \cdot Q$.

2-есеп. Металл баллондағы массасы 20 г гелий газына 2500 Дж жылу мөлшері берілсе, оның температурасы қалай өзгереді?

Берілгені:

$$V = \text{const}$$

$$m = 20 \text{ г}$$

$$M = 4 \text{ г/моль}$$

$$Q = 2500 \text{ Дж.}$$

Табу керек:

$$\Delta T = ?$$

Шешуі: изохоралық процесте газга берілген жылу мөлшері газ ішкі энергиясының өзгеруіне жұмсалады. Бұл үдеріс үшін термодинамиканың бірінші заңының тендеуін жазамыз:

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T.$$

Осы тендеуді пайдаланып, газ температурасының өзгеруін анықтаймыз:

$$\Delta T = \frac{2Q \cdot M}{3 \cdot m \cdot R}; \quad [\Delta T] = \frac{\text{Дж} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг} \cdot \text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} = \text{К.}$$

$$\Delta T = \frac{2 \cdot 2500 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31} \text{ К} = 40 \text{ К.}$$

Жауабы: $\Delta T = 40 \text{ К.}$

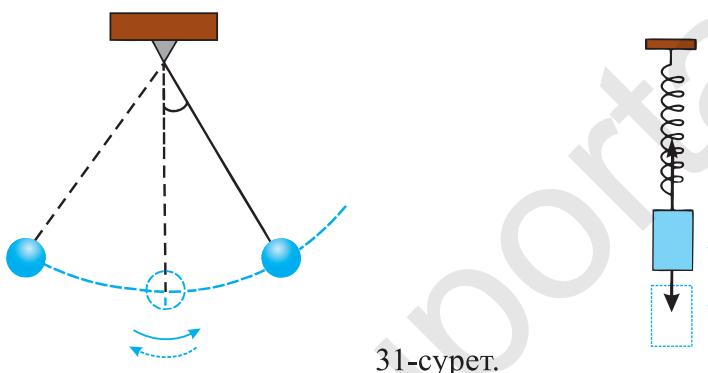
Ж
17

- Изотермалық процесте газға 5 кДж жылу берілген болса, газ үстінде қанша жұмыс атқарылған болады?
- Изохоралық процесте газға 2,8 кДж жылу берілген болса, газдың ішкі энергиясы қаншаға өзгереді?
- Газға 3,5 кДж жылу берілгенде оның ішкі энергиясы 2,1 кДж-ға артады. Газ үстінде қанша жұмыс атқарылған?
- Қалыпты жағдайда бір атомды газға жылу берілгенде, газ изобаралық түрде $0,05 \text{ м}^3$ -ге кеңейеді. Газдың ішкі энергиясы қалай өзгереді?
- Металл баллондағы 25 моль бір атомды идеал газдың температурасын 20 К-ге арттыру үшін оған қанша жылу мөлшері беру керек?
- Цилиндр ыдыстағы еркін жылжитын поршень астында бір атомды газ бар. Газ қысымы 10^5 Па-ға тең. Оған қанша жылу мөлшері берілсе, көлемі 2 л-ге артады?
- Баллондағы бір атомды идеал газға 500 Дж жылу мөлшері берілгенде, оның температурасы 40 К-ге артты. Баллондағы газдың мөлшері қандай болған?

24-§. ЖЫЛУ ҮДЕРІСТЕРІНІҢ ҚАЙТЫМСЫЗДЫҒЫ. ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ЕКІНШІ ЗАҢЫ

Қайтымды және қайтымсыз үдерістер

Табиғаттағы кез келген үдеріс қайтымсыз үдеріс. Бірақ қайтымды үдеріске біршама жақын болған механикалық үдерістер де бар. Мысалы, изоляцияланған жүйеде үйкеліс және бейэластикалық деформация болмаған күйде өтетін барлық механикалық үдерістер қайтымды үдерістер болады. Мұндай үдеріске вакуумда ілгекке ілінген математикалық маятниктің және пружинаға ілінген жүктің тербелісі мысал болады (31-сурет).



31-сурет.



Жүйедегі үдеріс алдымен бір бағытта, соң оған кері бағытта болып, ол өзінің бастапқы күйіне қайтқанда сыртқы ортада ешқандай өзгеріс болмаса, мұндай үдеріс қайтымды үдеріс деп аталады.

Жылу үдерістері механикалық үдерістерден толығымен ерекшеленіп, олардың барлығы қайтымсыз үдерістер. Қайтымсыз үдерістерді төмендегі мысалдар арқылы қарастырайық.

1. Қыздырылған денелер өз энергиясының бір бөлігін айналадағы суығырақ денелерге беріп жайлап сүиды. Бірақ бұған кері үдеріс, яғни суық денеден ыстық денеге жылу беру үдерісі ешқашан болмайды.

2. Бірімен-бірі шұмекті тұтік арқылы ұланған газды және газсыз ыдыстардың арасындағы шұмекті ашсақ, газдың бір бөлігі бос ыдысқа өтеді. Нәтижеде екі ыдыстағы газдың қысымы теңеседі. Бірақ қанша уақыт өтсе де, газ өзінен-өзі бұрынғы күйіне қайтпайды.

3. Мылтықтан атылған оқ тосқауылға тиіп, өзін де, тосқауылды да қыздырады. Олардың ішкі энергиялары артады. Бірақ кері үдеріс, яғни оқ пен тосқауылдың ішкі энергиясы өзінен-өзі оқтың механикалық энергиясына айналып, оқты қайта қозғалысқа келтірмейді.

Осы мысалдардан көрініп тұрғанында, табиғаттағы барлық үдерістер тек белгілі бір бағытта ғана болады. Олар өзінен-өзі кері бағытта болмайды екен.



Жүйеде үдеріс болып, өз қүйінен шығарылғанда ол өзінен-өзі немесе сыртқы ортада қандайда бір өзгеріс жасамай бастапқы қүйіне қайтпаса, мұндай үдеріс қайтымсыз үдеріс деп аталады.

Термодинамиканың екінші заңы

Неміс ғалымы Р. Клаузиус қайтымсыз үдерістер туралы көзқарастарды жалпылап, термодинамиканың екінші заңын төмендегідей сипаттаған.



Егер салқын жүйе мен жылы жүйенің екеуінде немесе айналасындағы денелерде қандайда бір өзгеріс болмаса, салқын жүйеден жылы жүйеге жылу өткізуге болмайды

Термодинамиканың екінші заңының маңыздылығы мынада, бұл заң тек жылу беру үдерісінің қайтымсыз үдеріс екені туралы ғана емес, табиғаттағы басқа үдерістердің де қайтымсыз екені туралы қорытынды шығаруға болады. Мысалы, адам ағзасының қартаю үдерісін кері қайтаруға болмайды



1. Қайтымды және қайтымсыз үдерістерді сипаттап, жылу үдерістерінің механикалық үдерістерден айырмашылығын түсіндіріп беріңдер.
2. Қайтымсыз жылу үдерістеріне мысалдар айтыңдар.
3. Қайтымсыз үдерістер үшін термодинамиканың екінші заңын айтыңдар.

25-§. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС. ТҮРЛІ ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ СУ АРАЛАСТЫРЫЛҒАНДА ЖЫЛУ МӨЛШЕРЛЕРІН САЛЫСТАРЫ

Жұмыстың мақсаты: жылу алмасатын сұйықтықтардың арасындағы жылу балансы теңдеуін тексеріп көру.

Қажетті жабдықтар: сыйымдылығы 1 л болған екі ыдыс, термометр, мензурка, ыстық және сұық су.

Жұмысты орындау тәртібі

1. Мензурканың көмегімен m_1 массалы ыстық суды өлшеп, бірінші ыдысқа құйып, оның температурасы t_1 -ді өлшеңдер.

2. Мензурканың көмегімен m_2 массалы сұық суды өлшеп, екінші ыдысқа құйып, оның температурасы t_2 -ді өлшемдер.

3. Екінші ыдыстағы сұық суды бірінші ыдыстағы ыстық судың үстіне құйып, қоспаның тұрактанған температурасы t -ны өлшемдер.

4. Қоспадағы ыстық су берген жылу мөлшерін $Q_1 = c m_1(t_1 - t)$ формуланың көмегімен аныктандар. Мұнда c судың салыстырмалы жылу сыйымдылығы.

5. Коспадағы сүйк су алған жылу мөлшерін $Q_2 = cm_2(t - t_2)$ формуланың көмегімен аныктандар.

6. Арапастырылатын ыстық және сұық судың массаларын өзгертіп, 1-және 5-пункттерге сәйкес жұмысты үш рет қайталандар.

7. Өлшеу және есептеу нәтижелерін төмендегі кестеге жазындар.

1. Өлшеу және есептеу нәтижелері негізінде алынған Q_1 және Q_2 жылу мөлшерлерінің мәндерін салыстырындар. Не үшін $Q_1 = Q_2$ шарт орындалуы керек?

2. Жылу мөлшері формуласында не себепті абсолюттік температура-лар айырмасының орнына Цельсий шкаласы бойынша өлшенген тем-пературалар айырмасын қолдануға болады?

II ТАРАУДЫ ҚАЙТАЛАУҒА АРНАЛҒАН ТЕСТ ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Мөлшері 4 моль аргон газы 30°C -ден -70°C -ге дейін сұтыныңда, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?

A) 5 кДж-ға азаяды; B) 2,5 кДж-ға азаяды;
C) 1,5 есе азаяды; D) 3 есе азаяды.

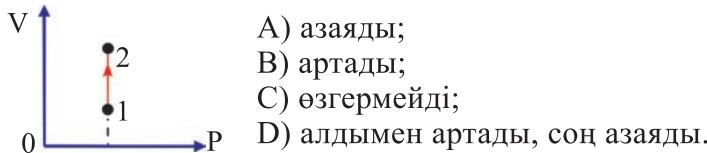
2. Бір атомды идеал газдың көлемі 2 м^3 және ішкі энергиясы 3000 Дж болса, оның қысымы қаншаға тең (Па)?

A) 1000; B) 500; C) 800; D) 1500.

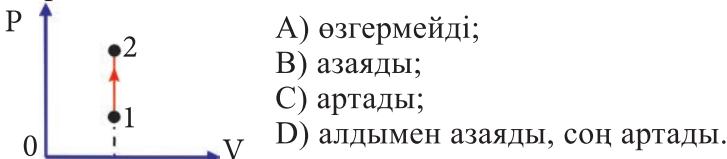
3. Температурасы 30°C және ішкі энергиясы 3030 Дж болған гелий газының массасын анықта (г).

A) 2,2; B) 3,2; C) 10; D) 4,8.

4. Графикте кескінделген үдерісте идеал газдың ішкі энергиясы қалай өзгереді?



5. Идеал газ 1-күйден 2-күйге өткенде оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?



6. Бір атомды газдың қысымы 25 %-ға азайып, көлемі 60 %-ға артса, оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?

- A) 1,4 есе азаяды;
B) 1,2 есе артады;
C) 1,8 есе артады;
D) 1,6 есе азаяды.

7. Заттың жылу сыйымдылығы төмендегі параметрлердің қайсы біріне байланысты?

- A) жылу мөлшеріне;
B) зат массасына;
C) бастапқы температураға;
D) заттың түріне.

8. Температурасы 10°C болған 1 кг суға 200 г қайнап тұрған ыстық су қосылып араластырылды. Қоспаның температурасын тап ($^{\circ}\text{C}$).

- A) 35; B) 45; C) 40; D) 25.

9. Массасы 8 кг және 90°C температураға ие болған суға 20°C температурадағы судан қанша қосылса, қоспаның температурасы 30°C -ге тең болады?

- A) 40 кг; B) 24 кг; C) 48 кг; D) 16 кг.

10. 210 м биіктікten түсken су атқарғan жұмыстың 70 %-ы оның температурасын қаншағa көтереді (K)?

- A) 4,2; B) 2,1; C) 0,6; D) 0,35.

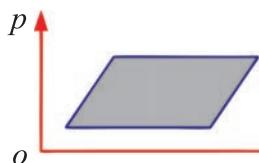
11. Қайсы процесте газ жұмыс атқармайды?

- A) изохоралық; B) изобаралық; C) изотермалық; D) адиабаталық.

12. Осы $p \cdot \Delta V$ көбейтіндінің өлшем бірлігін көрсет.

- А) Джоуль; В) Паскаль; С) литр; Д) моль.

13. Суреттегі боялған ауданның физикалық мағынасы неден құралған?



- A) атқарылған жұмысқа тең;
 - B) температураның өзгеруіне тең;
 - C) қысымның өзгеруіне тең;
 - D) физикалық мағынасы жок.

14. 10^5 Па қысым астында түрған идеал газдың көлемі изобаралық түрде 300-ден 500 см³-ге дейін артты. Мұнда газ неше Джоуль жұмыс атқарған?

- A) 10; B) 20; C) 50; D) 200.

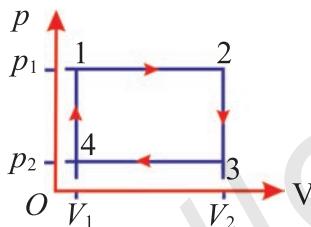
15. Оттегі газы 14 К-ге изобаралық қыздырылғанда, 8310 Джұмыс атқарылды. Оттегінің массасын анықта (кг).

- A) 2; B) 3,2; C) 1,6; D) 0,32.

16. 5 моль газ изобаралық түрде 20 К-ге қыздырылғанда атқарылған жұмысты тап.

- A) 830; B) 1000; C) 420; D) 560.

17. Идеал газдың суретте көрсетілген циклді өткенде атқарған жұмысын есептеп тап.



- A) $(p_1 - p_2)(V_2 - V_1)$;
 B) $p_1(V_2 - V_1)$;
 C) $p_2(V_2 - V_1)$;
 D) $(p_2 - p_1)V_2$.

18. Идеал газ изобаралық қыздырылғанда, оның көлемі 40 %-ға артса, газ сыртқы күштер үстінен қандай жұмыс атқарады?

- A) 40 pV ; B) 4 pV ; C) $0,6 \text{ pV}$; D) $0,4 \text{ pV}$.

19. Термодинамиканың бірінші заңы нені сипаттайды?

- A) механикалық энергияның сақталуын;
 - B) эластикалық деформация энергиясын;
 - C) жылу балансын;
 - D) энергияның сакталу заңын.

20. Газдың изотермалық кеңеюінде оның ішкі энергиясы қалай өзгереді?

- A) артады;
B) азаяды;
C) өзгермейді;
D) ішкі энергия ерікті болуы мүкін.

21. Термодинамиканың бірінші заңы адиабаталық процесс үшін қандай көріністе жазылады? Дұрыс жауапты танда.

- A) $Q = \Delta U + A$; B) $Q = \Delta U$; C) $A + \Delta U = 0$; D) $Q = \Delta U - A$.

22. Егер еркін жылжитын поршеньді тік түрған цилиндр ыдыстағы бір атомды газға 375 Дж жылу мөлшері берілсе, қанша жұмыс атқарылады (Дж)?

- A) 300; B) 240; C) 200; D) 150.

23. Егер еркін жылжитын поршеньді тік түрған цилиндр ыдыстағы бір атомды газға 750 Дж жылу мөлшері берілсе, газдың ішкі энергиясы қаншаға артады (Дж)?

- A) 500; B) 450; C) 300; D) 250.

24. Цилиндр ыдыстағы еркін жылжитын поршень астында бір атомды газ бар. Газ қысымы $1,5 \cdot 10^5$ Па-ға тең. Оған қанша жылу мөлшері берілсе, қолемі 2 л-ге артады (Дж)?

- A) 1662; B) 500; C) 750; D) 150.

25. Берілген тіркестің мазмұнына сәйкес түрде сойлемді жалғастыр: Адиабаталық үдерісте ...

- A) V, T және p өзгереді және сыртқы ортамен жылу алмасу болмайды;
B) V және T өзгереді, p өзгермейді;
C) p және T өзгереді, V өзгермейді;
D) p және V өзгереді, T өзгермейді.

26. Идеал газ адиабаталық сығылғанда 50 МДж жұмыс атқарылды. Мұнда газдың ішкі энергиясы қалай өзгерді?

- A) нөлге тең болады; B) 50 МДж-ға артады;
C) 50 МДж-ға азаяды; D) 25 МДж-ға артады.

27. Бір атомды газға жылу берілгенде, газ изобаралық түрде $0,05 \text{ м}^3$ -те кеңейеді. Егер газдың қысымы 10^5 Па болса, газдың ішкі энергиясы неше КДж-ға артқан?

- A) 7,5; B) 5,5; C) 7; D) 12.

28. Массасы 580 г ауаны 40 К-ге изобаралық қыздырғанда қанша жұмыс атқарылды (Дж)? Ауаның мольдік массасы 29 г/моль-ге тең.

- A) 6648; B) 4564; C) 2050; D) 1518.

29. Массасы 100 г гелийдің температурасы 8 К-ге артқанда, оның ішкі энергиясы қаншаға артады (Дж)?

- A) 3408; B) 4546; C) 4028; D) 2493.

II ТАРАУ БОЙЫНША МАҢЫЗДЫ ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Ішкі энергия	Дененің құрайтын барлық бөлшектердің кинетикалық энергиялары және барлық молекулалардың өзара әсерлесу потенциалдық энергияларының қосындьсы осы денениң ішкі энергиясына тең, яғни: $U = E_k + E_p$
Идеал газдың ішкі энергиясы	Бір атомды идеал газдың ішкі энергиясы $U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} pV$
Термодинамикалық жұмыс	Газдың көлемі өзгергенде, ол сыртқы қысым күшіне қарсы жұмыс атқарады. Бұл жұмыс термодинамикалық жұмыс деп аталады. Изобаралық процесте атқарылған жұмыс төмендегі формулаға орай анықталады: $A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T$
Универсал газ тұрақтысы	Универсал газ тұрақтысы сандық тұрғыдан бір моль газды бір кельвинге изобаралық қыздырылғанда осы газ атқаратын жұмысқа тең.
Жылу алмасу немесе жылу беру	Бір денеден екінші денеге жұмыс атқармastaн энергия беру үдерісі жылу алмасу немесе жылу беру деп аталады.
Жылу мөлшері	Жылу алмасу үдерісінде дене алған немесе жоғалтқан ішкі энергия мөлшерін белгілейтін физикалық шама жылу мөлшері деп аталады.
Дене алған немесе жоғалтқан жылу мөлшерін есептеу	Жылу алмасу үдерісінде денениң температурасы t_1 мәннен t_2 мәнге өзгерген болса, дене алған немесе жоғалтқан жылу мөлшері: $Q = mc(t_2 - t_1)$
1 калория (1 кал)	1 грамм тазаланған суды 1°C -ге дейін жылыту үшін қажет болған жылу мөлшерін <i>1 калория</i> деп атау қабылданған.
Заттың салыстырмалы жылу сыйымдылығы	Массасы 1 кг заттың температурасын 1°C -ге өзгерту үшін қажет болған жылу мөлшерін сипаттайтын физикалық шама заттың салыстырмалы жылу сыйымдылығы деп аталады.

Жылу балансының тендеуі	Жылу алмасу нәтижесінде ішкі энергиялары азайған денелердің берген жылу мөлшерлерінің қосындысы, ішкі энергиялары артқан денелердің қабылдаған жылу мөлшерлерінің қосындысына тең, яғни $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q'_1 + Q'_2 + \dots + Q'_n$ мұнда Q_1, Q_2, \dots, Q_n – ыстық денелердің берген жылу мөлшерлері, ал Q'_1, Q'_2, \dots, Q'_n сұық денелердің алған жылу мөлшерлері.
Салыстырмалы жылуы	1 кг отын толығымен жанған кезде одан бөлініп шығатын жылу мөлшері отынның салыстырмалы жану жылуы деп аталады. Отынның салыстырмалы жану жылуы қ әрпімен белгіленеді.
Отын жанған кезде бөлініп шығатын жылу мөлшері:	Массасы m болған кез келген отын жанған кезде бөлініп шығатын жылу мөлшері Q -ді табу үшін оның салыстырмалы жану жылуы q -ді толығымен жанған отынның массасына көбейту керек, яғни: $Q = q \cdot m$
Термодинамиканың бірінші заңы	Жүйеге берілген жылу мөлшері жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге және жүйенің сыртқы күштерге қарсы жұмыс атқаруына жұмсалады, яғни: $Q = \Delta U + A$
Изотермалық процесс үшін термодинамиканың бірінші заңы	Изотермалық процесс ($T = \text{const}$). Идеал газ температурасы өзгермесе, ішкі энергиясы да өзгермейді және $\Delta U = 0$ болады. Бұл жағдай үшін термодинамиканың бірінші заңы төмендегідей өрнектеледі: $Q = A$. Изотермалық процесте идеал газға берілген жылу мөлшері жұмыс атқаруға жұмсалады. Изотермалық процесте газ жылу алатын болса ($Q > 0$), газ көлемі ΔV -ға ұлғаяды және оң жұмыс ($A > 0$) атқарады.
Изобаралық процесс үшін термодинамиканың бірінші заңы	Газ изобаралық кеңейгенде газдың сыртқы күштер үстінде атқарған жұмысы $A = p \cdot \Delta V$ болады. Изобаралық процесс үшін термодинамиканың бірінші заңы төмендегідей өрнектеледі: $Q = \Delta U + p \cdot \Delta V$. Изобаралық процесте жүйеге берілген жылу мөлшері жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге және тұрақты қысымда жұмыс атқаруға жұмсалады.

Изохоралық процесс үшін термодинамиканың бірінші заңы	Изохоралық ($\Delta V = 0$) процесте $A = p \cdot \Delta V = 0$ болады, яғни жұмыс атқармайды. Бұл жағдай үшін термодинамиканың бірінші заңы төмендегідей өрнектеледі: $Q = \Delta U$. Изохоралық процесте жүйеге берілген жылудың барлығы жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге жұмсалады.
Адиабаталық процесс	Жылу алмаспайтындағы етіп изоляцияланған жүйедегі үдеріс <i>адиабаталық процесс</i> деп аталады. Адиабаталық процесте $Q = 0$. Газ адиабаталық кеңейгенде (немесе сығылғанда) газдың үш макроскопиялық параметрлері p , V және T өзгереді.
Газдың адиабаталық кеңеоі	Газ адиабаталық кеңейгенде оң жұмыс атқарады, яғни газ сыртқы күштер үстінен жұмыс атқарады. Бірақ адиабаталық кеңейгенде оның ішкі энергиясы мен қысымы азаяды.
Газдың адиабаталық сығылуы	Газ адиабаталық сығылғанда теріс жұмыс атқарады, яғни газ үстінен сыртқы күштер жұмыс атқарады. Газ адиабаталық сығылғанда оның ішкі энергиясы мен қысымы артады.
Қайтымды үдеріс	Жүйедегі үдеріс алдымен бір бағытта, соң оған кері бағытта болып, ол өзінің бастапқы күйіне қайтқанда сыртқы ортада ешқандай өзгеріс болмаса, мұндай үдеріс қайтымды үдеріс деп аталады.
Қайтымсыз үдеріс	Жүйеде үдеріс болып, өз күйінен шығарылғанда ол өзінен-өзі немесе сыртқы ортада қандайда бір өзгеріс жасамай бастапқы күйіне қайтпаса, мұндай үдеріс қайтымсыз үдеріс деп аталады.
Термодинамиканың екінші заңы	Егер салқын жүйе мен жылы жүйенің екеуінде немесе айналасындағы денелерде қандайда бір өзгеріс болмаса, салқын жүйеден жылы жүйеге жылу өткізуге болмайды.

III ТАРАУ ЖЫЛУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ

26-§. ИШТЕН ЖАНУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ

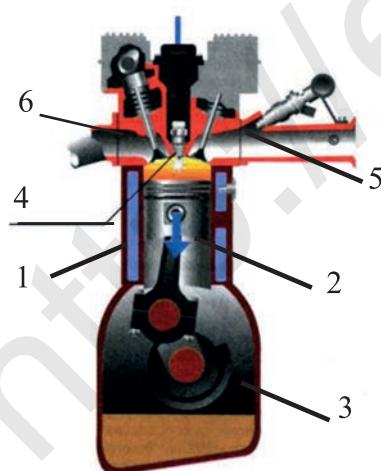
Өнеркәсіпте және өмірде пайдаланылатын қозғалтқыштардың көпшілігі жылу қозғалтқыштары. Жылу қозғалтқыштарының бірнеше түрлері бар: іштен жану қозғалтқышы, дизель қозғалтқышы және реактивті қозғалтқыш.



Жылу энергиясын механикалық энергияға айналдаратын құрылғы жылу қозғалтқышы деп аталады.

Іштен жану қозғалтқышы

Ең көп таралған жылу қозғалтқышы **іштен жану қозғалтқышы**. Бұл қозғалтқышта отын қозғалтқыш цилиндрі ішінде жанады. Сондықтан ол іштен жану қозғалтқышы деп аталады. Іштен жану қозғалтқыштары сұйық отынмен (бензин, керосин) немесе жанатын газбен (метан, пропан, октан) жұмыс істейді. 32-суретте ен қарапайым (бір цилиндрлі) іштен жану қозғалтқышы кескінделген. Қозғалтқыш цилиндрінің (1) ішіндегі поршень (2) жоғарыға және төменге қозғалады. Поршень иінді білікке (3) шатун (4) арқылы бекітілген. Цилиндрдің үсткі бөлігіне отынды тұтандырылған шам (5) орнатылған. Поршень жоғарыға көтерілгенде клапан (6) ашылып, цилиндрдің ішіне жанатын қоспа (бензин мен ауа) сорылады және шам жанатын қоспаны сол сәтте жандырады. Поршень ішіндегі отын жанған соң цилиндр ішіндегі ауа 1600 – 1800 °C температураға көтеріледі. Нәтижеде поршень үстіндегі қысым шұғыл артады. Газ кеңейіп поршеньді төменге жылжытады, мұнда кеңейген газ механикалық жұмыс атқарады және клапан (7) ашылып, пайдаланылған газ сыртқа шығарылады. Мұндай қозғалтқыш үздіксіз жұмыс істеуі үшін, қозғалтқыш цилиндріне жанатын қоспаны кезең-кезеңімен жануын қамтамасыз ету қажет. Елімізде шығатын



32-сурет.

NEXSYA, JENTRA, MATIZ жеңіл автомобилдеріне инжекторлы іштен жану қозғалтқыштары орнатылған (33-сурет).



33-сурет.

Дизель қозғалтқышы

Іштен жану қозғалтқышына қарағанда пайдалы жұмыс коэффициенті жоғары қозғалтқышты 1893 жылы неміс инженері *Рудольф Дизель* жаратты. Сондықтан мұндай түрдегі қозғалтқыш дизель қозғалтқышы деп аталады. Дизель қозғалтқышында отынды тұтандырығыш шам болмайды. Поршень үстіндегі ауаны сығып шығару дәрежесі инжекторлы (карбюратор) қозғалтқыштарға қарағанда жоғары болады. Цилиндр ішіндегі газдың өтө жылдам сығылуының нәтижесінде газдың температуrasы шұғыл артады. Сол сәтте цилиндр ішіндегі арнаулы форсунка сұйық отынды шашады (34-сурет). Нәтижеде отын тұтанаپ кетеді. Елімізде шығатын MAN ауыр жүк машиналары мен микроавтобустарына дизель қозғалтқыштары қойылған (35-сурет).

форсунка



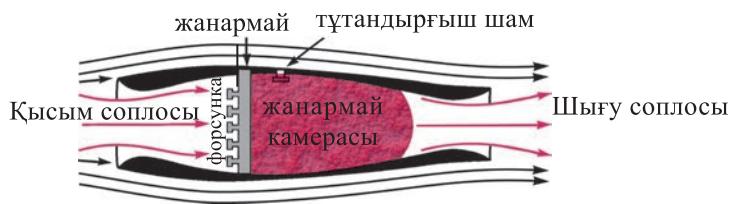
34-сурет.



35-сурет.

Реактивті қозғалтқыштар

Реактивті ұшақтар және ғарыш зымырандары реактивті қозғалтқыштың көмегімен қозғалады. Реактивті қозғалтқыштар төмендегідей негізгі бөлшектерден: жанармай багынан, жанармай жанатын камерадан, жанармайды камераға жеткізетін және жанармай жанғанда пайда болған газды сыртқа шығаратын (сапло) бөлшектен құралған. 36-суретте реактивті қозғалтқыштың схемалық көрінісі кескінделген.



36-сурет.

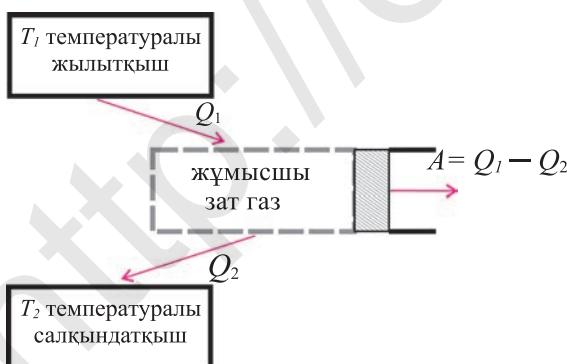
Ғарыш кемелерінің реактивті қозғалтқышының жанармай да, жұмысшы заты өзінде болады. Сондықтан оның жұмыс істеуі қоршаған ортаға қатысты болмайды.



1. Иштен жану қозғалтқышының жұмыс істеу принципін түсіндіріп беріңдер.
2. Дизель қозғалтқышының жұмыс істеу принципін инжекторлы қозғалтқыштікінен несімен ерекшеленеді?
3. Реактивті қозғалтқыштың жұмыс істеу принципін түсіндіріп беріңдер.

27-§. ЖЫЛУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫНЫҢ ЖҰМЫС ИСТЕУ ПРИНЦИПІ

Жылу қозғалтқыштарының барлығында жұмысшы дене (жұмыс атқаратын дене) газ болып, ол кеңейгенде жұмыс атқарылады. Кез келген жылу қозғалтқышы Q_1 жылу мөлшерін беретін T_1 температуралы қыздырығыш, Q_2 жылу мөлшерін алатын T_2 температуралы салқыннатқыш және механикалық жұмыс атқаратын жұмысшы заттан (газдан) құралған (37-сурет).

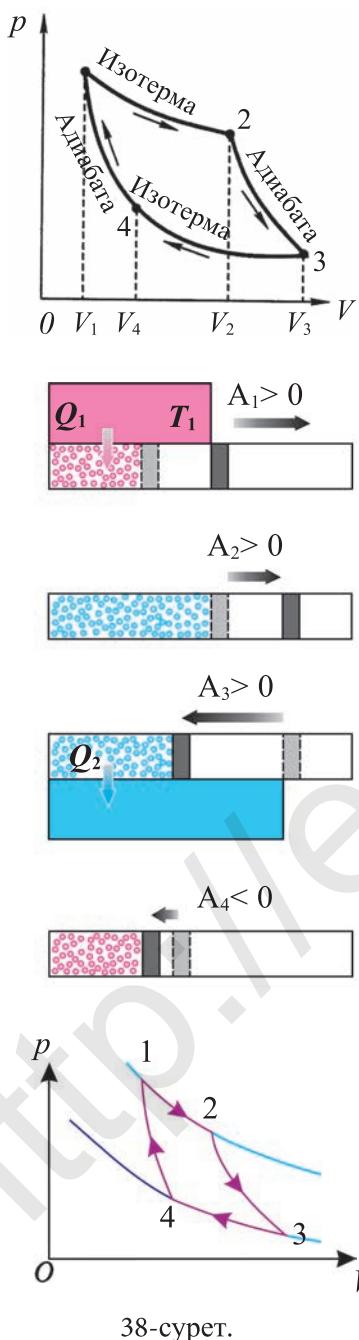


37-сурет

Жылу қозғалтқышының жұмыс істеу принципі:

1. Кез келген жылу қозғалтқышында жанармайдың ішкі энергиясы механикалық энергияга айналады.
2. Жылу қозғалтқышының жұмыс істеуі үшін түрлі температурадағы қыздырығыш пен салқыннатқыштың болуы шарт.
3. Кез келген жылу қозғалтқыштың жұмыс істеуі жұмысшы дене (мысалы, газ) күйі өзгеруінің қайталанатын циклдерден құралатын болады.

Алғаш рет француз инженері Сади Карно төрт циклді идеал жылу қозғалтқышының жұмыс істеу принципін түсіндіріп берді. Бұл қозғалтқыштың жұмыс істеу циклі екі изотерма мен екі адиабатадан құралған (38-сурет).



38-сурет.

1-күйде тұрған жұмысшы деңенің (газдың) бастапқы температурасын T_1 деп белгілейік. 1-күйде тұрған газ T_1 температурада изотермалық кеңейіп, 2-күйге өтеді. Бұл кезде газ қыздырғыштан Q_1 -ға тең жылу мөлшерін алып сыртқы күшке қарсы A_1 жұмыс атқарады.

2-күйге өткен соң газдың қыздырғышпен байланысы бөлінеді. Нәтижеде газдың адиабаталық кеңеюіне мүмкіндік пайда болып, жұмысшы зат 3-күйге өтеді. Мұнда газ өзінің ішкі энергиясы есебіне сыртқы күштерге қарсы A_2 жұмыс атқарады. Жұмыс атқарылғанда газдың ішкі энергиясы азайып, нәтижеде оның температурасы T_1 -ден T_2 температурага төмендейді. Бірақ бұл температура қоршаған ортандың температурасынан біршама жоғары болады.

Газ 3-күйге өткен соң оның температурасы T_2 болған салқындақтышпен байланыста түседі. Бұл жағдайда газды сыртқы күштерге қарсы 4-күйге өту үдерісінде изотермалық сығылады. Мұнда сыртқы күштер газды сығып A_3 жұмыс атқарады. Сондай-ақ жұмысшы зат салқындақтышқа Q_2 жылу береді.

Газ 4-күйге өткен соң жұмысшы зат салқындақтыштан бөлініп, 1-күйге адиабаталық өтеді. Мұнда газ адиабаталық сығылып, оның үстінен сыртқы күштер тағы A_4 жұмыс атқарады. Сондай-ақ, газ температурасы T_2 -ден T_1 -ге көтеріледі.

Карно циклі бойынша жұмыс істеп жатқан жылу қозғалтқышының атқарған пайдалы жұмысы $A_{\text{най}} = Q_1 - Q_2$ формуласынан анықталады. Мұнда Q_1 – қыздырғыштан алынған жылу мөлшері, Q_2 – салқындақтышқа берілген жылу мөлшері.

Жылу қозғалтқышының пайдалы жұмыс коеффициенті (ПЖК)

Жылу қозғалтқышының пайдалы жұмыс коеффициенті (ПЖК) деп, қозғалтқыш атқарған A_{nai} жұмыстың қыздырғыштан алынған Q_1 жылу мөлшеріне қатынасы айтылады, яғни:

$$\eta = \frac{A_{nai}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{немесе} \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

Барлық қозғалтқышта белгілі мөлшердегі жылу салқыннатқышқа берілгені үшін барлық жағдайда ПЖК $\eta < 1$ болады. Қазіргі жылу машиналарында ПЖК-ның (пайыз есебінде) орташа мәні дизель қозғалтқыштарында ~ 40%, карбюраторлы қозғалтқыштарда 25–30 % болады.

Термодинамика заңдары қыздырғыштың температурасы T_1 және салқыннатқыштың температурасы T_2 болған жылу қозғалтқышының жетуі мүмкін болған ең үлкен ПЖК-ны есептеуге мүмкіндік береді. Мұны бірінші болып француз инженері және фалымы *Сади Карно* есептеп шықты. Идеал жылу машинасы үшін ПЖК-ның мәні төмендегі формула негізінде анықталады:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \quad (2)$$

Демек, идеал жылу машиналарының ПЖК-сы тек қыздырғыш пен салқыннатқыш температураларының айырмашылығына тұра пропорционал екен. Жылу машинасы ПЖК-сын арттыру үшін қыздырғыштың температурасын көтеріп, салқыннатқыштың температурасын төмендету керек. Егер қыздырғыш пен салқыннатқыш температураларының айырмашылығы $T_1 - T_2 = 0$ болса қозғалтқыш жұмыс атқара алмайды.



1. Жылу қозғалтқышындағы қыздырғыш, салқыннатқыш және жұмыштың дененің маңызы қандай?
2. Карно циклі қандай үдерістерден құралған?
3. Карно циклінің жұмыс істеу принципін түсіндіріп беріңдер.
4. Жылу машиналары атқарған ПЖК қалай анықталады?
5. Қозғалтқыштың ПЖК-сы қалай есептеледі?

Елімізде жұмыс істейтін «GENERAL MOTORS» компаниясы шығарған іштен жану қозғалтқышының сыртқы көрінісі..



28-§. ЕСЕП ШЫҒАРУ

1-есеп. Жылу машинасы бір циклде 600 Дж жұмыс атқарады және мұнда ол салқындағышқа 600 Дж жылу береді. Жылу машинасының ПЖК-сын тап.

Берілгені:

$$A = 600 \text{ Дж}$$

$$Q_2 = 600 \text{ Дж}$$

Табу керек:

$$\eta = ?$$

Шешуі: Карно циклінде жұмыс істеп жатқан жылу қозғалтқышының анықталады. Сондай-ақ, жылу қозғалтқышының ПЖК-сы, қозғалтқыш атқарған A жұмыстың қыздырғыштан алынған Q_1 жылу мөлшеріне қатынасы арқылы анықталады, яғни: $\eta = \frac{A}{Q_1}$.

$$\eta = \frac{A}{A+Q_2} \cdot 100 \% = \frac{600 \text{ Дж}}{600 \text{ Дж} + 600 \text{ Дж}} \cdot 100 \% = 50 \text{ \%}.$$

Бұдан

Жауабы: $\eta = 50 \text{ \%}$.

2-есеп. Карно циклімен жұмыс істеп жатқан бу турбинасына температуrases 480 °C болған бу кіріп, одан 130 °C температуралы шықса, турбинаның ПЖК-сын анықта.

Берілгені:

$$t_1 = 480 \text{ °C},$$

$$T_1 = t_1 + 273 \text{ K} = 753 \text{ K}$$

$$t_2 = 130 \text{ °C},$$

$$T_2 = t_2 + 273 \text{ K} = 403 \text{ K}$$

Табу керек:

$$\eta = ?$$

Шешуі: қыздырғыштың температуrases T_1 , ал салқындағыштың температуrases T_2 болған жылу қозғалтқышының ПЖК-сын

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100 \% \quad \text{формуламен анықтаймыз.}$$

$$\eta = \frac{753 \text{ K} - 403 \text{ K}}{753 \text{ K}} \cdot 100 \% \approx 46,5 \text{ \%}$$

Жауабы: $\eta = 46,5 \text{ \%}$.

3-есеп. Жылу машинасындағы қыздырғыштың температуrases 237 °C, салқындағыштыкі 67 °C. Егер бір циклде қыздырғыштан 1800 Дж жылу мөлшері алынса, машина бір циклде қанша жұмыс атқарады?

Берілгені:

$$t_1 = 237 \text{ °C},$$

$$T_1 = t_1 + 273 \text{ K} = 510 \text{ K}$$

$$t_2 = 67 \text{ °C},$$

$$T_2 = t_2 + 273 \text{ K} = 340 \text{ K}$$

$$Q_1 = 1800 \text{ Дж}$$

Табу керек: $A = ?$

Шешуі: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (1) \quad \eta = \frac{A}{Q_1} \cdot (2)$

(1) және (2) формулалы теңестіреміз.

Осы қатынастардан қозғалтқыштың атқаратын жұмысы: $A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot Q_1$

$$A = \frac{510 \text{ K} - 340 \text{ K}}{510 \text{ K}} \cdot 1800 \text{ Дж} = 600 \text{ Дж.}$$

Жауабы: $A = 600 \text{ Дж}$

1. Жұмысшы дене (газ) қыздырғыштан 840 Дж алады. Егер жылу қозғалтқышы ПЖК-сы 30 % болса, газ қанша жұмыс атқарады?
2. Қыздырғыштың температурасы 477 °C, салқындастқыштікі 27 °C болған жылу машинасының максимал ПЖК-сын тап.
3. Идеал жылу қозғалтқышының ПЖК-сы 62,5 % болуы үшін оның қыздырғышындағы температурасы қандай болуы керек? Салқындастқыштың температурасы 300 К-ға тең.
4. Егер қыздырғыштың температурасы 127 °C, салқындастқыштың температурасы 7 °C болған идеал жылу машинасы бір циклде қыздырғыштан 1300 Дж жылу алса, атқарылатын пайдалы жұмыс неге тең?
5. ПЖК-сы 40 % болған жылу машинасы бір циклде салқындастқышқа 63 кДж береді. Машина бір циклде қанша жұмыс атқарады?
6. Идеал жылу қозғалтқышындағы салқындастқыштың температурасы 62 °C, жылу қозғалтқышының ПЖК-сы 50 % болса, қыздырғыш пен салқындастқыш температурааларының арасындағы айырмашылық қандай?
- 7*. Карно циклінде жұмыс істейтін идеал машинадағы қыздырғыш пен салқындастқыш температурааларының қатынасы 5-ке тең. Егер бір циклде салқындастқышқа 180 кДж жылу берілсе, қыздырғыштан алынған жылу мөлшерін анықта.
- 8*. Идеал жылу қозғалтқышы қыздырғышының температурасы 327 °C, ал салқындастқышының температурасы 127 °C-ге тең. Осы идеал машинаның ПЖК-сын екі рет арттыру үшін қыздырғыштың температурасын қанша арттыру керек?

29-§. ЖЫЛУ МАШИНАЛАРЫ ЖӘНЕ ТАБИҒАТТЫ ҚОРҒАУ

Адамзаттың бүгінгі өмірін жылу машиналарысыз көз алдымызға елестете алмаймыз. Түрлі модельдегі женіл көліктер, автобустар, суда жүзетін кемелер, пойыздар, ұшақтар, тағы басқа да транспорттар жылу қозғалтқышының көмегімен қозгалады.

Жылу машиналары жанармайдың жануының есебіне қозғалысқа келеді. Оларға жанармай ретінде бензин, керосин, сүйылтылған пропан мен метан газы пайдаланылады. Аспандағы ұшақты, бір орында қозғалтқышы істеп тұрған машинаны бақылайтын болсақ, олардың қозғалтқышына тұтін көрінісіндегі газдардың бөлініп шыққанын көреміз. Иштен жану қозғалтқышында жанармай жанған кезде, оның бір бөлігі сыртқа тұтін болып шығып кетеді. Бұл газдардың негізгі бөлігі адам ағзасы мен табиғат үшін зиянды. Бұдан тыс қазіргі күнде жер бетіндегі қозғалтқыштардың қуаты 10^{10} кВт-қа жетті. Жылу қозғалтқыштары тұтынатын қуат $3 \cdot 10^{12}$ кВт-қа жеткенде жер шарындағы температура шамамен бір градуска көтеріледі. Ал бұл улкен мұздықтардың еруіне, әлем мұхитты суы деңгейінің көтерілуіне себеп болады. Нәтижеде теңіздер мен мұхиттардың жағалауындағы қалалар мен ауылдардың, өнімді жер аландарының су астында қалу қауіпі пайда болады.

Жер бетіндегі жылу қозғалтқыштарының саны жылдан-жылға жылдам қарқынмен көбеюде. Оларға жыл сайын орташа 2 миллиард тонна көмір мен 1 миллиард тонна мұнай өнімдері жағылады. Олардың жұмыс істеуінің нәтижесінде атмосфераға өте көп мөлшердегі карбонат ангидрид газы қосылады. Жылу қозғалтқыштарынан шығатын газдарды толық тазалау қазіргі уақытта өте қыын. Фалымдардың пікірінше, жыл сайын қоршаған ортаға дерлік 120 миллион тонна күл, 60 миллион тонна зиянды газдар таралуда. Жылу двигательдерінің жылдан-жылға көбейіп бара жатқаны қоғам алдына табиғатты қорғау сияқты үлкен мәселені алға тартуда.

Еліміз үшін өте қажет болған электр энергиясының үлкен бөлігі жанармай есебіне алынады. Жылу беретін станциялар да жанармайсыз жұмыс істей алмайды. Бұл станцияларда әр күні тонналап, жанармай жанып, бұдан зиянды газ айналамызға таралады. Жер бетінде экологиялық проблема туындалап түрған қазіргі уақытта, біздің мемлекетіміз де бұл мәселелерге бейжай қарап тұрмайды. Республикамызда мұндай проблеманы шешудің бірден-бір дұрыс жолы күн энергиясын пайдалану. Елімізде ауа райы ашық күндер кейбір елдерге қарағанда біршама көп. Ауылдарда құрылышп җатқан заманалық үйлердің шатырына күн батареялары орнатылып, олар пайдаланылуда.

Күнделікті өмірде жылу машиналары сияқты салқыннату машиналарын (тоңазытқыш, мұздатқыш) да пайдаланамыз. Олардың саны да жылдан-жылға шұғыл көбеюде. Бұл машиналарға жұмысшы дене ретінде фреон деп аталағын сұйықтық пайдаланылады. Салқыннату машиналарының жүйесі қаншалықты герметикалық болғанмен олардан өте аз болса да фреон булаңып атмосфераға таралады. Нәтижеде атмосфераның құрамында жылдан-жылға фреон буының мөлшері артуда.

Атмосфераның 25-30 км биіктікегі бөлігі озон (O_3) қабатынан тұратыны сендерге география пәнінен белгілі. Озон қабаты жер бетіндегі тірі ағзаларды ғарыштан келетін өте қысқа толқынды нұрланудың әсерінен қорғайды. Егер атмосфераның құрамында фреон буының мөлшері артса, озон қабаты жеміріліп, онда саңылау пайда пайда болады. Озон саңылауы арқылы өткен өте қысқа толқынды нұрланулар тірі ағзаларды жеміріп, жердегі өмірге қауіп төндіреді. Фалымдар бұл мәселенің онды шешімін табу мақсатында фреонды басқа сұйықтықпен алмастыру бойынша ғылыми зерттеулер жүргізуде.

Қорыта айтқанда, жылу қозғалтқыштары адамға бір жағынан өте үлкен мүмкіндіктер бергенімен, бірақ екінші жағынан олар Жер атмосферасына және табиғатқа өзінің кері әсерін көрсетеді.

1. Елімізде өндірілетін электр энергиясының қанша бөлігін жылу машиналары береді?
2. Табиғатты қорғау үшін автомобиль өнеркәсібінде қандай шаралар қарастырылады?
3. Атмосфераға қосылатын зиянды газдар қандай кері салдарларды келтіріп шығаруы мүмкін?

30-§. ЕСЕП ШЫҒАРУ

1-есеп. 60 кВт - ты трактор қозғалтқышы осы қуатта сағатына орташа 18 кг дизель жанармайын жұмысайды. Қозғалтқыштың ПЖК-сын тап. Дизель жанармайының салыстырмалы жану сыйымдылығы 42 МДж/кг.

Берілгені:

$$P = 60 \text{ кВт} = 60 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

$$t = 1 \text{ сағат} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$m = 18 \text{ кг}$$

$$q = 42 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

Табу керек:

$$\eta = ?$$

Шешуі: Қуат анықтамасына орай P қуат пен жұмыс істеп жатқан құрылғының t уақытта атқарған пайдалы жұмысы төмендегідей анықталады, яғни: $A_{nai} = P \cdot t$. Қозғалтқыштағы қандайда бір түрдегі m массалы жанармай толық жанғанда $m \cdot q$ -ге тең жылу мөлшері бөлініп шығады. $m \cdot q$ жылу мөлшерін – қыздырғыштың берген жылу мөлшері $Q_1 = m \cdot q$ немесе қыздырғыштың жалпы атқарған жұмысы деп те қабылдауға болады, яғни $A_{жал} = m \cdot q$. Онда қозғалтқыштың ПЖК-сы:

$$\eta = \frac{A_{nai}}{Q_1} \cdot 100 \% = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} \cdot 100 \% . \quad [\eta] = \left[\frac{A_{foy}}{Q_1} \right] = \frac{\Delta E}{\Delta E} = 1.$$

$$\eta = \frac{A_{nai}}{Q_1} \cdot 100 \% = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} \cdot 100 \% = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{18 \cdot 42 \cdot 10^6} \cdot 100 \% = 28,6 \%$$

Жауабы: $\eta = 28,6 \%$.

2-есеп. Пеште массасы 42 г керосин жанғанда, 3 кг судың температурасы қаншаға көтеріледі? Пештің ПЖК-сы 30 %, керосиннің салыстырмалы жану жылуы 46 МДж/кг.

Берілгені:

$$m_1 = 42 \text{ г} = 42 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$q = 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$\eta = 0,3$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$$

Табу керек:

$$\Delta t = ?$$

Шешуі:

$A_{nai} = Q = m \cdot c \cdot \Delta t$. Сондай-ақ, m_1 массалы жанармай жанғанда бөлінген жылу мөлшері $Q_1 = m_1 \cdot q$.

Құрылғының пайдалы жұмыс коэффициенті:

$$\eta = \frac{A_{nai}}{Q_1} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{m_1 \cdot q}. \quad \text{Бұдан}$$

$$\Delta t = \frac{\eta \cdot m_1 \cdot q}{m \cdot c} \quad [\Delta t] = \frac{1 \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}} = {}^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t = \frac{\eta \cdot m_1 \cdot q}{m \cdot c} = \frac{0,3 \cdot 42 \cdot 10^{-3} \cdot 46 \cdot 10^6}{3 \cdot 4,2 \cdot 10^3} = 46 {}^\circ\text{C}.$$

Жауабы: $\Delta t = 46 {}^\circ\text{C}$.

3-есеп. Автомобиль 100 км жол жүруі үшін 10 л бензин жұмсады. Автомобиль 90 км/сағ жылдамдықпен қозғалса, оның қуаты қандай? Қозғалтқыштың ПЖК-сы 30 %. Бензиннің тығыздығы $\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$, салыстырмалы жану жылуы $q = 46 \text{ МДж/кг-га}$ тен деп алындар.

Берілгені:

$$s = 100 \text{ км} = 10^5 \text{ м}$$

$$v = 90 \text{ км/сағ} = 25 \text{ м/с}$$

$$V = 10 \text{ л} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho_b = 0,7 \text{ г/см}^3 = 700 \text{ кг/м}^3$$

$$q = 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$\eta = 0,3$$

Табу керек:

$$P = ?$$

Шешуі: Бұл есепті шешу үшін төмендегі амалдарды кезең-кезеңімен орындаймыз.

1) Автомобиль v жылдамдықпен s жолда қозғалса, оның қозғалыс уақытын анықтау, яғни $t = \frac{s}{v}$.

2) Жанармайдың массасын анықтау, яғни $m = \rho \cdot V$.

3) Жанармай жанғанда бөлінген жылу мөлшері $Q_1 = m \cdot q$ -ге тен.

Құрылғының пайдалы жұмыс коэффициенті:

$$\eta = \frac{A_{\text{нау}}}{Q_1} = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} = \frac{P \cdot s}{\rho \cdot V \cdot q \cdot v}. \quad \text{Бұл формуладан}$$

$$P = \frac{\eta \cdot \rho \cdot V \cdot q \cdot v}{s}. \quad [P] = \frac{1 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{м}} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = W.$$

$$P = \frac{\eta \cdot \rho \cdot V \cdot q \cdot v}{s} = \frac{0,3 \cdot 7 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 25}{10^5} = 24150 \text{ Вт.}$$

Жауабы: $P = 24150 \text{ Вт} = 24,15 \text{ кВт}$

**Ж
19**

1. Ошақта 6 кг болатты 1400°C -ге қыздыру үшін 4,6 кг арнаулы отын жұмсалады. Егер болаттың салыстырмалы жылу сыйымдылығы 460 Дж/кг·К, арнаулы отынның жану жылуы 3 Дж/кг болса, ошақтың жылу беруі (ПЖК) қандай?

2. Минутына 4 г керосин жұмсайтын қыздырғышта температурасы 31°C болған 2 л су қанша уақыттан соң қайнайды? Құрылғының ПЖК-сы 35 %-ға, $q_{\text{керосин}}$ = 46 МДж/кг-ге тен деп алындар.

3. 72 км/сағ жылдамдықта қозғалған автомобильдің 2 км жолда қанша бензин жұмсауын есепте. Автомобильдің қуаты 23 кВт-қа, ПЖК-сы 25 %-ға тен. Бензиннің салыстырмалы жану жылуы 46 МДж/кг.

4. Егер қуаты 50 кВт болған дизель қозғалтқышының пайдалы жұмыс коэффициенті 34 % болса, ол үш сағатта қанша жанармай жұмсайды? Дизель жанармайының салыстырмалы жану жылуы 42 МДж/кг-ға тен.

5. Идеал жылу машинасындағы газ қыздырғыштан алған жылудың 60 %-ын салқыннатқышқа береді. Егер қыздырғыштың температуrasesы 227 °C болса, салқыннатқыштың температуrasesы қандай болады?

6. Идеал жылу машинасында қыздырғыштың абсолюттік температуrasesы салқыннатқыштың абсолюттік температуrasesынан үш есе жоғары. Қыздырғыш газға 30 кДж жылу мөлшерін берсе, ол қанша жұмыс атқарады?

7*. Горизонталды жолда мотоциклдің қозғалтқышы 60 км/сағ жылдамдықпен 3,5 кВт қуатқа жетеді. Егер қозғалтқыштың ПЖК-сы 25 % болса, мотороллер 3,6 л бензин жұмсап, қанша жолды басып өтеді? Бензиннің салыстырмалы жану жылудығы 46 МДж/кг, тығыздығы 0,7 г/см³.

8*. Тұрақты 108 км/сағ жылдамдықпен қозғалған автомобиль 46 км жолда 5 кг бензин жұмсады. Бензиннің салыстырмалы жану жылуы 46·10⁶ Дж/кг және қозғалтқыштың ПЖК-сы 24 % болса, автомобильдің пайдалы қуатын анықта.

III ТАРАУДЫ ҚАЙТАЛАУҒА АРНАЛҒАН ТЕСТ ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Идеал жылу машинасының ПЖК-сын кім есептеген?

- A) Больцман; B) Цельсий; C) Кельвин; D) Карно.

2. Пайдалы жұмыс коэффициенті η болған жылу машинасы қыздырғыштан Q_1 жылу мөлшерін алғанда қандай жұмыс атқарады?

- A) $(1-\eta)Q_1$; B) $(1+\eta)Q_1$; C) ηQ_1 ; D) Q_1/η .

3. Идеал жылу қозғалтқышы қыздырғыштан 0,8 МДж жылу мөлшерін қабылдан, салқыннатқышқа 0,3 МДж жылу мөлшерін береді. Осы жылу қозғалтқышының максимал ПЖК-сын (%) анықта.

- A) 50; B) 62,5; C) 83,5; D) 30.

4. Циклде жылу машинасы 21 кДж жұмыс атқарап, салқыннатқышқа 29 кДж жылу мөлшерін береді. Машинаның ПЖК-сын анықта.

- A) 30 %; B) 40 %; C) 42 %; D) 52 %.

5. Идеал жылу машинасының пайдалы жұмыс коэффициенті 75 % болуы үшін қыздырғыштың температуrasesы салқыннатқыштың температуrasesынан неше есе үлкен болуы керек?

- A) 4; B) 3; C) 5; D) 2.

6. ПЖК-сы 40 % болған жылу машинасы бір циклде 34 кДж жұмыс атқарады. Машина бір циклде салқыннатқышқа қанша жылу мөлшері беретінін анықта (кДж).

- A) 28; B) 42; C) 51; D) 63.

- 7. Жылу машинасының ПЖК-сы 25 %, қыздырғыштан алған жылу мөлшері 400 Дж болса, пайдалы жұмыс қанша болады (Дж)?**
- A) 200; B) 100; C) 300; D) 400.
- 8. Егер жылу қозғалтқышы қыздырғыштан алған жылу мөлшерінің үштен екі бөлігін салқындақтышқа берсе, қозғалтқыштың ПЖК-сын тап (%).**
- A) 33; B) 54; C) 67; D) 60.
- 9. Салқындақтыштың абсолюттік температурасы қыздырғыштың абсолюттік температурасының төрттен біріне тең. Идеал жылу машинасының ПЖК-сын тап (%).**
- A) 25; B) 30; C) 75; D) 54.
- 10. Идеал жылу машинасында қыздырғыштың абсолюттік температурасы салқындақтыштың абсолюттік температурасынан екі есе үлкен болса, мұндай машинаның ПЖК-сы қандай болады?**
- A) 30 %; B) 40 %; C) 50 %; D) 67 %.
- 11. Егер жылу машинасы қыздырғышының температурасы 500 К, салқындақтышының 250 К болса және ол бір циклде қыздырғыштан 6000 Дж жылу алса, бір циклде атқарылған жұмысты тап (Дж).**
- A) 1200; B) 1500; C) 300; D) 3000.
- 12. ПЖК-сы 40 % идеал жылу машинасы қыздырғыштан 10 кДж жылу алады. Салқындақтышқа берген жылу мөлшері қанша (кДж)?**
- A) 7; B) 6; C) 3; D) 3,5.
- 13. Егер қуаты 42 кВт болған дизель қозғалтқышының ПЖК-сы 20 % болса, ол 3 сағатта қанша жанармай жұмсайды (кг)? Дизель жанармайының салыстырмалы жану жылуы 42 МДж/кг-ға тең**
- A) 20; B) 21; C) 28; D) 54.
- 14. Қөлемі 3600 л суды қазанда қыздыру үшін ошаққа 42 кг көмір жағылды. Егер судың бастапқы температурасы 10 °C, ал ошақтың жылу беру қабілеті 30 % болса, су неше градусқа дейін қызады? $c_{sy} = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$, көмірдің салыстырмалы жану жылуы 30 МДж/кг.**
- A) 35 °C; B) 50 °C; C) 60 °C; D) 70 °C.
- 15. Құрғақ ағаштың жану жылуы 10^7 Дж/кг , ал табиғи газдың $4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$. Бірдей жылу мөлшерін алу үшін ағаш (m_1) пен газдың (m_2) массаларын салыстырып, дұрыс жауапты танда.**
- A) $m_2 = 2 m_1$; B) $m_1 = m_2$; C) $m_1 = 4 m_2$; D) $m_2 = 2 m_1$.

III ТАРАУ БОЙЫНША МАҢЫЗДЫ ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Жылу қозғалтқышы	Жылу қозғалтқышы деп жылу энергиясын механикалық энергияға айналдырып беретін құрылғыға айтылады.
Жылу қозғалтқышының түрлері	Іштен жану қозғалтқышы, дизель қозғалтқышы, реактивті қозғалтқыш.
Жылу қозғалтқышының жұмыс істеу принциптері	<ol style="list-style-type: none"> Кез келген жылу қозғалтқышында жанаармайдың ішкі энергиясы механикалық энергияға айналады. Жылу қозғалтқыштарының жұмыс істеуі үшін түрлі температурадағы қыздырғыш пен салқыннатқыш болуы шарт. Кез келген қозғалтқыштың жұмыс істеуі үшін жұмысшы дene (мысалы, газ) күйі өзгеруінің қайталанатын циклдерінен құралған болады.
Жылу қозғалтқышындағы энергияның бір түрден басқа түрге айналуы	Кез келген жылу қозғалтқышында жанаармайдың ішкі энергиясы механикалық энергияға айналады.
Карно циклі	Идеал жылу машиналары үшін Карно циклі екі изотерма мен екі адіабатадан құралады.
Жылу машинасында атқарылған пайдалы жұмыс	Карно циклі бойынша істеп жатқан жылу қозғалтқышының атқарған пайдалы жұмысы $A_{nai} = Q_1 - Q_2$ формуламен анықталады. Мұндағы Q_1 – қыздырғыштан алынған жылу мөлшері, Q_2 – салқыннатқышқа берілген жылу мөлшері.
Жылу машиналарының пайдалы жұмыс коэффициенті (ПЖК)	Жылу қозғалтқышының пайдалы жұмыс коэффициенті деп, қозғалтқыш атқарған A_{nai} жұмыстың қозғалтқыштан алынған Q_1 жылу мөлшеріне қатынасына айтылады, яғни: $\eta = \frac{A_{nai}}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$
Идеал жылу машиналарының пайдалы жұмыс коэффициенті (ПЖК)	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%.$

IV ТАРАУ СҮЙЫҚТЫҚ ЖӘНЕ ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРИ

31-§. СҮЙЫҚТЫҚТЫҢ ҚАСИЕТТЕРИ

Сүйықтықтың аққыштығы

Газ молекулалары бірінен-бірі өз өлшеміне қарағанда өте үлкен қашықтықта орналасқандықтан, олардың арасындағы өзара тартылыс күші ескерілмейтін дәрежеде әлсіз болады. Газ молекулалары арасындағы тартылыс күшінің әлсіздігі газ молекулаларының бір-бірінен алыстанап кетуіне, яғни газдың кеңейіюіне әкеледі. Сондықтан газдың еркін беті болмайды.

Сүйықтықтың газдардан айырмашылығы, ондағы молекулалар дерлік бір-бірімен түйісіп тұрады. Сондықтан олардың арасындағы өзара әсерлесу күші газ молекулаларың арасындағы әсерлесу күшіне қарағанда үлкен болады. Сүйықтық молекулаларың арасындағы тартылыс күші молекулаларды бір-бірінен алыстанап кетуіне жол бермейді. Осылайша газдардан ерекшеленген сүйықтық өз көлемін сақтайды.

Үйдистағы сүйықтыққа төменге бағытталған ауырлық күші әсер етеді. Ал сүйықтықтың асты мен жан-жағы қабырғамен қоршалғаны үшін ол тепе-тең күйде болады. Егер үйдисты бір жағына еңдейтсе, сүйықтық ауырлық күшінің әсерімен үйдис ауған жаққа ағады (39-а сурет). Үйдің құйылған сүйықтық осы үйдистиң пішініне енеді және горизонталды бетке ие болады (39-б сурет).



Сүйықтықтар аққыштық қасиеті себепті өз пішінін сақтайды алмайды. Бірақ олар өз көлемін сақтап қалады.

Беттік керіліс құбылышы

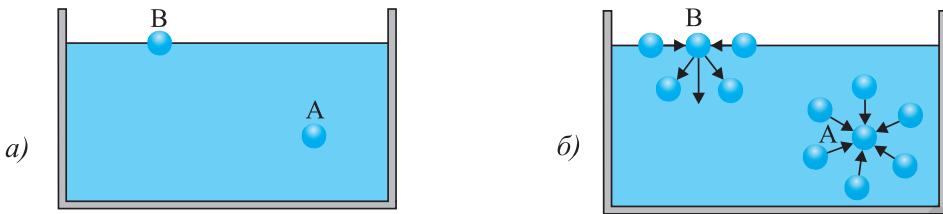
Қандайда бір үйдің сүйықтық мысалы, пиялаға су құяйық. Сүйықтықтың бетіне назар аударсақ сүйықтықтың беті тегіс екенін көреміз. Өзінен-өзі бізде, неліктен сүйықтықтың беті тегіс? – деген сұрақ пайда болады.

Зат құрылымының молекула-кинетикалық теориясына орай зат молекулалары арасында әрдайым өзара әсерлесу күші болады. Сүйықтық ішіндегі А және оның бетінде тұрған В нүктедегі молекулаға басқа молекулалардың әсерін қарастырайық (40-а сурет). Сүйықтық ішіндегі А нүктедегі молекулаға



39-сурет.

қарама-қарсы жақтардан әсер ететін күштер бірін-бірі тепе-тең күйге келтіреді (40-б сурет). Нәтижеде оған әсер еткен күштердің тең әсер етуі нөлге тең болады.



40-сурет.

Ал В нүктедегі молекулаға төмennен және жан-жағынан күштер әсер етеді. Әйткені сұйықтықтың жоғары жағы ауамен шекараланғаны үшін сұйықтық бетіндегі молекулаға жоғарыдан әсер етіп жатқан күшті есепке алмаса да болады. Нәтижеде сұйықтық бетіндегі молекула сұйықтық ішіне қарай тартылады (40-б сурет). Осы жағдай сұйықтықта беттік керілісті пайда етеді.

Су бетінде абайлап металл инені қойсаныз, ине су бетінде қалады. Судың бетпердесі аздап иіліп, инені көтеріп тұрғанын бақылаймыз (41-сурет). Бұған себеп су бетінде беттік керілістің бар екендігі.



41-сурет.

Беттік керіліс күші

Күнделікті өмірде мықтап бекітілмеген су құбыры шүмегінен су тамшылайтынын білесіндер. Құбырдың шүмегінен түсетін тамшыны эластикалық қапшықтың ішінде деп елестетейік. Тамшы үлкейгенде оны көтеріп тұру үшін қапшықтың беріктігі жеткіліксіз болғанда тамшы үзіліп төменге түседі (42-сурет).

Ал шындығында ешқандай қапшық жоқ. Тамшының беттік қабатындағы әрбір молекулаға тамшы ішіне бағытталған күш әсер етеді. Осындай күштердің нәтижесінде тамшының беттік қабатында оны ұстап тұратын беттік керіліс күші пайда болады. Беттік қабатты шекаралайтын сызықта әсер ететін беттік керіліс күші осы сызықтың ұзындығына пропорционал және сұйықтық түріне байланысты болады, яғни:

$$F = \sigma l. \quad (1)$$

Бұл өрнектегі σ – сұйықтықтың табиғатына байланысты болған сұйықтық бетінің қасиеттерін көрсететін шама болып, беттік керіліс коэффициенті деп аталады. (1) формуладан

$$\sigma = \frac{F}{l}. \quad (2)$$



42-сурет.

екені белгілі болады. (2) теңдіктен σ -нің бірлігі [Н/м] екені көрініп тұр. (2) формулаға орай беттік керіліс коэффициентінің төмендегі физикалық мағынасы келіп шығады. Сұйықтық беттін шекаралайтын сзызықтың ұзындық бірлігіне әсер ететін беттік керіліс күшіне сандық тұрғыдан тең болған физикалық шама **беттік керіліс коэффициенті** деп аталады.



43-сурет.

Беттік керіліс күші сұйықтықты шекаралап тұрған бетті мүмкіндігінше кішірейтеді. Еркін түсіп жатқан жаңбыр тамшылары шар пішінінде болады. 43-суретте салмақсыздық күйінде ғарыш кемесінде тіпті үлкен массадағы су да шар пішінінде болуы кескінделген.

Беттік керіліс коэффициентін анықтау

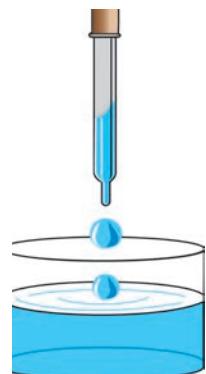
Сұйықтықтың беттік керіліс коэффициентін анықтаудың бірнеше тәсілдері бар. Беттік керіліс коэффициентін анықтаудың ең қарапайым тәсілі – тамшы үзілу (44-сурет). Сұйықтықтың жіңішке тамшуыр арқылы ағуының нәтижесінде оның ішінде тамшы пайда болады. Тамшы кішкене болса ол тұтіктің ұшынан үзілмей тұрады, өйткені оны беттік керіліс күші ұстап тұрады. Тамшы ұлкейіп оның ауырлығы ($m_0 g$), беттік керіліс күшіне (σl) сандық тұрғыдан тең болғанда, ол үзіледі, яғни

$$m_0 g = \sigma l. \quad (3)$$

мұнда m_0 – сұйықтықтың бір тамшысының массасы. (3) формула бойынша, беттік керіліс коэффициенті былай анықталады:

$$\sigma = \frac{m_0 g}{l}. \quad (4)$$

Кейбір сұйықтықтардың беттік керіліс коэффициентінің сандық тұрғыдан мәндері төмендегі кестеде көрсетілген (20 °C температурада).



44-сурет.

№	Сұйықтықтар	σ , Н/м	№	Сұйықтықтар	σ , Н/м
1	Сынап	0,47	4	Өсімдік майы	0,033
2	Су	0,073	5	Керосин	0,024
3	Сабынды ерітінді	0,04	6	Этил спирті	0,022

Беттік энергия

Сұйықтық бетінде пайда болатын беттік керіліс күшінің есебіне сұйықтық беті қабатындағы молекулалар сұйықтық ішіндегі молекулаларға қарағанда артық потенциалдық энергияға ие болады.



Сұйықтық бетіндегі барлық молекулалардың артық потенциал энергиясы беттік энергия деп аталады.

Беттік энергияның мөлшері сұйықтық бетінің шамасына (S) тұра пропорционал болады, яғни:

$$W = \sigma S. \quad (5)$$

(5) формулаға орай, беттік керіліс коэффициенті төмендегіге тең:

$$\sigma = \frac{W}{S}. \quad (6)$$

(6) тәндіктен беттік керіліс коэффициентінің төмендегі физикалық мағынасы келіп шығады. Беттік керіліс коэффициенті – сандық түрғыдан сұйықтық бетінің аудан бірлігіне тұра келетін беттік энергияға тұра келетін шама. (6) формулаға орай σ -нің бірлігі Халықаралық бірліктер жүйесінде [$\text{Дж}/\text{м}^2$]-де өрнектеледі.



1. Беттік керіліс күші қалай пайда болады?
2. Беттік энергия қалай пайда болады?
3. Неліктен тамшуырдан тамшы үзіліп түседі?
4. Гарыш кемесінде пиялаға шай құйып ішуге бола ма?
5. Не үшін таңғы шық тамшыларының пішіні шар сияқты болады?
6. Салмақсыздық күйінде сұйықтық тамшылары қандай пішінде болады?



Пластилиннен диаметрі 3 мм шамасындағы болған шар жасаңдар. Шарға ағаш тұтқыш орнатыңдар. Оны суға абайлас қойып, шарды су көтеріп тұрғанын байқауға болады. Өздеріңнің қорытындыларында жазыңдар.

32-§. СУЛАУ. КАПИЛЛЯРЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР

Сулау және суламау

Қолымыздағы қаламды суға батырып, кейін оны судан шығарып алсақ, оның «су» қүйде шыққанын көреміз. Бізде неліктен дene су болып қалды? – деген сұрақ пайда болады.

Дене мен сұйықтық молекулалардан құралғаны белгілі. Сулау немесе суламау сұйықтық пен қатты дene молекулаларының өзара әсерлесуіне байланысты болады.



Сұйықтық пен қатты дене молекулалары арасындағы тартылыс күштері сұйықтық молекулаларының өзара тартылыш күштерінен үлкен болса, сұйықтық қатты дененің бетін сулайды.

Демек, қалам сұйықтық түйіршіктерін бір-бірінен бөліп, өзіне тартып алады.

Сұйықтыққа батырылған қаламның су болуының себебі – қалам сұйықтық молекулаларын бір-бірінен бөліп, өзіне тартып алуы.



Сұйықтық пен қатты дене молекулалары арасындағы тартылыш күштері сұйықтық молекулаларының өзара тартылыш күштерінен кіші болса, сұйықтық қатты дененің бетін суламайды.

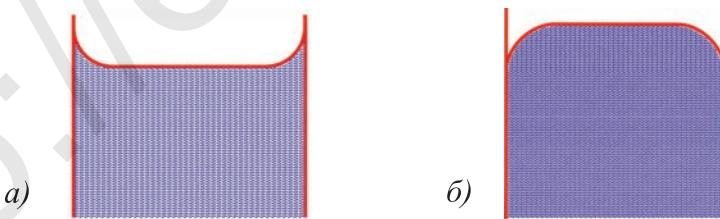
Шыны сынап түйіршіктерін бір-бірінен бөле алмайды. Сондықтан сынап шыны ыдысқа құйылса ол ыдыс қабырғаларын суламайды. Демек, қандайда бір қатты денені бір сұйықтық суласа, басқа сұйықтық суламауы мүмкін.

Сұйықтық бетінің қисауы



Қатты дене бетінде сұйықтық бетінің қисауына себеп болатын құбылысы сулау немесе суламау құбылысына байланысты.

Сұйықтық қатты денені сулауын немесе суламауын сұйықтық пен қатты дене шекарасындағы сұйықтық пішінінен білуге болады. Егер сұйықтық ыдысты суласа оның беті батыңкы (45-а сурет), ал керісінше суламаса сұйықтық беті дөнес пішінде болады (45-б сурет).



45-сурет.

Сулау немесе суламау құбылыстары өмірде немесе техникада өте үлкен маңызға ие. Сабын ертіндісі денемізді жақсы сулайды. Сол себепті сабынмен жуынамыз. Қаз бен үйректер судан шықкан кезінде қауырсындары құрғақ болады. Олардың қауырсындары майлы болғандықтан су оларды дерлік суламайды.

Сулау құбылысы іс жүзіндік маңызға ие. Сулау құбылысының денелерді бояуда, құрамалауда, детальдарды майлауда, денелерді біріне-бірін желімдеу сияқты үдерістердегі орны шексіз үлкен.

Капиллярлық құбылыстар

Диаметрі өте кіші түтікшелер **капиллярлар** деп аталады. Сулайтын сұйықтық капиллярда көтеріледі, суламайтын сұйықтық деңгейі төмендейді. Сулайтын сұйықтық құйылған (46-а сурет) капиллярга сұйықтық беті қабатының шекарасына, жоғарыға қарай бағытталған беттік керіліс күші әсер етеді, яғни:

$$F = \sigma l = \sigma 2 \pi r. \quad (1)$$

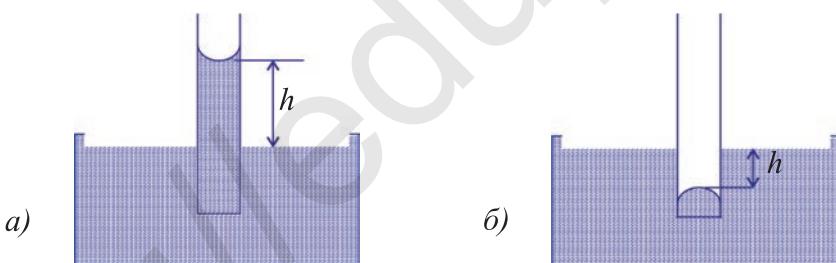
Бұл күш түтікте жоғарыға көтерілген сұйықтықтың бағанының ауырлығына ($m \cdot g$) теңескенде, сұйықтықтың капиллярда көтерілуі тоқтайды, яғни:

$$\sigma 2 \pi r = m g. \quad (2)$$

Капиллярмен көтерілген сұйықтықтың ауырлығы $mg = \rho_s Vg = \rho_s \pi r^2 h g$ екенінен, (2) формулаға орай капиллярмен көтерілген сұйықтық бағанының биіктігі төмендегідей анықталады:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho_s r g}. \quad (3)$$

Бұл формула сулайтын сұйықтықтарда сұйықтықтың капиллярда көтерілу биіктігін, ал сулаймайтын сұйықтықтың төмендеуінің терендігін өрнектейді. Демек, капиллярда сұйықтықтың көтерілуі немесе түсуінің биіктігі, оның беттік керіліс коэффициентіне тура, сұйықтықтың тығыздығы мен капиллярдың радиузысына көріпропорционал болады.



46-сурет.

Капиллярлық құбылыстар табигатта және техникада үлкен маңызға ие. Капиллярлар арқылы азықтанатын ерітінді өсімдіктің денесімен жоғарыға көтеріледі. Өсімдік денесіндегі капиллярлар өсімдік жасушаларының қабырғаларында пайда болады. Сондай-ақ топырақта пайда болатын капиллярлармен су топырақтың төменгі қабатынан жоғары қабатына көтеріледі. Нәтижеде топырақтағы су жылдам буланып, топырақ құрғап кетеді. Топырақтағы ылғалдылықты сактау үшін оның бетін жұмсартып, капиллярлар бұзылады. Ғимарат іргетасының капиллярлары арқылы көтерілген су оны ыдыратады. Бұл үдерісті азайту үшін ғимарат іргетасының үсті су өткізбейтін (мысалы, қара төл) материалдармен қапталады.



1. Неліктен сұйықтық қатты денені сулайды?
2. Неліктен сұйықтық қатты денені суламайды?
3. Неліктен қаз бен үректер судан құрғақ күйінде шығады?
4. Сулау құбылыстарының өмірде қандай маңызын білесіндер?
5. Қандай құбылыстар капиллярынан құбылыстар деп аталады?
6. Капиллярда судың көтерілуі, ал сынаптың төмендеуі себебін түсіндіріп беріндер.
7. Капилляр тұтікпен көтерілген сұйықтықтың биіктігі неге байланысты?
8. Не себепті су болған киімді кио қыын болады?
9. Не үшін киімге май тиіп дақ болса, оны сабынды ерітіндімен жуамыз?



1. Ішкі диаметрі екі түрлі болған капилляр тұтіктерде су немесе майдың көтерілуін бақыла. Бақылауға орай қорытынды пікірінді жаз.

33-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Радиусы 0,5 мм болған капиллярда керосин қандай биіктікке дейін көтеріледі? Керосиннің беттік керіліс коэффициентін 24 Н/м, тығыздығын 800 кг/м³-ге тең деп алындар.

Берілгені:	Формуласы:	Шешуі:
$r = 5 \cdot 10^{-4}$ м $\sigma = 24 \cdot 10^{-3}$ Н/м $\rho = 800$ кг/м ³ $g = 9,81$ м/с ² .	$h = \frac{2\sigma}{\rho_s r g};$ $[h] = \frac{\frac{H}{m}}{\frac{kg \cdot m}{m^3 \cdot s^2}} = \frac{H}{kg \cdot s^2} = \frac{kg \cdot m}{kg \cdot s^2} = m.$	$h = \frac{2 \cdot 24 \cdot 10^{-3} m}{800 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81} =$ $= 12,2 \cdot 10^{-3} m = 12,2 \text{ mm}.$
Табу керек: $h = ?$		Жауабы: $h = 12,2$ мм.

2-есеп. Ұзындығы 6 см ине су бетінде тұр. Оған қандай беттік керіліс күші әсер етеді?

Берілгені:	Формуласы:	Шешуі:
$l = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м.}$	$F = 2\sigma \cdot l$ $[F] = [\sigma \cdot l] = \frac{H}{m} \cdot m = H.$	$F = 2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-2} H =$ $= 8,76 \cdot 10^{-3} H.$
Табу керек: $F = ?$		Жауабы: $F = 8,76 \cdot 10^{-3}$ Н.

3-есеп. Тесігінің диаметрі 3 мм тамшуырда 73 см^3 су бар. Оның беттік керліс коэффициенті 73 Н/м . Тұтікшеден барлығы болып неше тамшы су түседі?

Берілгені:

$$d = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$V = 73 \text{ см}^3 = 73 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Табу керек:

$$N = ?$$

Формуласы:

$$m_0 = \frac{\alpha l}{g} = \frac{\alpha \pi d}{g};$$

$$m = \rho V;$$

$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho V g}{\alpha \pi d}.$$

$$[N] = \left[\frac{m}{m_0} \right] = \frac{\text{кг}}{\text{кг}} = 1.$$

Шешуі:

$$N = \frac{10^3 \cdot 73 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{73 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 1040.$$

Жауабы: $N = 1040$.

4-есеп. Сабын көпіршігінің радиусы 2 см-ден 3 см-ге дейін үлкейді. Оның беттік энергиясы қаншаға өзгерді? Сабын ертіндісінің беттік керліс коэффициенті $0,04 \text{ Н/м-ге}$ тең.

Берілгені:

$$R_1 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$R_2 = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$\sigma = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м.}$$

Табу керек:

$$\Delta W = ?$$

Формуласы:

$$W = 2 \sigma S;$$

$$S = 4\pi R^2;$$

$$\Delta W = 2\alpha S_2 - 2\alpha S_1 = \\ = 2\alpha \cdot 4\pi (R_2^2 - R_1^2)$$

$$[\Delta W] = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \text{м}^2 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж.}$$

Шешуі:

$$W = 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot \\ \cdot (9 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-4}) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

Жауабы: $\Delta W = 5 \cdot 10^{-4}$ Дж-ға артады.

**Ж
20**

1. Су капиллярда 14 мм-ге көтерілген болса, оның диаметрі қандай болған?
2. Капиллярда спирт 22 мм биіктікке көтерілді. Капиллярдың радиусы қандай болған? Спирттің тығыздығы $800 \text{ кг}/\text{м}^3$.
3. Радиусы 0,6 мм капиллярда керосин қандай биіктікке көтеріледі? Керосиннің тығыздығы $800 \text{ кг}/\text{м}^3$.
4. Тесігінің диаметрі 2 мм тамшуырдан таматын су тамшысының массасын анықта.
5. Ішкі диаметрі 2 мм тамшуырдан ұзіліп түскен сұйықтық тамшысының массасы 15 мг екенін ескеріп, осы сұйықтықтың беттік керіліс коэффициентін тап.
6. Тығыздығы $0,9 \text{ г}/\text{см}^3$ болған сұйықтық диаметрі 1,5 мм болған капилляр тұтіктеңі көтерілу биіктігі 10 мм болса, осы сұйықтықтың беттік керіліс коэффициентін анықтаңдар.
7. Тесігінің диаметрі 3 мм тамшуырда 20 см^3 су бар. Оның беттік керіліс коэффициенті $73 \text{ мН}/\text{м}$. Тамшуырдан барлығы болып неше тамшы түседі?
8. Жер бетіндегі капиллярда су 15 мм-ге көтеріледі. Егер Айда еркін тұсу жылдамдығы жердегіден 6 есе төмен екені белгілі болса, Айда осы капиллярда су қанша биіктікке көтеріледі?
9. Сабын көпіршігі бетінің ауданы 12 см^2 -ге артқанда беттік энергиясы қаншаға артады?
10. Сабын көпіршігінің радиусы 2 см-ден 3 см-ге дейін ұлкейгенде беттік энергиясы қалай өзгереді?
11. Не себептен қолдағы май қалдығын сумен жуу қыын, бірақ керосинмен жуу онай?
12. Самауырдың шұмегінен түсетін су тамшысы сұық күйінде ауыр бола ма немесе ыстық күйінде ме?
13. Не үшін қамыр пеште жұмсамай, қайта қатады?
14. Сұық судың молекулалары ыстық және қайнаған судың молекулаларынан ерекшелене ме? Мұз молекулаларынан ше?

34-§ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

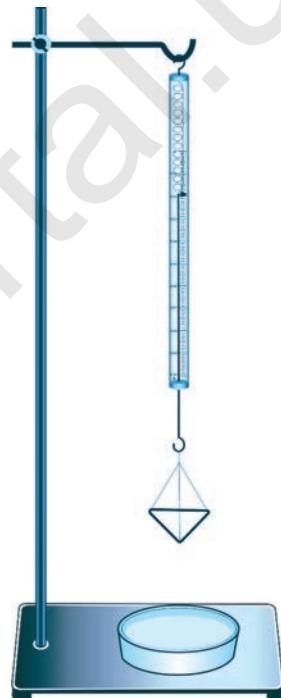
СҮЙЫҚТЫҚТЫҢ БЕТТІК КЕРІЛІС КОЭФФИЦИЕНТИН АНЫҚТАУ

Жұмыстың мақсаты: Сүйықтықтың беттік керіліс коэффициентін анықтауды үйрену.

Қажетті жабдықтар: сезімтал динамометр, штатив, үшбұрыш, квадрат және шеңбер пішіндегі сымдар, су құйылған ыдыс, сызғыш, штангенциркуль.

Жұмысты орындау тәртібі

1. Динамометрді штативке орнат (47-сурет).
2. Сызғыштың көмегімен үшбұрыш пішіндегі сымның периметрі l -ді өлше.
3. Динамометрдің төменгі ілгегіне үшбұрыш пішіндегі сымды іл және оның ауырлық күші F_1 -ді өлше.
4. Іздыстағы суды көтеріп, динамометрге ілінген сымға тигіз.
5. Іздысты жайлап төменге тартып сымның судан үзілу кезіндегі динамометрдің көрсеткіші F_2 -ді жаз.
6. $F = F_2 - F_1$ формуладан беттік керіліс күшін тап.
7. $\sigma = \frac{F}{2l}$ формула көмегімен судың беттік керіліс коэффициентін анықта.
8. Тәжірибелі төртбұрыш пен шеңбер пішінді сымдарда орында, σ_2 мен σ_3 -ті анықта $\sigma_{\text{opt}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ формула көмегімен беттік керіліс коэффициентінің орташа мәнін анықта.



47-сурет.

9. Тәжірибе барысындағы өлшеу және есептеу нәтижелерін кестеге жаз.

№	m , кг	l , м	σ , Н/м	σ_{opt} , Н/м
1				
2				
3				



1. Беттік керіліс күші не екенін түсіндіріп бер.
2. Неліктен сымды судан бөліп алу үшін күш керек болады?
3. Тәжірибе нәтижелерін талдап, қорытындыларында жазындар.

35-§. КРИСТАЛДЫҚ ЖӘНЕ АМОРФТЫ ДЕНЕЛЕР

Кристалдық денелер

Сұйықтықтан ерекшеленетін қатты дененің атомдары (молекулалары) бірімен-бірі күшті байланысқан болады. Олар тепе-тен қүйде тұрған жерінде тынымсыз тербеліп тұрады. Ауырлық күші атомдар арасындағы тартылыс күшін жеңе алмайды. **Қатты денелер өз қолемін сақтайды және өз пішініне ие болады.**

Қатты денелер құрылымына орай *кристалдық* және *аморфты* денелерге бөлінеді.



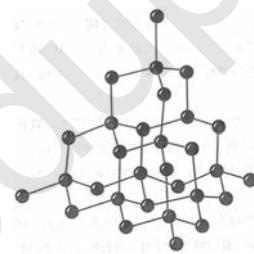
Атомдары немесе молекулалары кеңістікте нақты тәртіп-ті орынға ие қатты дене кристалдық деген аталады.

«*Кристалл*» сөзі грекшеден алынған болып, «*мұз*» деген мағына береді.

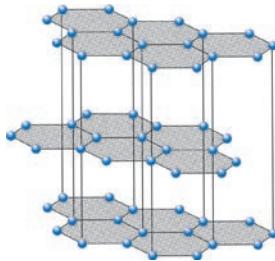
Кристалдық дененің атомдары (молекулалары) тұрған жерлер түйістірілсе, *кристалл тор* пайда болады. Атомдар (молекулалар) орналасқан нүктелер кристалл торкөздің *түйіндері* деп аталады. 48- және 49-суреттерде ас тұзы мен алмастың кристалл токөздері бейнеленген.



48-сурет.



49-сурет.



50-сурет.

Кристалдық денелерде түрлі бағыттарда атомдар (молекулалар) арасындағы қашықтық бірдей емес. Түрлі бағыттарда кристалдар жылу, электр тогы мен жарықты түрліше өткізеді.



Дененің физикалық қасиеттері оның жақтары бойынша бағыттарына байланыстылығы *анизотропия* деп аталады.
Кристалдық денелер анизотроп қасиетке ие.

Грекше *anizos* – бірдей емес, *tropos* – бағыт деген мағыналарды білдіреді.

Кристалдардың физикалық қасиеттері онда таңдалған бағыттарына байланысты болады. Мысалы, графит кристалды белгілі бір бағытта қабаттарға оңай ажыратуға болады. Қаламмен жазған кезде графиттің қабаттары бөлініп, жұқа графит қабаты қағазда қалады. Өйткені графиттің кристалл торкөзі қабат-

қабат структуралы және олардың арасындағы байланыстар әлсіз болғаны үшін олар бір-бірінен жылдам ажырайды (50-сурет). Бірақ графит кристалды перпендикуляр бағытта бөлу өте қыын.

Металл бөлігі өте көп шағын кристалдардан құралған болады. Металл құюда осы кристалдар бір-біріне қатысты тәртіпсіз орналасады. Сондықтан мұндай металдардың физикалық қасиеттері барлық бағытта бірдей болады.



Бір-біріне қатысты тәртіпсіз орналасқан көп кристалдардан құралған дene *поликристалл* деп аталады.

Латын тілінде *поли* сөзі *көп* деген мағына береді. Мысалы, қатып қалған тұз бөлігі мен шақпақ қант поликристалл. Олар шағын кристалдардан құралған. Өнеркәсіп, құрылым, энергетика, байланыс, тағы басқа салаларда негізінен поликристалл күйдегі өнімдер пайдаланылады.



Егер дene тұтас кристалдан құралған болса, мұндай дene *монокристалл* деп аталады.

Латын тілінде *моно* сөзі *бір* деген мағына береді.

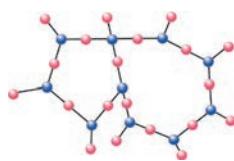
Мысалы, жеке шағын ас тұзы, шекер түйіршігі монокристалл. Кейір мақсаттарда, мысалы электроника саласында монокристалдар кеңінен қолданылады. Ол үшін арнаулы әдістер арқылы монокристалл өсіреді. Сүйылтылған құмшекерді өсіру жолымен дайындаған науат та монокристалл.



Монокристалдың анизотропия қасиеті болмайды.

Аморфты денелер

Кристалдардан айырмашылығы, аморфты денелердегі атомдар (молекулалар) қатаң тәртіпке салынып орналаспайды (51-сурет). Шыны, шайыр, пластмассалар аморфты денелерге мысал бола алады.



51-сурет.



Аморфты денелердің физикалық қасиеттері барлық бағыттарда бірдей болады. Дененің физикалық қасиеттері оның жақтары бойынша бағыттарына байланысты болмауы изотропия деп аталады. Аморфты денелер изотропия қасиетке ие.

Грекше *isos* сөзі *бірдей* деген мағынаны білдіреді.

Сыртқы әсердің ықпалынан аморфты денелер әрі (қатты денелердей) сыйғыш, әрі (сүйық заттардай) аққыш болады. Егер аморфты денені күшпен

соқса, ол тұс-тұсқа жарылып кетеді. Бірақ құштер ұзак уақыт бойы әсер етсе, аморфты денелер елеулі дәрежеде ағады. Мысалы, шайыр тамшысы қатты денениң бетінде біртіндеп ағып, жайыла түседі. Шыны да белгілі дәрежеде ағады. Мысалы, ұзак уақыт бойы тік қалпында тұрған терезенің айнасының қалындығын өлшегендеге, оның төменгі бөлімі қалындытыла түсетіні анықталды.

Кристалдық денелердің анық бір балқу температурасы болады. Ал аморфты денелердің балқу температурасы анық болмайды. Оларды қыздырғанда, олар әуелі жұмсарады да, кейінрек бірте-бірте сұйық күйге өте бастайды.

Беруни — минералология ғалымы

Қатты денелердің, солардың ішінде бағалы тастандардың, түрлі металдардың қасиеттері адамдарды ежелден қызықтырып келеді. X—XI ғасырларда жасап, шығармашылықпен шұғылданған ұлы ғұламамыз Әбу Райхан Беруни бағалы тастандардың, түрлі металдардың қасиеттерін үйренуде де үлкен жұмыстар атқарған.

Беруни қымбат бағалы тастандардың түсі мен жылтырағын көркемдеп жазып, олардың қаттылығын, магниттік және электр қасиеттерін бақылаған. Минералдарды сипаттауда өзі ойлап тапқан аспаптарды пайдалана отырып, ол 50-ден астам заттардың салыстырмалы салмағын анықтады, қасиеттерін зерттеді. Бұл саладағы ізденіс жұмыстарын Беруни өзінің “Минералология” деп аталатын кітабында жазып қалдырған. Оның осы саладағы жұмысын шәкірті Абдурахман Хозин жалғастырды.



1. Кристалдық дене деп қандай денелерді айтады? Мысал келтір.
2. Неліктен кристалдық денелердің анизотропия қасиеті болады?
3. Қандай кристалдар монокристалдар деп аталады? Поликристалл дегеніміз не?
4. Не үшін аморфты денелерде изотропия қасиеті болады?
5. Аморфты денелердің қандай қасиеттері бар?
6. Беруни минералология саласында қандай жұмыстарды атқарды.

36-§. ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРИ

Деформация

Қатты денелер өздігінен пішінін өзгертуейді. Егер қатты денеге сыртқы әсер берілсе ол өз пішінін өзгертуі мүмкін. Мысалы, резіңке жіптің ұшын ұстап тартса, жіптің бөліктері бір-біріне қатысты көшеді, жіп ұзындау және жіңішке болып қалады. Құштердің әсері тоқтағаннан соң резіңке жіп бастапқы күйіне қайтады.



Сыртқы әсер себепті дене пішінінің өзгеруі деформация деп аталады.

Деформация серпінді немесе созылымды болады.



Егер сыртқы күштің әсері тоқтаған соң дененін пішіні бұрынғы қалпына қайтса, мұндай деформация серпінді деформация деп аталады.

Бір бөлік пластилин саусақпен езілсе, саусақ пластилиеннен алғынғаннан соң ол бастапқы пішінін тіктей алмайды.



Денеге етілген сыртқы әсер тоқтаған соң деформация жойылmasa, мұндай деформация созылымды деформация деп аталады.

Лай, прополис, корғасын сияқты денелер осындай қасиетке ие болып, олар созылымды деформацияланады. Өте үлкен күш пайда ететін престердің көмегімен полат бұйымдарды штамповка жасауда болаттың созылымдылық қасиеті пайдаланылады.

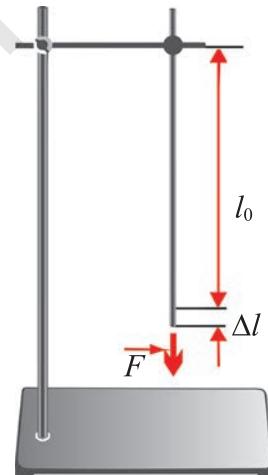
Созылу деформациясы

Ұзындығы l_0 , көлденең қима ауданы S резінке материалдан дайындалған өзекті алайық. Өзектің жоғары ұшы штативке орнатылған болсын. Оның төменгі ұшына төменге бағытталған F күшпен әсер етілсе, өзек Δl -ге ұзарады (52-сурет). Мұнда F күш деформациялаушы күш, Δl **абсолюттік ұзару** деп аталады. Егер өзектің деформациялау нәтижесіндегі ұзындығы l -ге тең болса, абсолюттік ұзару былай табылады:

$$\Delta l = l - l_0. \quad (1)$$

Тұрақты күш жағдайында абсолюттік ұзару өзектің алғашқы l_0 ұзындығына тәуелді болады. Сондықтан физикада салыстырмалы ұзару деген түсінік те енгізілген. Өзектің салыстырмалы ұзаруы мынадай өрнектеледі:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{немесе} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%. \quad (2)$$



52-сурет

Механикалық кернеу

Қатты денелердің механикалық қасиеттері дегенде қатты денелердің сыртқы механикалық күштер әсерімен деформациялануы және осы күштер әсеріндегі ыдырауына шыдамдылығын білдіретін қасиеттері түсініледі.



Деформацияланған дененің бірлік қолденең қимасының ауданына әсер ететін деформациялаушы қүшке сандық тұрғыдан тең физикалық шама механикалық кернеу деп аталады және ол σ әрпімен белгіленеді.

$$\text{Анықтамаға орай механикалық кернеу: } \sigma = \frac{F}{S}. \quad (3)$$

σ – механикалық кернеу. Голланд ғалымы тәжірибеде серпінді деформацияда механикалық кернеу салыстырмалы ұзаруға тұра пропорционал болатынын анықтады, яғни:

$$\sigma = E \cdot |\varepsilon|. \quad (4)$$

Бұл өрнекке қатысқан пропорционалдылық коэффициенті E -ге серпінділік модулі немесе **Юнг модули** деп аталады. Халықаралық бірліктер жүйесінде механикалық кернеу және Юнг модулінің бірлігі, қысым бірлігі сияқты **Паскаль** деп қабылданған.

Юнг модулі E неғұрлым үлкен болса, материал соғұрлым аз деформацияланады. Кейбір заттардың серпінділік модулі кестеде көрсетілген.

№	Зат	E , Па	№	Зат	E , Па
1	Қорғасын	$1,1 \cdot 10^{10}$	4	Мыс	$1,1 \cdot 10^{11}$
2	Бетон	$1,6 \cdot 10^{10}$	5	Болат	$1,9 \cdot 10^{11}$
3	Алюминий	$7 \cdot 10^{10}$	6	Никель	$2,1 \cdot 10^{11}$

Механикалық кернеу $\sigma = \frac{F}{S}$ мен салыстармалы ұзару $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ формулаларын

Гүк заңы формуласына (4) қойып, тәмендегі формуланы пайда етеміз:

$$\frac{F}{S} = E \frac{|\Delta l|}{l_0}. \quad (5)$$

Бұдан $F = E \cdot S \frac{|\Delta l|}{l_0}$ (6) келіп шығады. Егер $\frac{E \cdot S}{l_0} = k$ деп белгілесек, (6) формуланы тәмендегідей жазуға болады: $F = k \cdot |\Delta l|$.

Беріктік шекарасы

Бір ұшы ілгекке бекітілген болат сымның екінші ұшына ыдысты іліп, оған жүк қойсак, болат сым тартылады. Үйдисқа бір-бірлеп жүктөрді қойып

барсақ сымдағы механикалық кернеу де артып отырады. Кернеудің белгілі бір мәнінде сым үзіліп кетеді. Зат материалы шыдауы мүмкін болған механикалық кернеудің осы мәнін беріктік шекарасы деп атау қабылданған. Кейбір заттардың беріктік шекарасы төмендегі кестеде көрсетілген. Материалдың беріктік шекарасы зат түріне және оны дайындау технологиясына байланысты болады.

№	Зат	σ , МПа
1	Бетон	48
2	Алюминий	50 ÷ 115
3	Капрон	55 ÷ 80
4	Мрамор	100
5	Болат	170 ÷ 700

Серпінділік. Кез келген материалдан жасалған дene шағын деформацияларда өзін серпінді дene сияқты етіп көрсетеді. Сыртқы әсер жоғалған соң дененің пішіні мен өлшемдері қалпына келеді.

Морттық. Қатты денелердің морттық деп аталатын қасиеті іс жүзінде үлкен маңызыға ие. Егер материал онша көп болмаған деформацияларда ыдырайтын болса, ол морт материал деп аталады. Шыны бұйымдар морт болады. Сондай-ақ шойын мен мәрмәр морт саналады. Морт материалдарда созылымдылық қасиеті дерлік болмайды.

- ?
1. Деформация дегеніміз не? Оның қандай түрлері бар?
 2. Абсолюттік және салыстырмалы ұзару формулаларын жазып, оларды түсіндіріп беріңдер.
 3. Механикалық кернеу дегенініміз не? Ол қандай бірлікпен өлшенеді?
 4. Юнг модулі дегеніміз не? Оның мағынасын түсіндіріп беріңдер.

37-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Металл өзектің абсолюттік және салыстырмалы ұзаруы сәйкесінше 3 мм және 0,15 % болса, деформацияланбаған өзектің ұзындығын анықта.

Берілгені:

$$\Delta l = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\varepsilon = 0,15 \text{ %.}$$

Табу керек:

$$l_0 = ?$$

Формуласы:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% \quad \text{бұдан}$$

$$l_0 = \frac{\Delta l}{\varepsilon} \cdot 100\%.$$

Шешуі:

$$l_0 = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,15 \%} \cdot 100 \% = 2 \text{ м.}$$

Жауабы: $l_0 = 2 \text{ м.}$

2-есеп. Диаметрі 2 мм болған болат сымға 6 кг массалы жүк ілінген. Сымда қандай механикалық кернеу пайдада болады?

Берілгені: $d = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $m = 4 \text{ кг.}$ Табу керек: $\sigma = ?$	Формуласы: $F = m \cdot g$ және $S = \pi d^2 / 4$ $\sigma = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4m \cdot g}{\pi \cdot d^2}.$ $[\sigma] = \left[\frac{F}{S} \right] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па.}$	Шешуі: $\sigma = \frac{4 \cdot 4 \cdot 10}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} =$ $= 1,27 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$ Жауабы: $\sigma = 1,27 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2.$
--	---	---

3-есеп. Ұзындығы 4 м, қимасы 10 мм^2 болған болат сымды 2 мм-ге созу үшін қанша күш қажет? Болат үшін серпінділік модулі 190 ГПа.

Берілгені: $l_0 = 4 \text{ м}$ $S = 10 \text{ мм}^2 = 10^{-5} \text{ м}^2$ $\Delta l = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $E = 190 \text{ ГПа} = 1,9 \cdot 10^{11} \text{ Па.}$ Табу керек: $F = ?$	Формуласы: $\sigma = \frac{F}{S};$ $\sigma = E \varepsilon = E \frac{\Delta l}{l_0};$ $F = E \frac{\Delta l}{l_0} S.$ $[F] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}} \cdot \text{м}^2 = \text{Н.}$	Шешуі: $F = \frac{1,9 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4} \text{ Н} =$ $= 950 \text{ Н.}$ Жауабы: $F = 950 \text{ Н.}$
--	---	---

4-есеп. Тікұшақтан түсірілген болат арқан өзінің салмағы себепті үзіліп кетпеуі үшін оның ұзындығы кемінде қанша болуы керек? Болаттың беріктік шекарасы $1,7 \cdot 10^8 \text{ Па}$, тығыздығы 7800 кг/м^3 -ге тең.

Берілгені: $\sigma = 1,7 \cdot 10^8 \text{ Па}$ $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$ Табу керек: $l = ?$	Формуласы: $\sigma = \frac{\rho V g}{S} = \frac{\rho S l g}{S} = \rho l g;$ $l = \frac{\sigma}{\rho g}.$ $[l] = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \text{м.}$	Шешуі: $l = \frac{1,7 \cdot 10^8}{7800 \cdot 10} \text{ м} = 2180 \text{ м.}$ Жауабы: $l = 2180 \text{ м.}$
---	---	---

Ж
21

- Диаметрі 2 см болған болат арқанға салмағы 30 кН жүк ілінген. Арқандағы механикалық кернеуді анықта.
- 18 кН созылу күші берілсе, $6 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ механикалық кернеу пайда болуы үшін болат өзектің көлденең қимасының ауданы қанша болуы керек?
- Беріктік шекарасы 0,5 МПа, ал тығыздығы 4000 кг/м³ болған қыш қабырганың биіктігі ен көбі қанша болуы мүмкін?
- Ұзындығы 80 см, ал көлденең қима ауданы 0,5 мм² болған сымға массасы 25 кг жүк ілінгенде сым 2 мм-ге ұзарды. Осы сым үшін Юнг модулін анықта.
- Болат өзектің ұшына 7,85 кН күш қойылғанда ол ұзіліп кетті. Оның диаметрі қандай болған? Болат үшін беріктік шекарасы 170 МПа.
- * Бір ұшы жоғарыға ілінген болат сым суға түсірілуде. Сым өзінің салмағымен ұзіліп кетпеуі үшін сымның ұзындығы қандай болуы керек? Болат үшін беріктік шекарасы 170 МПа-ға, тығыздығы 7800 кг/м³-те тең.

38-§. ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ БАЛҚУЫ МЕН ҚАТАЮЫ

Қатты денеге жылу беру жолымен оны сұйық қүйге өткізуге болады.



Заттың қатты қүйден сұйық қүйге өту үдерісі балқу деп аталады.

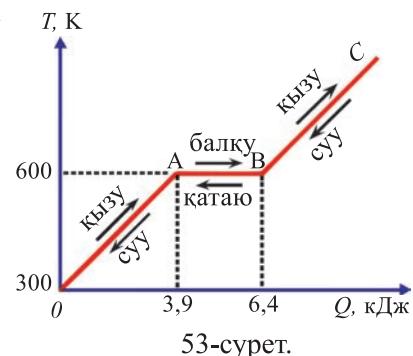
Кристалдық дененің балқыту үшін оған жылулық беріп, температурасын асырайық. Дененің температурасы белгілі бір дәрежеге жеткенде, ол балқи бастанады.



Кристалдық дененің балқу үдерісіндегі температурасы осы кристалдың балқу температурасы деп аталады.

Кристалдық дененің балқуы мен қатаюын қорғасын мысалында қарап шығайық. Бұл үшін оның балқу және қатаю үдерісін график көрінісінде көрсетейік. Бұл үшін координаттар жүйесінің абсцисса осіне қорғасынға беріліп жатқан жылу мөлшерін, ал ордината осіне — кристалл температурасының өзгеруін салайық (53-сурет).

Температурасы 27°C (300K) және массасы 0,1 кг қорғасынды алайық. Оны баяу балқытын ыдысқа салып, жылулық беріп тұрайық. Бұл жылулық қорғасынның температурасын асыруға жұмсалады. Сонда қорғасынға берілген жылулық оның ішкі энергиясын асырады. Қорғасынның температурасы 327°C-ге (600K) жеткенде, ол ери бастанады да, балқытылып



53-сурет.

кеткенше оның температурасы өзгермейді. Осы температура қорғасынның балқу температурасы болып табылады.



Балқу температурасындағы кристалдық денені толығымен балқытуға жұмсалған жылулық мөлшері балқу жылулығы деп аталады.

Берілген 0,1 кг қатты күйдегі қорғасынның температурасын 27°C -ден 327°C -ге дейін асыру үшін $Q = cm (T_2 - T_1) = 130 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \cdot 0,1 \text{ кг} (600 - 300) \text{ К} = 3900 \text{ Дж} = 3,9 \text{ Дж}$ жылу мөлшері жұмсалады (53-суретте көрсетілген *графиктің O – A бөлігі*).

Қорғасынның температурасы 327°C -ге (600 К) жеткенде оған бұдан былай беріліп жатқан жылу мөлшері кристалл торын бұза бастайды, ал кристалл балқи бастайді. Қорғасын толығымен балқытылып кеткенге шейін оның температурасы өзгермейді (*графиктің A – B бөлігі*). Демек, массасы 0,1 кг қорғасын ери бастап, толық еріп кеткенше ($6,4 - 3,9 = 2,5 \text{ кДж}$ -ға тен) балқу жылулығының мөлшері жұмсалады. Берілген осы энергия кристалл торын бұзуға, оның атомдарының бір-бірімен әсерлесуін әлсіретуге, қорғасынның *сұйық күйге отуіне* жұмсалады.

Балқу барысында кристалл толығымен сұйыққа айналып үлгермегенше оның температурасы өзгермейді. Тек сұйыққа толық айналып болған соң оның температурасы онан ары арта түседі (*графиктің B – C бөлігі*). Мұнда берілген жылулық сұйық күйдегі қорғасынның атомдарының қозғалу жылдамдығын, яғни олардың *кинетикалық энергиясын асуруға* жұмсалады.

Егер сұйық күйдегі қорғасынның астынан отты алып тастасак, яғни оған энергия берілісі тоқтатылса, онда ол сүйна бастайды (*графиктің C – B бөлігі*). Мұнда қорғасын атомдарының кинетикалық энергиясы, сондай-ақ заттың *ішкі энергиясы да азая түседі*. Жылу мөлшері қорғасыннан босанып шығады.

Сұйық қорғасын сүйп, 327°C -ге (600 К) жеткенде оның температурасы өзгермей қалады (*графиктің B – A бөлігі*). Бұл температура **қорғасынның қатаю температурасы** болып табылады. Дегенмен жылулықтың қорғасыннан бөлініп шығуы әлі де жалғасады. Мұнда қорғасын атомдарының кинетикалық энергиясы азайып, атомдар тәртіпті түрде орналаса бастайды. Осы үдеріс заттың **қатаюы** немесе **кристалдануы** дейіледі.

Қорғасын қатты күйге өткен соң, оның температурасы онан ары азая түседі (*графиктің A – O бөлігі*). Атомдардың кинетикалық энергиясының азаюы есебінен оның *ішкі энергиясы азаяды*. Мұнда оның температурасы бастапқы 27°C -ге дейін азайғанда, ол қоршаған ортаға жылулық таратады. Кристалл күйіне толығымен оралып, температурасы 327°C -ден 27°C -ге сүйғанша қорғасыннан $3,9 \text{ кДж}$ -ға тен жылулық бөлініп шығады.

Басқа кристалдық денелердің балқу және қатаю үдерісі қорғасындікіндей болып жүреді. Қарастырылған балқу және қатаю үдерістеріне сүйене отырып, мынадай қорытынды шығаруға болады:

1. Кристалдық дененің балқу және қатаю температуралары бірдей болады.

2. Кристалдық дene балқу үдерісінде сырттан қанша жылу мөлшерін алса, қатаю барысында сыртқа да сонша жылу мөлшерін береді.

3. Кристалдық денелердің балқу және қатаю үдерістерін сипаттайтын жылудық графиктері дәлме-дәл келеді.

Қорғасын сияқты басқа кристал денелер де нақты балқу (қатаю) температурасына ие. Мына кестеде кейбір заттардың балқу температурасы t_e келтірілген.

№	Зат	$t_e, ^\circ\text{C}$	№	Зат	$t_e, ^\circ\text{C}$	№	Зат	$t_e, ^\circ\text{C}$
1	Сынап	-39	5	Мырыш	420	9	Шойын	1220
2	Мұз	0	6	Алюминий	660	10	Темір	1539
3	Қалайы	232	7	Алтын	1064	11	Платина	1769
4	Қорғасын	327	8	Мис	1083	12	Вольфрам	3410

- 
- Балқу деп қандай үдерісті айтады?
 - Балқу температурасы деп нені айтады?
 - Балқу жылудығы деп қандай жылудықты айтады?
 - 53-суретте келтірілген графикті талдандар.

39-§. ЗАТТЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ БАЛҚУ ЖЫЛУЛЫҒЫ. АМОРФТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ БАЛҚУЫ ЖӘНЕ ҚАТАЮЫ

Заттың салыстырмалы балқу жылудығы



Балқу температурасында тұрған 1 кг кристалдық заттың толық балқуы үшін қажетті жылу мөлшері салыстырмалы балқу жылуды деп аталады және λ (лямбда) әрпімен белгіленеді.

Анықтамаға сәйкес, массасы m массалы заттың салыстырмалы балқу жылудығы былай өрнектеледі:

$$\lambda = \frac{Q_e}{m}, \quad (1)$$

мұнда Q_e – балқу температурасындағы заттың сүйықтыққа айналдыру үшін қажетті жылу мөлшері. λ шамасы негізінен Дж/кг, кДж/кг өлшем бірліктерімен өлшенеді.

(1) формуладан салыстырмалы балқу жылудығы λ , массасы m денені балқу температурасында балқытуға қажетті жылу мөлшерін былай өрнектейміз:

$$Q_e = \lambda \cdot m. \quad (2)$$



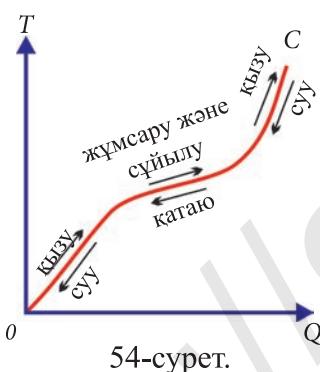
Берілген массалы кристалдық денені балқу температурасында сұйыққа айналдыру үшін қанша жылу мөлшері жүмсалған болса, оны осы температурада сұйық күйінен қатты күйіне айналдырған кезде соңша жылу мөлшері бөлініп шығады.

Кейбір кристалдардың салыстырмалы балқу жылуы кестеде көрсетілген.

№	Зат	λ , кДж/кг	№	Зат	λ , кДж/кг
1	Сынап	12	6	Күміс	105
2	Қорғасын	25	7	Мыс	205
3	Қалайы	60	8	Темір	266
4	Алтын	64	9	Мұз	334
5	Болат	84	10	Алюминий	385

Аморфты денелердің балқуы мен қатаюы

Аморфты денеге жылу берілсе оның температурасы әуелі бірқалыпты атады (54-суреттегі *графиктің O – A болігі*). Мұнда берілген жылу денедегі молекулалардың өз орнында жасаған тербелістерін күштейтуге, яғни **кинетикалық энергиясын арттыруға** жүмсалады.



А нүктеден бастап температуралың артуы бәсендейді (*графиктің A – B болігі*). Берілген жылу **молекулалардың кинетикалық энергиясын және олардың өзара әсерлесу потенциалдық энергиясын арттыруға** жүмсалады. Мұнда молекулааралық байланыстардың беріктігі төмендеуі нәтижесінде дene жұмсарып, сұйыла түседі.

Дене толығымен сұйыққа айналған соң берілген жылу мөлшері молекулалардың қозғалу жылдамдығын асыруға, яғни **кинетикалық энергияның артуына** жүмсалады (*графиктің B – C болігі*).



Аморфты дененің анық бір балқу температурасы болмайды. Жылу берген кезде аморфты денелер әуелі біртіндеп жұмсарады, соң сұйыла бастайды.

Сұйық күйге айналған аморфты денені сұытқанда қатаюы балқу үдерісіне кері болады. Кристалдық денедегі сияқты, аморфты дененің балқу үдерісіндегі температуралың жылу мөлшеріне байланыстылығын көрсететін графигі қатаю үдерісі графигімен дәлме-дәл келеді.

Балқу үдерісін зерттеудің табиғатта (мысалы, Жердің бетіндегі қар мен мұздың еруінде), ғылым мен техникада (мысалы, таза металдар мен қоспаларды айырып алуда, дәнекерлеуде) аса зор маңызы бар.

Есеп шығару үлгісі

20 °C температурадағы 4 кг массалы суға 0 °C температуралы мұз салынды. Мұз толығымен еріп кетуі үшін оның массасы қандай болуы керек? Мұздың салыстырмалы балқу жылуы 336 кДж/кг.

Берілгені:

$$t_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_1 = 4 \text{ кг}$$

$$t_2 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 336 \text{ кДж/кг.}$$

Табу керек:

$$m_2 = ?$$

Формуласы: $Q_1 = Q_2$

$$Q_1 = m_1 c(t_1 - t_2) \text{ және } Q_2 = \lambda m_2$$

$$m_2 = \frac{m_1 c(t_1 - t_2)}{\lambda}.$$

$$[m_2] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot \text{К}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \text{кг.}$$

Шешуі:

$$m_2 = \frac{4 \cdot 4200 \cdot 20}{336 \cdot 10^3} \text{ кг} = 1 \text{ кг}$$

Жауабы: $m_2 = 1 \text{ кг.}$

-  1. Заттың салыстырмалы балқу жылуы дегеніміз не?
2. Заттың салыстырмалы балқу жылуының формуласы қалай жазылады? Оның өлшем бірліктерін айтыңдар.
3. Аморфты денелердің балқу және катаю үдерістерін түсіндіріңдер.
4. Аморфты денелердің балқуы мен қатаю үдерісі кристалдақ денелердің балқуы мен қатаюынан несімен ерекшеленеді?

-  1. Балқу температурасындағы 3 кг мұзды суға айналдыру үшін оған қанша жылу мөлшерін беру керек?

2. Балқу температурасындағы массасы m қалайыны тұтасымен еріту үшін 10 кДж жылу мөлшері жұмсалды. Ерітілген қалайының массасын табыңдар.

3. Температурасы 0 °C тоқазытқышқа қойылған 0,5 л су мұзға толық айналып кеткенше одан қанша жылу болініп шығады?

4. Балқу температурасындағы 5 кг-дық денені толығымен еріткенше 420 кДж жылу мөлшері жұмсалды. Бұл дene қандай заттан жасалған?

5. Температурасы 0 °C болған 1 л суды қайнату үшін жұмсалатын энергия осындаі температурадағы қанша мұзды ерітуі мүмкін?

6. Бетінің ауданы 250 м² болған хауыздың суы 0 °C температурада 1 мм қалындықтағы мұзбен қапталды. Мұнда айналаға қанша жылу мөлшері бөлінген? Мұздың тығыздығын 900 кг/м³-ге тен деп алыңдар.

40-§. БУЛАНУ ЖӘНЕ КОНДЕНСАЦИЯ

Аузы жақылап жабылған ыдыста сұйықтық (мысалы, әтір) ұзақ уақыт тұрғанымен оның мөлшері өзгермейді. Аузы ашық қалдырылса уақыт өтуімен оның мөлшері азайып, ұзақ уақыттан соң ыдыста әтір қалмағанын көреміз. Байқалған осы физикалық құбылысқа булану құбылысы себеп болады.



Заттың сұйық немесе қатты агрегаттық күйінен газ күйіне өту үдерісі булану деп аталады.

Заттың газ күйіне өтуі оның бос сыртында будың пайда болуымен қатар жүреді. Біз алдымен сұйықтықтың бу күйіне өтуін қарастырамыз.

Кез келген температурада сұйықтықтың ішіндегі молекулалардың арасында үлкен кинетикалық энергиясы бар молекулалар табылады. Олар басқа молекулалардың тартылыс күштерін жеңіп, сұйықтықтың сыртқы қабатын «тесіп өтіп» шығуы және осының арқасында, газ күйіне көше алады.

Сұйықтық температурасы артқан сайын булану да артады. Булану сұйықтық үстіндегі ауаның күйіне де байланысты. Жел есіп тұрғанда сұйықтық бетіндегі молекулаларға жел қосымша энергия бергені себепті сұйықтық жылдам буланады. Мысалы, егер ауаның температурасы жоғары және жел есіп тұрса көлшік су жылдам құрғайды.

Тәрелкеге және стақанға бірдей мөлшерде су құямыз. Бірнеше сағаттан соң, тәрелкедегі су буланып кетеді, ал стакандағы су қалады. Демек, булану сұйықтық бетінің үлкендігіне де байланысты еken. Сондай-ақ булану жылдамдығы сұйықтық бетіне әсер ететін атмосфера қысымына да байланысты. Атмосфера қысымы төмен жерде булану жылдамдай түседі.

Салыстырмалы булану жылулығы

Булану үдерісінде жоғарырақ энергиясы бар молекула басқа молекулалардың тартылыс күштерін жеңіп, сыртқа шығып кетеді. Буланып жатқан молекулалардың сыртқа шығып кетуі үшін жұмыс атқарылады. Сондықтан буланғанда сұйықтық сұннады.

Бұға айналу кезінде сұйықтықтың температурасы өзгермесін десек, оған сырттан жылу беріп отыруға тұра келеді. Берілуге тиісті осы жылу мөлшерін **булану жылулығы** деп атайды.



Тұрақты температурада 1 кг сұйықтықты толығымен буға айналдыруға қажетті жылу мөлшері салыстырмалы булану жылулығы деп аталады және оны *r* әрпімен белгілейді.

Анықтамаға сәйкес, массасы m заттың салыстырмалы булану жылуыбылай өрнектеледі:

$$r = \frac{Q_\delta}{m}. \quad (1)$$

Бұл формулаға орай салыстырмалы булану жылулық бірлігі Дж/кг-да өрнектеледі. (1) формуладан m массалы сұйықтықты толығымен сұйықтыққа айналдыруға қажетті жылу мөлшерін анықтау формуласы келіп шығады, яғни:

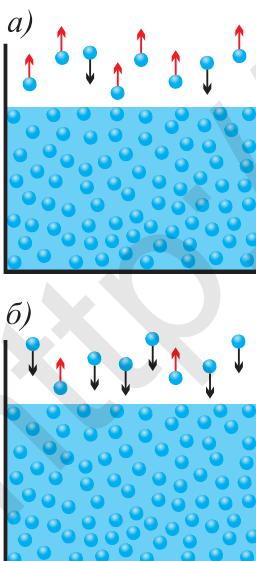
$$Q_\delta = r \cdot m. \quad (2)$$

Қалыпты жағдайда қайнау температурасындағы 1 кг суды толығымен буға айналдыру үшін $2,3 \cdot 10^6$ Дж энергия жұмсалады. Демек, су үшін салыстырмалы булану жылуы $r = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг-ға тең екен.

Конденсация

Булану үдерісіне кері үдеріс те бар, яғни бу қайта сұйықтыққа айналуы мүмкін. Аузы жабық ыдыстағы сұйықтық мөлшерінің өзгермей қалуына дәл осы будың конденсациялануы себеп болады.

Будың сұйық күйге айналу үдерісі конденсация деп аталады.



55-сурет.

«Конденсация» сөзі латын тілінен «нығыздану», «қоюлану» деген мағыналарды білдіреді.

Әдетте, сұйықтық бір уақытта әрі буға, әрі суға айналып отырады. Булану үдерісі басымырақ болса, сұйықтық буға айналуда дейді (55-а сурет). Ал конденсация үдерісі басым келсе, ол сұйықтыққа айналуда дейді (55-б сурет).

Атмосферадағы су булары конденсациясы нәтижесінде жаңбыр, қар, шық, бұршақ, қырау пайда болады.

Энергияның сақталу және айналу заңына орай берілген сұйықтықты буландыру үшін қанша жылу мөлшері жұмсалған болса, бу конденсацияланып осындай температуралы сұйықтыққа айналғанда булану жылуына тең болған жылу мөлшері бөлінеді және бұл жылу конденсациялану жылуы деп аталады.

$$Q_k = -Q_b = -r \cdot m. \quad (3)$$

Қаныққан және қанықпаган бу

Бұға айналып жатқан сұйықтықтың бетін жауып қойса, оның үстінде бу жинала бастайды. Бастыпқыда буға айналған молекулалардың саны конденсацияланып жатқан молекулалар санынан көп болады. Мұндай жағдайдағы сұйықтықтың үстіндегі бу **қанықпаган бу** деп аталады.

Жабық ыдыстағы сұйықтықтың үстінде бу молекулаларының саны көбейген сайын олардың конденсациялануы да артады. Белгілі бір уақытқа жеткенде булану және конденсациялану жылдамдықтары тенгеріледі. Мұндай жағдай *динамикалық тепе-тенендік қүйі* деп аталады.



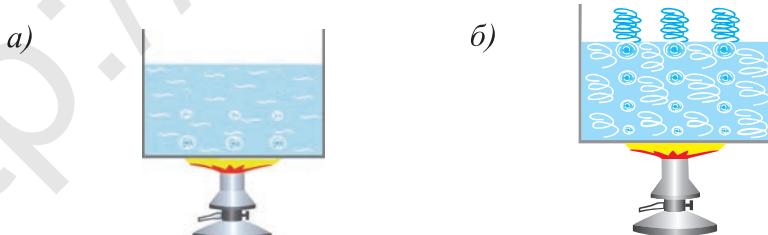
Өзінің сұйықтығымен динамикалық тепе-тен қүйінде болған бу қаныққан бу деп аталады. Мұндай жағдайда сұйықтықтың үстінде ораған қысым қаныққан будың қысымы деп аталады.

Сұйықтың температурасы артқан сайын қаныққан будың қысымы да артады. Қаныққан будың қысымы $p = nkT$ тендеуі арқылы өрнектеледі.

Қайнау

Кез келген жағдайда сұйықтықтың ішінде көзге көрінбейтін аяқ көпіршіктепі болады. Сұйықтықтың үстіндегідей, көпіршіктепің ішінде де сұйықтық булаты пайда болады. Сұйықтықтың, мысалы судың температурасы артқанда көпіршіктепдердегі будың қысымы да арта түседі, ал олардың көлемі ұлғаяды. Ұлғайтылған көпіршіктеп Архимед күшінің әсерімен жоғарыға ұмтылады.

Судың жоғарғы қабаттары ыдыстың түбіндегілерге қарағанда жеткілікті дәрежеде қызуға ұлгерे алмайды, сондыктан көпіршіктепдердегі будың белгілі бір бөлігі конденсацияланады (56-а сурет). Бұл құбылыс судың қайнау алдында шығарған өзгеше дыбысынан білінеді. Белгілі уақыттан кейін судың бүкіл көлеміндегі температурасы бірдей болады. Жоғары көтеріліп жатқан көпіршіктеп енді кішіреймейді. Олар сыртқа шығып, «жарылады» да, ауада бу пайда болады (56-б сурет).



56-сурет.



Сұйықтықтың бүкіл көлемінің бойымен будың пайда болу үдерісі қайнау деп аталады.

Қайнаған кезде сұйықтың бүкіл көлеміндегі температурасы тенгеріліп, ол қарқынды буланады. Сұйықтық қайнай бастағанда оның температурасының артуы тоқтайды. Оның бүкіл көлемін бойлап көпіршіктер пайда болады. Бұл температура **сұйықтықтың қайнау температурасы** деп аталады.

Әр түрлі сұйықтардың қайнау температурасы түрліше болады. Мәселен, қалыпты жағдайда спирт 78°C-де, су – 100°C -де қайнайды.

Сыртқы қысым неғұрлым үлкен болса, қайнау температурасы соғұрлым жоғары болады. Мысалы, ішіндегі қысымы $16 \cdot 10^5$ Па-ға тең бу қазанындағы су 200°C-де де қайнамайды. Емдеу орындарында хирургиялық аспаптарды залалсыздандыру үшін оларды жоғары қысымда қайнатады.

Сыртқы қысым төмендеген сайын сұйықтықтың қайнау температурасы төмендейді. Мысалы, таудың 5 км-лік шынында атмосфера қысымы төмен болғандықтан, су 84°C-де қайнайды. Мұндай температурада суды қанша қайнатса да, оған салынған ет піспейді. Оны пісіру үшін ыдысты ауа кірмestей, герметикалық етіп жауып, суды қайнату керек.



1. Булану деп қандай үдерісті айтады? Ол қалай жүреді?
2. Не үшін шабылған шөп жел болмаған кезге қарағанда жел болған кезде жылдам құрғайды?
3. Конденсация үдерісінің қалай жүретінін түсіндіріндер.
4. Қандай бу қанықпаған бу болып саналады?
5. Қанықкан бу деп қандай күйдегі буды айтады?
6. Суды қыздырмай қайнатуға бола ма?
7. Су 250 °C температурада да сұйықтық күйінде бола ма?.
8. Көпқабатты ғимараттардың бірінші және соңғы қабаттарында судың температурасы қалай ерекшеленеді?

41-§. АТМОСФЕРАДАҒЫ ҚҰБЫЛЫСТАР

Ауаның ылғалдылығы

Жер шарының 2/3 бөлігін су құрайды. Судың булануы себепті атмосфераның құрамында әрдайым су буы болады. Құрамында су буы болған ауа ылғал ауа немесе **ылғалдылық** деп аталады. Ауада су булары қанша көп болса, оның ылғалдылығы соғұрлым жоғары болады.



1 м³ ауадағы су буларының массасы ауаның абсолюттік ылғалдылығы деп аталады.

Абсолюттік ылғалдылық 1 м³ ауада судың неше грамм булары бар екенін көрсетеді. Берілген көлемдегі ауадағы су буының массасы арқылы абсолюттік ылғалдылық төмендегідей анықталады:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Ылғалдылық белгілі бір ρ_0 мөлшерге жеткенде ауа су буына қанығады. Осы кездегі ауадағы су буының тығыздығын қанықкан су буының тығыздығы деп атайды. Ауа температурасының артуымен оның қанығу шекарасы да артып барады.

Ауадағы су буының қанығу дәрежесін бағалау үшін салыстырмалы ылғалдылық ұғымы енгізілген. Температурасы t болған ауадағы су буы абсолюттік ылғалдылығының осы температурада қанықкан будың тығыздығына қатынасының пайызда алынған мәні **ауаның салыстырмалы ылғалдылығы** деп аталады, яғни:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%. \quad (2)$$

Демек, абсолюттік ылғалдылықтың берілген температурадағы қанықкан бу тығыздығына қатынасы салыстырмалы ылғалдылық екен. Салыстырмалы ылғалдылық ауаның су буына неғұрлым тойынғанын анғартады. Салыстырмалы ылғалдылық 100%-ға тең болғандағы ауадағы су буының қанығуы, булану болмай жатқанын білдіреді.

Кейде ауадағы су буының қысымы да абсолюттік ылғалдылық деп аталағы. Сондықтан абсолюттік ылғалдылықты су буының қысымы арқылы да өрнектеуге болады. Температурасы t болған ауадағы су буының қысымы p -ның осы температурадағы қанықкан будың қысымы p_0 -ға қатынасының пайызда алынған мәні арқылы **ауаның салыстырмалы ылғалдылығын** төмендегідей есептейміз, яғни:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\%, \quad (3)$$

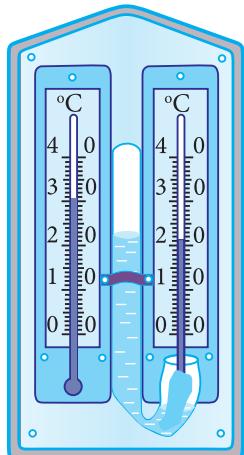
мұнда p – ауадағы су буының қысымы, p_0 – қанықкан будың қысымы.

Температураның түрліше мәндері үшін қанықкан су буының тығыздығы мен қанықкан су буының қысымы төмендегі кестеде көлтірілген.

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0, \text{г}/\text{м}^3$	$p_0, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0, \text{г}/\text{м}^3$	$p_0, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0, \text{г}/\text{м}^3$	$p_0, \text{кПа}$
1	5,2	0,653	11	10,0	1,31	21	18,3	2,49
2	5,6	0,706	12	10,7	1,39	22	19,4	2,64
3	6,0	0,759	13	11,4	1,49	23	20,6	2,81
4	6,4	0,813	14	12,1	1,59	24	21,8	2,98
5	6,8	0,880	15	12,8	1,71	25	23,0	3,17
6	7,3	0,933	16	13,6	1,81	26	24,4	3,36
7	7,8	0,999	17	14,5	1,93	27	25,5	3,56
8	8,3	1,07	18	15,4	2,07	28	27,2	3,78
9	8,8	1,15	19	16,3	2,19	29	28,7	3,99
10	9,4	1,23	20	17,3	2,33	30	30,3	4,24

Ауаның салыстырмалы ылғалдылығын өлшеу

Құрылымы қарапайым Август психрометрін ауа ылғалдылығын өлшеу үшін қолдануға болады (грек тілінен *psixros* – сұық). Ол екі аспаптан: бірінші – құрғақ, ал екінші – ылғалды термометрден тұрады (57-сурет). Бірінші термометр ауаның температурасын өлшейді. Екінші термометрдің ұшы матамен оралып, астынғы ұшы суы бар ыдысқа түсірілген болады. Ауа неғұрлым құрғақ болса, су мата арқылы соғұрлым тез буланып, оның температурасы төмендей түседі. Құрғақ және ылғалды термометрлер көрсеткен температуралардың арасындағы айырманы өлшеп, психрометр кестесінен салыстырмалы ылғалдылықтың мәні табылады. Бұл кесте осы аспаппен бірге болады. Психрометр кестесінің бір бөлігі ($15 - 28^{\circ}\text{C}$ үшін) кестеде көрсетілген.



57-сурет.

Мысалы, 57-суреттегі психрометрдің құрғақ термометрі 28°C , ылғал термометрі 21°C -ді көрсетуде. Мұнда термометрлердегі айырмашылық 7°C -ді құрайды.

Психрометр кестесінен ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 53% екенін анықтауға болады.

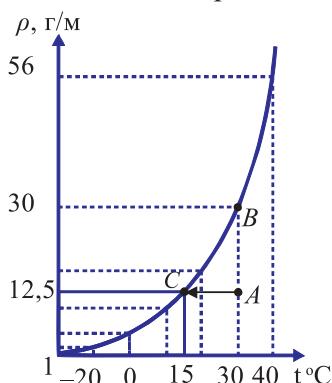
Психрометр кестесі

Құрғақ термометр көрсеткіші, $^{\circ}\text{C}$	Құрғақ және ылғалды термометрлер көрсеткішінің айырмасы, $^{\circ}\text{C}$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	29
	Салыстырмалы ылғалдылық, %										

Әдетте, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 50%-дан төмен болғанда ауа күрғақ, 50-80% шамасында болса қалыпты жағдайда, ал 80%-дан асқанда ылғал ауа деп саналады. Үлғалдылық жоғары болса металл бұйымның tot басуына, ағаш бұйымның ісіп кетуіне соктырады. Ал күрғақ ауада ағаш бұйымдар өз ылғалдылығын жоғалтып, қисайып және жарылып кету мүмкін.

Жаңбырдың пайды болуы

Жер бетінің үстіндегі ауаның ылғалдылығы жоғары дәрежеде болғанда су буларының бір бөлігі конденсацияланып, ұсақ су тамшыларына айналады. Олардың атмосферадағы қоспасы **тұман** деп аталады.



58-сурет.

Қанықпаған судың буын сүйтса, ол белгілі температурада қанықкан буға айналады. Айталық, күндізгі температурасы 30°C ауаның абсолюттік ылғалдылығы $12,5 \text{ g/m}^3$ болсын (58-суреттегі A нүктесі). Мұндай температурада аудағы судың булаres қанықпаған болады, ал қанығу үшін 30 g/m^3 болуға тиіс (B нүктесі). Бірақ түн ішінде ауаның температурасы төмендей, танертенге жақынырақ 15°C -ге дейін түсіп кетеді. Осындаі температурада аудағы су булары ($12,5 \text{ g/m}^3$) қанықкан күйіне өтеді (C нүктесі). Сондай-ақ олар бірен-сарапдан конденсацияланып, жерге шық болып түседі. Мұндай жағдайда C нүктесіне тұра келетін $t_{шық}$ температурасы шық нүктесі деп аталады.



Су буы қанығатын температура шық нүктесі деп аталады.

Ауаның абсолюттік ылғалдылығын шық нүктесі арқылы анықтайтын аспап **гигрометр** деп аталады.

Ауа температурасы 0°C -ден төмендегендегі конденсацияланған су булары мұз бөлшектеріне айналып, жерге қырау болып түседі.



59-сурет.

Мұхит пен құрлық бетінен көтерілген будың үлкен бөлігі жерден бірнеше километр биіктікте жүзіп жүреді. Биіктікте температура жер бетіндегі температуралармен салыстырғанда біраз төмен болады. Осындаі жағдайда су буларының қанығуы оңай кешеді. Үлғалдылық жоғары болып, температура ары қарай төмендегендегі қанықкан булар конденсацияланып, судың ұсақ тамшыларын тудырады. Олар бізге **бұлт** болып көрінеді. Температура тағы да төмендегендегі су бөлшектері бірігіп, су тамшыларына айналады. Өз салмағын ұстап тұра алмаған су тамшылары жерге **жсанбыр** болып түседі (59-сурет).

Бұлт ішіндегі температура сүйп кеткенде, су тамшылары мұз бөлшектеріне ауысып, конденсацияланады. Мұз бөлшектері бір-бірімен қосылып, **қар** ұшқындарына айналып, қар жауады (60-сурет).

Температурасы төмен бұлтта пайда болған мұз бөлшектері ая ағымы әсерінен жоғарыға-төмөнге қарай бірнеше рет қозғалыс жасауға ұмтылады. Мұз бөлшектері әр көтерілгенінде, оларды мұз пердесі қаптайды. Көтеріліп түскен сайын мұз бөлшектері үлкейеді де, **бұршақ** пайда болады.



60-сурет.

Ауаның температурасы, ылғалдылығы, қысымы, жел, бұлт, жаңбыр, тұман, шық, қырау сияқты атмосфера құбылыстары ая ағдайын белгілейді.



Анық бір уақытта белгілі бір жердегі ауаның жағдайына ая арай деп аталады. Ауаның температурасы, ылғалдылығы мен қысымы ая райының негізгі элементтері дейіледі.

Ая райының негізгі элементтердің жағдайына байланысты жел, бұлт пайда болады, жаңбыр жауады. Мысалы, ая температурасының төмөндеуі атмосфера қысымының төмен түсүіне, салыстырмалы ылғалдылықтың артуына әкеп соқтырады. Қысымның өзгеруі желді тудырады, ал салыстырмалы ылғалдылықтың артуы жауын-шашынды тудырады. Жел жер бетіндегі ая ағымын және бұлттарды бір жерден екінші жерге айдал жүреді. Бұл, ая температурасы өзгеруі мен жаңбыр жаууын келтіре алады.

Ая райын алдын ала болжаудың аса зор маңызы бар. Ая райын зерттеу метеорологиялық орталықтарда жүзеге асырылады. Өзбекстан аумағында ая райын үйрену бойынша Ташкент қаласында және облыстарда гидрометеорология орталығы қызмет етеді.



1. Абсолюттік ылғалдылық деп қандай физикалық шаманы айтады?
2. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы деген не? Ол қалай өрнектеледі?
3. Август психрометрінің жәрдемімен салыстырмалы ылғалдылықты қалай өлшеуге болады?
4. Шық нүктесі деп нені айтады?
5. Тұман, шық, қырау қалай пайда болатынын түсіндіріндер.
6. Бұлт, жаңбыр, қар мен бұршақ қалай пайда болады?
7. Ая райы дегеніміз не?
8. Ая райын зерттейтін мекеме туралы не білесіндер?

42-§. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС. АУАНЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ҮЛГАЛДЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ

Жұмыстың мақсаты: Ауа ылғалдылығын тәжірибеде анықтауды үйрену.

Қажетті жабдықтар: Август психрометрі (немесе екі бірдей термометр), су құйылатын ыдыс және дәке.

Зертханалық жұмысты орындаудан бұрын төмендегі кестені сзындар.

№	$t, \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_h, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta t, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$\rho, \text{ g/m}^3$
1					
2					
3					

Жұмысты орындау тәртібі

1. Психрометр ыдысына су құйып, 4-5 минут күтіндер.
2. Құрғақ және сұлы термометрлердің көрсеткіштерін жазып алындар.
3. Құрғақ және сұлы термометрлердің t және t_h көрсеткіштерін жазып алындар.
4. Құрғақ және сұлы термометрлердің көрсеткіштерінің айырмашылығын, яғни: $\Delta t = t - t_h$ есептендер.
5. Психрометр кестесінен құрғақ термометрдің t көрсеткіші мен Δt сәйкес келген салыстырмалы ылғалдылықты белгілеңдер (121-бетте психрометр кестесі берілген).
6. 120-беттегі кестені пайдаланып, бөлмедегі абсолюттік ылғалдылықты анықтандар.
7. Тәжірибе нәтижелерін кестеге жазындар.

Ескеरту. Зертханалық оқу жабдықтарының арасында Август психрометрі болмай, тек термометрлер болса олардан психрометр аспабын жасауға болады. Егер тек бір ғана термометр бар болса, онда бөлменің температурасын өлшеп аласындар. Соң осы термометрдің резервуарын сұлы матамен (бінт дәкесімен) орап, матаның бір бөлігін сұлы ыдысқа салып қоясындар. 5-6 минуттан соң термометрдің көрсеткішін жазып аласындар. Алынған нәтижелер негізінде ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтайсындар.

-  1. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтау тәсілін айтындар.
2. Тәжірибе нәтижелеріне орай, бөлмедегі абсолюттік ылғалдылық қалай анықталады?

43-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. 16 °C температурада аудағы салыстырмалы ылғалдылық 70 %-ды құраса, абсолюттік ылғалдылық қандай болады? 16 °C температурада қаныққан су буының тығыздығы 13,6 г/м³-ге тең.

Берілгені:

$$\begin{aligned} t &= 16 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \varphi &= 70 \% \\ \rho_t &= 13,6 \text{ г/м}^3. \end{aligned}$$

Табу керек:
 $\rho = ?$

Формуласы:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_t} \cdot 100\%; \quad \rho = \frac{\varphi \cdot \rho_t}{100\%}.$$

$$[\rho] = \frac{\varphi \cdot \rho_t}{100\%} = \frac{\%}{\%} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Шешуі:

$$\rho = 0,7 \cdot 13,6 \text{ г/м}^3 = 9,52 \text{ г/м}^3.$$

Жауабы: $\rho = 9,52 \text{ г/м}^3$.

2-есеп. 17 °C температурада аудағы су буының қысымы 2 кПа-ға тең болса, абсолюттік ылғалдылық неге тең болады?

Берілгені:

$$\begin{aligned} t &= 17 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T &= 290 \text{ К} \\ p &= 2 \cdot 10^3 \text{ Па} \\ M &= 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/молль} \end{aligned}$$

Табу керек:
 $p = ?$

Формуласы:

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad \frac{m}{V} = \frac{M p}{RT};$$

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad \rho = \frac{M p}{RT}.$$

$$[\rho] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{молль}} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}}{\frac{\text{Дж}}{\text{молль} \cdot \text{К}}} = \frac{\text{кг}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Шешуі:

$$\rho = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 290} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 14,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Жауабы: $\rho = 14,9 \text{ г/м}^3$.

3-есеп. Температурасы 20 °C болған ауда, температурасы 8 °C болған дене терлей бастайды. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықта. 8 °C температурада қаныққан су буының қысымы 1,06 кПа, 20 °C температурада қаныққан су буының қысымы 2,33 кПа-ға тең.

Берілгені:

$$\begin{aligned} t_1 &= 20 \text{ } ^\circ\text{C} \\ t_2 &= 8 \text{ } ^\circ\text{C} \\ p &= 1,06 \text{ кПа} = 1060 \text{ Па} \\ p_0 &= 2,33 \text{ кПа} = 2330 \text{ Па} \end{aligned}$$

Табу керек:
 $\varphi = ?$

Формуласы:

$$\varphi = \frac{p}{p_{tb}} \cdot 100\%.$$

$$[\varphi] = \frac{\text{Па}}{\text{Па}} \cdot \% = \%.$$

Шешуі:

$$\varphi = \frac{1060}{2330} \cdot 100\% = 45,5\%.$$

Жауабы: $\varphi = 45,5 \%$.

1. Қайнау температурасында 5 кг су толық буға айналу үшін қанша жылу мөлшері қажет? Судың салыстырмалы булану жылуы $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг.
2. Массасы 50 г бу конденсацияланғанда қанша жылу болінеді?
3. 20 °C температурада 4 м³ ауада 40 г су буы болса, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы қанша? 20 °C температурада қаныққан су буының тығыздығы 17,3 г/м³.
4. 20 °C температурада ауадағы су буының қысымы 1,54 кПа-ға тең. Егер 20 °C температурада қаныққан су буының қысымы 2,43 кПа болса, салыстырмалы ылғалдылықты анықта.
5. 20 °C температурада ауадағы су буының тығыздығы 17 г/м³-ді құрайды. Егер ауаның абсолюттік ылғалдылығы 11 г/м³ болса, салыстырмалы ылғалдылығы қанша?
6. 24 °C температурада ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 50 %, абсолюттік ылғалдылығы қанша? 24 °C температурада қаныққан су буының тығыздығы 21,8 г/м³.
7. Психрометрдің құрғақ термометрі 24 °C-ді, сұлы термометрі 19 °C-ді көрсетуде. Психрометр кестесін пайдаланып, ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықта.

IV ТАРАУДЫ ҚАЙТАЛАУҒА АРНАЛҒАН ТЕСТ ТАПСЫРМАЛАРЫ

- 1. Сұйықтықтың беттік керіліс коэффициентінің бірлігі қайсы жауапта дұрыс берілген?**

A) Дж·с; B) Дж/м; C) Дж/м³; D) Н/м.
- 2. Диаметрі 1,46 мм болған капилляр тұтікте су қанша биіктікке көтеріледі (см)? Судың беттік керіліс коэффициенті 73 мН/м-ге тең.**

A) 4; B) 2; C) 1; D) 8.
- 3. Су капилляр тұтікте 2,8 см-ге көтерілді. Тұтіктің диаметрін анықта (мм). Судың беттік керіліс коэффициенті $7 \cdot 10^{-2}$ Н/м-ге тең.**

A) 1; B) 2; C) 0,2; D) 0,7.
- 4. Диаметрі 2 және 1 мм болған екі капиллярдағы су деңгейінің айырмашылығын анықта (м). Судың беттік керіліс коэффициенті 73 мН/м.**

A) $14,6 \cdot 10^{-3}$; B) $28,8 \cdot 10^{-3}$; C) $43,2 \cdot 10^{-3}$; D) $57,6 \cdot 10^{-3}$.
- 5. 20 °C температурада диаметрі 1 мм болған вертикаль шыны тұтіктен су тамшысы үзіліп түсті. Тамшының салмағы неге тең (мН)? Судың беттік керіліс коэффициенті 73 мН/м-ге тең.**

A) 0,11; B) 0,32; C) 0,50; D) 0,23.
- 6. Жердің бетіндегі капилляр тұтіктегі су 12 мм-ге көтерілді. Егер Айда еркін тұсу үдеуі жердегіден 6 есе кіші екені белгілі болса, Айда осы тұтіктегі су қанша биіктікке көтеріледі (мм)?**

A) 134; B) 36; C) 72; D) 24.

7. Серпінділік (Юнг) модулі қандай бірлікпен өлшенеді?

- A) H/m ; B) $H \cdot m$; C) $\text{Pa} \cdot m$; D) Pa .

8. Жұк ілінгенде сым 1,5 мм-ге созылса, дәл осындай, бірақ 3 есе үзын сымға осы жұк ілінгенде ол қаншаға (мм) созылады?

- A) 4; B) 2,25; C) 3; D) 4,5.

9. Ұзындығы 1,2, ал көлденең қимасының ауданы $1,5 \text{ мм}^2$ болған сымға қандай күш қойылыш, ол ілінгенде сым 2 мм-ге ұзарды. Осы сым ушін Юнг модулі 180 ГПа.

- A) 260; B) 225; C) 130; D) 450.

10. Болат сым ұшына $8 \cdot 10^7$ Па механикалық кернеу қойылғанда қандай салыстырмалы үзару жүзеге асады? Болат үшін Юнг модулі 200 ГПа.

- A) $4 \cdot 10^{-4}$; B) $4 \cdot 10^{-2}$; C) $2 \cdot 10^{-3}$; D) $5 \cdot 10^{-3}$.

11. Кристалдық дене балқи бастағаннан толығымен балқығанға дейін температурасы қалай өзгереді?

- A) артады;
B) азаяды;
C) өзгермейді;
D) алдымен артады, соң азаяды.

12. Мұз 0 °С температурда еруде. Мұнда энергия алына ма немесе бөліне ме?

- A) алынады;
C) алынбайды да, бөлінбейді де;
B) бөлінеді;
D) мұз массасына байланысты.

13. Су тұрақты 0°C температурада мұзға айналады. Мұнда энергия алына ма немесе боліне ме?

- A) алынады;
B) бөлінеді;
C) алынбайды да, бөлінбейді де;
D) мұздың алғашқы кристалдары
пайда болғанда бөлінеді, соң алынады.

14. Кристалдық қатты дененің тұрақты температурада балқу үдерісінде ішкі энергиясы қалай өзгереді?

- A) өзгермейді;
B) артады;
C) азаяды;
D) кейде артады немесе азаяды.

15. Салыстырмалы қатаю жылу бірлігі қай жауапта дұрыс берілген?

- A) Дж/кг; B) Дж/кг·К; C) Дж/К; D) Дж.

16. Балқу температурасындағы 300 г шойынды толық балқыту үшін оған қанша жылу беру қажет (кДж)? Шойынның салыстырмалы балқу жылуды 130 кДж/кг.

- A) 39; B) 43; C) 10; D) 26.

IV ТАРАУ БОЙЫНША МАҢЫЗДЫ ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Сұйықтық қасиеттері	Сұйықтық өз көлемін сақтайды, бірақ өз пішініне ие емес. Ідисқа құйылған сұйықтық осы ыдыстың пішініне енеді. Сұйықтық аққыштық қасиетіне ие.
Беттік керіліс	Беттік керіліс сұйықтықтың беттік қабатындағы молекулалардың сұйықтық ішіне бағытталған күштердің бар екені себепті пайда болады.
Беттік керіліс күші	Беттік қабатты шекаралайтын сызыққа әсер ететін беттік керіліс күші осы сызықтың ұзындығына пропорционал және сұйықтық түріне байланысты болады, яғни: $F = \sigma l$. Мұнда σ – сұйықтықтың табигатына байланысты болған сұйықтық бетінің қасиеттерін көрсететін шама болып, беттік керіліс коэффициенті деп аталады.
Беттік энергия	Сұйықтық бетіндегі барлық молекуланың артық потенциалдық энергиясы беттік энергия деп аталады. Беттік энергия мына формуламен анықталады: $W = \sigma \cdot S$.
Қатты дене бетінің сулануы	Сұйықтық пен қатты дене молекулалары арасындағы тартылымыс күштері сұйықтық молекулаларының өзара тартылымыс күштерінен үлкен болса, сұйықтық қатты дененің бетін сулайды.
Қатты дене бетінің суланбауы	Сұйықтық пен қатты дене молекулалары арасындағы тартылымыс күштері сұйықтық молекулаларының өзара тартылымыс күштерінен кіші болса, сұйықтық қатты дененің бетін суламайды.
Капиллярынан құбылыс	Сұйықтықтың жінішке тұтіктерде – капиллярда кең ыдыстағы сұйықтық деңгейіне қарағанда көтерілуі немесе төмендеуі капиллярынан құбылыс деп аталады.
Капиллярда көтерілген (немесе төмендеген) сұйықтықтың биіктігі	Толық сулайтын сұйықтықтың капиллярда көтерілу биіктігі немесе толық суламайтын сұйықтықтың төмендеу тереңдігі мына формуламен анықталады: $h = \frac{2\sigma}{\rho_s r g}$
Кристалдық денелер	Атомдары немесе молекулалары кеңістікте белгілі бір тәртіпті периодтық құрылымға ие қатты денелер кристалдық денелер деп аталады.
Анизотропия	Денениң физикалық қасиеттері оның жақтары бойынша бағыттарына байланыстылығы анизотропия деп аталады. Кристалдық денелер анизотроп қасиетке ие.

Поликристалл	Бір-біріне қатысты тәртіпсіз орналасқан көп кристалдардан құралған дene поликристалл деп аталады.
Монокристалл	Егер дene тұтас кристалдан құралған болса, мұндай дene монокристалл деп аталады.
Изотропия	Аморфты денелердің физикалық қасиеттері барлық бағыттарда бірдей болады. Денениң физикалық қасиеттері оның ішкі бағыттарына байланысты болмауы изотропия деп аталады. Аморфты денелер изотропия қасиетіне ие.
Деформация	Қатты денениң сыртқы күш әсері себепті өзгеруі деформация деп аталады.
Серпінді деформация	Сыртқы күштердің әсері тоқтаған соң денениң пішіні бұрынғы қалпына қайтса, мұндай деформация серпінді деформация деп аталады.
Созылымды деформация	Денеге етілген сыртқы әсер тоқтаған соң деформация жойылмаса, мұндай деформация созылымды деформация деп аталады.
Механикалық кернеу	Деформацияланған денениң бірлік көлденең қимасының ауданына әсер ететін деформациялаушы күшке сандық тұрғыдан тең физикалық шама механикалық кернеу деп аталады.
Кристалдық денениң балқуы	Заттың қатты күйден сұйық қүйге өту үдерісі балқу деп аталады. Кристалдық денениң балқу үдерісіндегі температурасы осы кристалдың балқу температурасы деп аталады.
Булану	Заттың сұйық немесе қатты агрегаттық қүйінен газ қүйіне өту үдерісі булану деп аталады.
Конденсация	Будың сұйықтыққа немесе қатты қүйге айналу үдерісі конденсация деп аталады.
Қайнау	Сұйықтың бүкіл көлемінің бойымен будың пайда болу үдерісі қайнау деп аталады.
Қанықкан бу	Өзінің сұйықтығымен динамикалық тепе-тең қүйінде болған бу қанықкан бу деп аталады.
Ауаның абсолюттік ылғалдылығы	1 m ³ ауадағы су буларының массасы ауаның абсолюттік ылғалдылығы деп аталады. Берілген көлемдегі ауадағы су буының массасы арқылы абсолюттік ылғалдылық төмендегідей анықталады: $\rho = \frac{m}{V}$.

ОПТИКА

Физиканың «*Оптика*» бөлімінде жарықтың табиғаты, жарық құбылыстары заңдылықтары, жарық пен заттардың өзара әсерлесуі зерттеледі. Оптика (оптікоζ) грек тілінен алынған болып, *корілген* деген мағынаны білдіреді.

Жарықтың түзу сыйық бойымен таралуы туралы көзқарастар ежелгі Мысырда белгілі болған, сондай-ақ олар құрылыс жұмыстарында пайдаланылған. Айнадағы бейненің пайда болуын б.з.д. III ғасырда грек ғалымдары *Аристотель*, *Платон*, *Евклид* үйренген.

Орта ғасырларда еліміздің ғалымдары – *Беруни*, *Ибн Сина*, *Ұлықбек*, *Али Қуси*, тағы басқалар жарықтың түзу сыйық бойымен таралуы, Күн мен Айдың тұтылуы, кемпірқосақтың пайда болуының себебін үйренген.

1620 – 1630 жылдары голландиялық ғалым *Виллеброд Снеллиус* пен француз ғалымы *Рене Декарт* жарық сәулесінің сыну заңын тұжырымдап берді. Роберт Гук 1672 жылы Англия Корольдігі қоғамының жиналысында жасаған баяндамасында жарық горизонтал толқын сияқты таралады деген пікірді (гипотезаны) айтты. 1690 жылы голланд физигі Христиан Гюгенс жарықтың бойлама толқын теориясын жасады. Ол осы теорияға орай, акустикалық және оптикалық құбылыстардың біріне-бірі ұқсас екеніне түсініктеме беріп, жарықтың толқын теориясын орта шекарасынан шағылышуы және екі орта шекарасында сынуы мысалында түсіндіріп берді.

Бүкіл әлем ғалымдары оптиканың түрлі бағыттарында кең ауқымды ізденіс жұмыстарын жалғастырып, үлкен жеткістіктерге жетті. *Проекциялық аппарат*, *микроскоп*, *фотоаппарат*, *телескоп*, *бинокль* сияқты оптикалық аспаптардың жаратылуы, *фотография*, *телевидение*, *рентгенография*, *лазер физикасы*, *тәлшік оптикасы*, *гелиотехника* сынды тармақтардың пайда болуы мен дамуы оптика саласында жүргізілген ізденіс жұмыстарының нәтижесі болып табылады.

Өзбекстанда да оптиканың заманлық бағыттары бойынша практикалық маңызы бар ізденістер жүргізіліп, әлемдік ғылым мен техниканың дамуына салмақты үлес қосылуда. Мысалы, “Физика-Күн” ғылыми-өндірістік бірлестігінде Күн энергиясын пайдалану бойынша қомакты зерттеу жұмыстары жүргізілуде, сондай-ақ іс жүзінен енгізілуде.



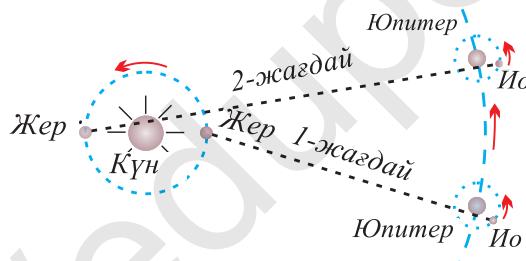
V ТАРАУ ЖАРЫҚТЫҢ ТАРАЛУ ЗАНДАРЫ. ОПТИКАЛЫҚ АСПАПТАР

44-§. ЖАРЫҚ ЖЫЛДАМДЫҒЫН АНЫҚТАУ

Егер түнде бөлменің электр шамын қосатын болсақ, сол сэтте бөлменің жарық болғанына күә боламыз. Қолымызда уақытты өлшейтін аспап (секундомер), өшшеу лентасы болса да, жарықтың таралу жылдамдығын өлшей алмаймыз.

Жарық жылдамдығын өлшеудің астрономиялық әдісі

Жарық жылдамдығын 1676 жылы даниялық ғалым *Олаф Ремер* ашты. Ол жарық жылдамдығын Юпитердің серігі «Ио» оның қолеңкесіне кіруі және одан шығуы, яғни тұтылуы негізінде анықтады. Астрономиялық бақылаулар Жер Юпитерге ең жақын болған кезінде (61-сурет, 1-жағдай) Ионың тұтылуы орташа қайталану кезеңінен шамамен 11 минут бұрын, ал Юпитерден Жер ең алыс болған кезінде (2-жағдай) шамамен 11 минут кейін басталатынын көрсеткен.



61-сурет.

Бұдан $t = (11 + 11)$ минут = 22 минут болады. Ремер бұл уақытты жарықтың Жер орбитасын киып өту үшін кеткен уақыт деп түсінді. Ол Жердің Күн айналасында айналу орбитасы диаметріn $D = 284\,000\,000$ км деп алып, $c = D/t$ -дан жарық жылдамдығын анықтады.

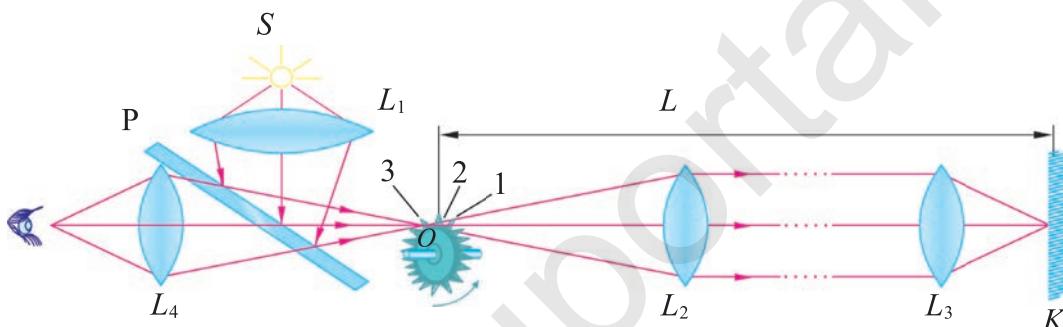


О. Ремер 1676 жылы бірінші болып жарық жылдамдығын анықтады. Оның мәні шамамен $215\,000\,000$ м/с-қа тең болып шықты.

Жарық жылдамдығының О. Ремер анықтаған мәні қазіргі замандағы анық мәнінен едәуір ерекшеленсе де, бұл нәтиже сол кезде өте үлкен жаңаңылдық болды. Ремер мұнымен, біріншіден, жарықтың шектелген жылдамдығы бар екенін тәжірибе жүзінде дәлелдеді. Екіншіден, ол жарық жылдамдығы тым үлкен шама екендігін анықтады.

Физо тәжірибесі

173 жылдан соң, 1849 жылы француз физигі **Арман Физо** тәжірибеге сүйене отырып, жарық жылдамдығының анығырақ мәнін өлшеуде үлкен табысқа жетті. Физо тәжірибесінің құрылымы 62-суретте кескінделген. Жарық көзінің C жолына қойылған L_1 линзаның тесіп өткен сәулелер жалпақ шыны пластинада P -дан шағылады да O нүктеге жиналады. Сәуле жиналған нүктеге тісті донғалақ орнатылады, ал сәуле оның тістерінің арасынан жүргізіледі. Донғалақтан өткен сәуле L_2 линзаның жәрдемімен параллель бағытталады. Параллель сәулелердің жолына өте алыс жерде қойылған L_3 линза оларды мөлдір K айнаға жинаиды. Айнадан шағылған сәулелер келген жолымен донғалақ тістерінің арасынан өтіп, шыны пластинада P мен L_4 линза арқылы бақылаушының көзіне түседі.



62-сурет.

Донғалақты ақырын айналдырылғанда, шағылған сәулені бақылаушы көреді. Донғалақтың айналу жылдамдығын асырып, белгілі бір жылдамдыққа жеткенде, шағылған сәуле бақылаушыға көрінбей қалады. Мұның себебі сол, донғалақ тістерінің арасынан өткен сәуле қайтып келгенше, тістер белгілі бұрышқа бұрылып, сәуленің жолын тосып қояды.

Донғалақтың айналуы белгілі бір ω бұрыштық жылдамдыққа жеткенде, сәуле бақылаушыға тағы көріне бастайды. Донғалақ осындай жылдамдықпен айналдырылғанда, шағылған сәуленің көрінуі жалғаса берді. Мұның себебі сол, донғалақтың 1- және 2-тісінің арасынан өткен сәулелер қайтып келгенше, донғалақтың 1-тісінің орнына 2-тісі, 2-тісінің орнына 3-тісі орналасуға үлгере алады. Нәтижеде шағылған сәуле 2- және 3-тістердің арасынан өтеді.

Физо донғалақтың айналу жиілігін v ($v = 12,67 \text{ m/s}$), донғалақтағы тістердің санын N ($N = 720$), донғалақтан айнаға дейінгі қашықтықты l ($l = 8,6 \text{ km}$) біле отырып жарықтың жылдамдығын $c = 4 N l v$ формулаға орай анықтады.



Физо тәжірибесінде жарықтың жылдамдығы 313 300 000 м/с-қа тең болып шықты.

Фалымдар Физо тәжірибесінен кейін де жарық жылдамдығын өте жоғары дәлдікпен өлшеу әдістерін үйрениді. Мысалы, француз физигі **Жан Фуко** (1819-1868) 1862 жылы Физо тәжірибесіндегі доңғалақтың орнына айналмалы айналар қойып, жарық жылдамдығын анықтап, оның 298 000 000 м/с-қа тең мәнін шығарып алды.

Американ физигі **Альберт Майкельсон** (1852-1931) 1927 жылы Фуко тәжірибесін жетілдіріп, жарық жылдамдығының 299 796 000 м/с-қа тең мәнін табуға қол жеткізді.



Қазіргі заманғы мәліметтерге сәйкес, жарықтың вакуумдағы жылдамдығы 299 792 458 м/с-қа тең.

1983 жылы Халықаралық өлшемдер мен бірліктер Бас ассамблеясында жарықтың вакуумдағы жылдамдығы $c = 299\ 792\ 458$ м/с екені ескеріліп, метрдің жаңа анықтамасы қабылданды: «**Метр** – жарықтың вакуумда 1/299792458 секунд уақыт аралығында басып өткен жолының ұзындығына тең».

Жарықтың жылдамдығын анықтау оның табиғатын білуге үлкен жәрдем берді. Әлемдегі ешбір дене жарықтың вакуумдағы жылдамдығынан үлкен жылдамдықпен қозғала алмайды.

Жарықтың вакуумдағы таралу жылдамдығын латын әрпі *c*-мен белгілеу қабылданған (латынша *celeritas* – жылдамдық). Жарық жылдамдығын бүтін санға келтіріп, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с деп аламыз.



1. Жарықтың жылдамдығы астрономиялық әдіспен қалай анықталғанын түсіндіріңдер.
2. Жарық жылдамдығын анықтау бойынша Ремер жүргізген жұмыстардың қандай маңызы бар?
3. Жарық жылдамдығын анықтау бойынша Физо тәжірибесінің мән-мағынасы неде?
4. Фуко мен Майкельсон тәжірибесінің Физо тәжірибесінен айырмашылығы неде?
5. Жарық жылдамдығының қазіргі заманда анықталған мәні қандай?



1. Жерден Күнге дейінгі орташа қашықтық 149,6 млн км, Юпитерден Күнге дейінгі орташа қашықтық 778,3 млн км-ге тең. Жер Күн мен Юпитердің аралығындағы жағдайда болса, Юпитерден шағылысып қайтқан сәулеле қанша уақытта Жерге жетіп келеді?
2. Күн сәулесі Жерге қанша уақытта жетеді. Жерден Айға дейінгі орташа қашықтық 384 мың км болса, Айдан жарық сәулесі қанша уақытта жетіп келеді? Жерден Айға дейінгі қашықтық 149,6 млн км.
3. Физо әдісімен жарық жылдамдығын анықтауда тісті доңғалақ айнадан 8633 м қашықтыққа орнатылған. Доңғалақтың 720 тісі бар. Тәжірибеде жарық жылдамдығы 313000 км/с болып шықты. Доңғалақтың айналу жиілігі қандай болған?

45-§. ЖАРЫҚТЫҢ ШАҒЫЛУ ЖӘНЕ СЫНУ ЗАҢДАРЫ

Жарық сәулесі

Жарық көзінен шығып жатқан сәуленің жолына шағын тесік қойылса жіңішке сәуле бағыты пайда болады. Жарық сәуле бағыты бақыланса түзу сызық бойымен таралатынын көреміз. Жарықтың таралу бағытында жарық энергиясы да көшеді.



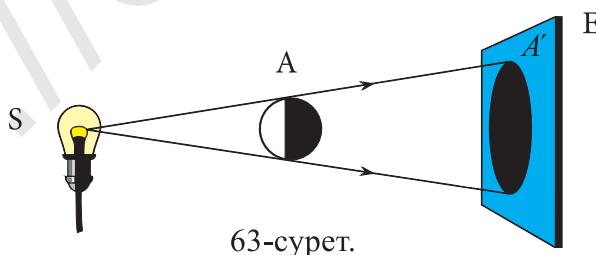
Бағыттары кеңістіктің кез келген нүктесінде жарық энергиясының қошу бағытымен дәлме-дәл түскен геометриялық сызық жарық сәулесі деп аталады.

Демек, жарық сәулесі геометриялық ұғым екен. Жарықтың таралу заңдарын зерттейтін бөлім геометриялық оптика деп аталады. Тәжірибе жолымен геометриялық оптиканың төмендегі төрт заңы негізделген:

- жарықтың түзу сызық бойымен таралу заңы;
- жарықтың тәуелсіздік заңы;
- жарықтың шағылу заңы;
- жарықтың сыну заңы.

Жарықтың түзу сызық бойымен таралуы

S нүктелік жарық көзі мен экранның арасына A денені қоялық (63-сурет). Жарық түзу сызық бойымен таралғаны үшін A деңе жарық сәулесіне кедергі жасап, нәтижеде осы деңенің артында қылған конус пішініндегі көлеңке пайда болады. Осы қылған конус ішіндегі қандайда бір нүктеге S көзден келе жатқан жарық түспейді. Сондықтан мұндай конус осіне перпендикуляр етіп қойылған Е экранда A деңенің A' көлеңкесі пайда болады. Мұндай жарықтың түзу сызық бойымен таралуы байқалады. Шуақты күні ағаштардың, ғимараттардың көлеңкесі жарықтың түзу сызық бойымен таралуы нәтижесінде пайда болады.



63-сурет.

Жарықтың тәуелсіздігі

Сынып бөлмесін немесе үлкен ғимаратты жақсылап жарықтандыру мақсатында бірнеше жарық шығаратын көз орнатылады. Олар істеп тұрғанда әрбірінен жарық сәулесі шығады және айналға таралады. Жарық сәулелері өзара қиылысқанда біріне-бірі ешқандай әсер етпейді. Ал бұл жарық сәулесінің тәуелсіздік қағидатына ие екенін білдіреді.

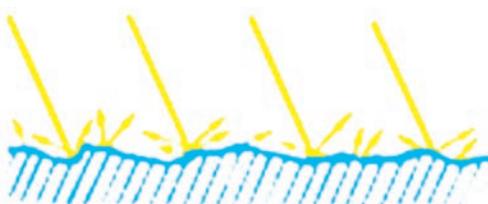
Жарықтың шағылуы

Күннен, шамнан, тағы басқа көздерден келе жатқан жарық қабырғаға, Жер мен бұйымдарға түскенде олардан шағылады. Шағылған сәуле көзімізге түскенде біз оның пішінін, реңін сеземіз.

Егер бет кедір-бұдыр болса, сәуле беттің шекарасында шашылады. Беттен қайтқан жарық сәулелері түрлі бағыттарға тарала бастайды. Жарықтың мұндай шағылуы **шашираңқы шағылу** немесе **диффузиялық шағылу** деп аталады (64-сурет).



Жарық тегіс болмаған, яғни кедір-бұдыр бетте шашираңқы (диффузиялық) шағылады.



64-сурет.

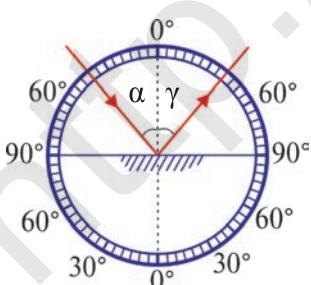


65-сурет.

Жарықты жақсы қайтаратын тегіс бет **айна** делінеді. Егер айнаның беті жалпақ болса, ол **жалпақ айна** деп аталады. Жалпақ айнаға түскен параллель сәулелер шағылған соң да параллель түрінде қалады (65-сурет). Жарықтың осылай шағылуы **тегіс шағылу** немесе айна сияқты шағылу деп аталады.



Егер бет тегіс (жатық) болса, ондай беттен жарық айна сияқты шағылады.



66-сурет.

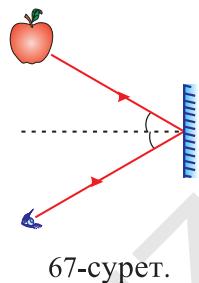
Бетке түскен сәуленің айна сияқты шағылуы мынадай шағылу заңына бағынады (66-сурет):

1. Түскен сәуле, шағылған сәуле және екі ортандың шекарасына сәуленің түсү нүктесінен жүргізілген перпендикуляр бір жазықтықта орналасады.

2. Шағылу бұрышы γ түсү бұрышы α -ға тең.
Яғни:

$$\alpha = \gamma. \quad (1)$$

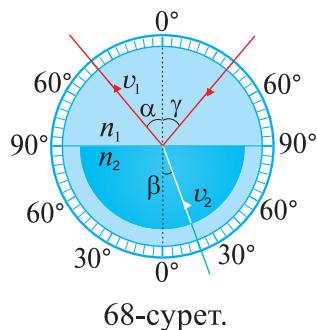
Жалпақ айна арқылы қандайда бір бұйымның айнадағы бейнесін көру жарықтың шағылу заңына негізделген (67-сурет).



67-сурет.

Жарықтың сыну заңы

Жарық сәулелерінің шоғыры шыны, су, тағы басқа да мөлдір заттардың бетінде әрі шағылып, әрі сынып, екінші ортаға өтеді. Екі органың шекарасында сәүленің сынуы төмендегі сыну заңына бағынады (67-сурет).



68-сурет.

1. Түскен сәуле, сынған сәуле және екі органың шекарасына сәүленің тұсу нұктесінен жүргізілген перпендикуляр бір жазықтықта орналасады.

2. Тұсу бұрышының синусының сыну бұрышының синусына қатынасы берілген екі орта үшін тұрақты шама болып табылады.

Осы тұрақты шама n_{21} екінші органың бірінші ортаға қатысты *салыстырмалы сәуле сындыру көрсеткіші* деп аталады және ол былай өрнектеледі:

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (2)$$

Мұндағы n_{21} – екінші органың бірінші ортаға қатысты салыстырмалы сәуле сындыру көрсеткіші, α – сәүленің тұсу бұрышы; β – сәүленің сыну бұрышы.

Көптеген жағдайда салыстырмалы сәуле сындыру көрсеткішінің орнына *абсолюттік сәуле сындыру көрсеткіші* қолданылады. Заттың абсолюттік сәуле сындыру көрсеткіші n төмендегідей өрнектеледі:

$$n = \frac{c}{v}. \quad (3)$$

Мұндағы $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – жарықтың вакуумдағы жылдамдығы, v – жарықтың берілген заттағы жылдамдығы. Жарықтың кей заттардағы жылдамдығы (v) мен осы заттардың абсолюттік сындыру көрсеткіші (n) кестеде көлтірілген.

№	Зат	$v, 10^8$ м/с	n	№	Зат	$v, 10^8$ м/с	n
1	Мұз	2,29	1,31	4	Кварц	1,95	1,54
2	Су (20° С)	2,25	1,33	5	Жақұт	1,70	1,76
3	Шыны	2,0	1,5	6	Алмас	1,24	2,42

Жарықтың аудағы жылдамдығын вакуумдағы жылдамдығына шамамен тең деп алуға болады. Сондықтан іс жүзінде заттарды сәуле сындыру көрсеткіші вакуумға емес, аудаға қатысты алынады.

Егер сәуле түсіп жатқан ортадағы жарықтың жылдамдығы v_1 , сындыру көрсеткіші n_1 , ал сәуле сынған ортадағы жарықтың жылдамдығы v_2 , сындыру көрсеткіші n_2 болса, төмендегі қатынасты өрнектеуге болады:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (4)$$

Сәуле түскен ортаның сәуле сындыру көрсеткіші n_1 , сәуле сынған ортаның n_2 екенін ескерсек $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ болса. Онда (2) формуланы төмендегідей өрнектеуге болады:

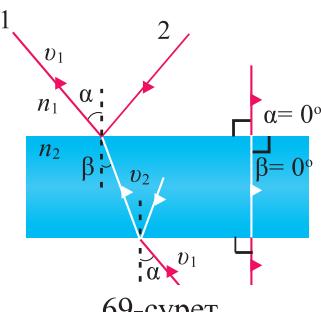
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (5)$$

Жарық сәулесі сындыру көрсеткіші кіші ортадан сындыру көрсеткіші үлкен ортаға көшкенде сыну бұрышы түсу бұрышынан кіші болады. Кері

жағдайда сыну бұрышы түсу бұрышынан үлкен болады. Бұл шартты төмендегідей өрнектеуге болады: $n_2 > n_1$ -де $\beta < \alpha$ және $n_2 < n_1$ -де $\beta > \alpha$.

Жарық сәулесі аудан ($n_1 = 1$) шыныға ($n_2 = 1,5$) α бұрышы астында түсіп, одан тағы ауаға өтті дейік (69-сурет, 1-сәуле). Бұл жағдайда сәүленің шыныдан ауаға өту кезіндегі сыну бұрышы да α -ға тең болады.

Екі ортаның шекарасына перпендикуляр түскенде сәуле сынбайды, өйткені оның түсу бұрышы $\alpha = 0^\circ$ және сыну бұрышы $\beta = 0^\circ$ болады (69-сурет, 2-сәуле).

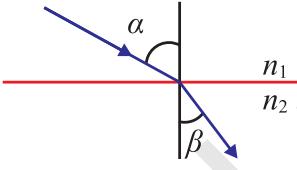


69-сурет.

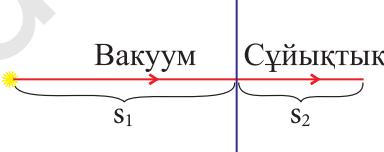
- 1. Жарық сәулесі деген не?
 - 2. Жарықтың шашыранқы шағылуына не себеп болады?
 - 3. Біртекті мөлдір ортада жарық таралуы қандай занға негізделеді?
 - 4. Жарықтың шағылу заңы неден құралған?
 - 5. Жарық сәулесінің орта шекарасында сынұына не себеп болады?
 - 6. Жарықтың сыну заңын айтыңдар.
 - 7. Абсолюттік сәуле сындыру көрсеткішінің физикалық мағынасын түсіндіріңдер.
 - 8. Неге күні бойы жұлдыздарды көрмейміз?
 - 9. Біз жарықты шыны арқылы бақыласақ сәуле біздің көзімізге келгенге дейін неше рет сынады?
 - 10. Сәуле сындыру көрсеткіші сәүленің ортаға таралу жылдамдығына байланыстылығы қалай өрнектеледі?
-
-  1. Стакан ішіне тиын салып, оның үстіне су құйындар. Стакандағы судың деңгейі артқан сайын тиын көтеріле бастағандай болып көрінеді. Мұның себебін түсіндіріңдер.

46-§ ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Жарық сәулесінің бірінші ортадан екінші ортаға өткенде тұсу бұрышы 60° , ал сыну бұрышы 30° -қа тең. Екінші ортаның бірінші ортаға қатысты сындыру көрсеткіші қаншаға тең?

Берілгені: $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 30^\circ$ Табу керек: $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = ?$	Сызбасы:  Формуласы: $n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ Шешуі: $n_{21} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$ Жауабы: $n_{21} = \sqrt{3}$.
--	---

2-есеп. Егер жарық толқыны қандайда бір уақыт барысында вакуумда 45 см арақашықтықтан өтсе, ал қандайда бір сұйықтықта осындай уақытта 30 см арақашықтықтан өтеді. Бұл сұйықтықтың сәуле сындыру көрсеткіші нешеге тең?

Берілгені: $n_1 = 1$ $s_1 = 45 \text{ см}$ $s_2 = 30 \text{ см}$ Табу керек: $n_2 = ?$	Сызбасы:  Формуласы: $v_1 = \frac{c}{n_1}$ және $v_2 = \frac{c}{n_2}$ $v_1 \cdot n_1 = v_2 \cdot n_2 \quad v_1 = \frac{s_1}{t} \quad v_2 = \frac{s_2}{t}$ $\frac{s_1}{t} \cdot n_1 = \frac{s_2}{t} \cdot n_2 \quad n_2 = \frac{s_1 \cdot n_1}{s_2}$	Шешуі: $n_2 = \frac{45 \text{ см} \cdot 1}{30 \text{ см}} = 1,5$ Жауабы: $n_2 = 1,5$.
---	--	--

3-есеп. Жарық сәулесі бірінші ортадан екінші ортаға 45° бұрышпен түсіп, екінші ортаға 30° бұрышпен сынып өтеді. Бірінші ортаның абсолюттік сәуле сындыру көрсеткіші $\sqrt{2}$ -ге тең болса, жарықтың екінші ортадағы жылдамдығы неге тең?

Берілгені:

$$\alpha = 45^\circ$$

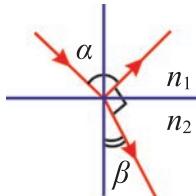
$$\beta = 30^\circ$$

$$n_1 = \sqrt{2}.$$

Табу керек:

$$v_2 = ?$$

Сызбасы:



Формуласы:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad n_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot n_1.$$

$$v_2 = \frac{c}{n_2}.$$

Шешуі:

$$n_2 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} \cdot \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}/2}{1/2} \cdot \sqrt{2} = 2.$$

$$v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

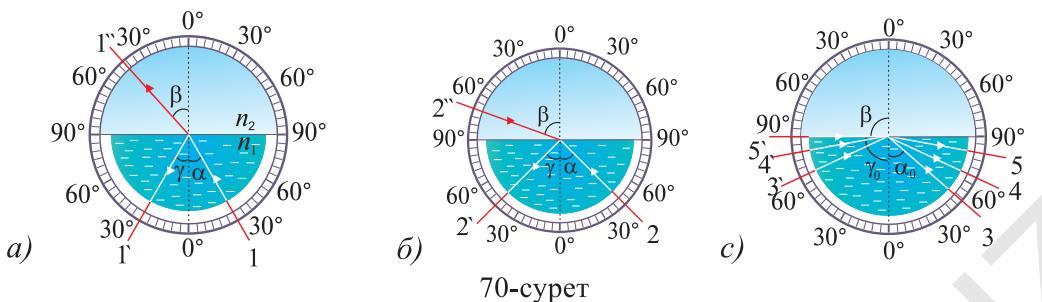
Жауабы: $v_2 = 1,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$

**Ж
25**

1. Түскен және қайтқан сәулелер арасындағы бұрыш 70° болуы үшін жалпақ айнаға сәуле қандай бұрыш астында түсуі мүмкін?
2. Жалпақ айнадағы бұйым кескіні айнадан 60 см қашықтықта пайда болса, бұйым мен оның кескіні арасындағы қашықтық қандай болады?
3. Абсолюттік сындыру көрсеткіші 2-ге тең болған ортада жарық қандай жылдамдықпен тарапады?
4. Ауадан шыныға түскен және шағылысқан сәулелер арасындағы бұрыш 60° -қа тең. Егер шынының сындыру көрсеткіші 1,5-ке тең болса, сынушы бұрышты қандай болады?
5. Сәуле суден шыныға өтуде. Судың сындыру көрсеткіші 1,3-ке, ал шынының 1,5-ке тең. Бірдей уақыт ішінде осы заттардан жарық сәулесі өткен қашықтықтардың қатынасы қандай болады?

47-§. ТОЛЫҚ ИШКІ ШАҒЫЛУ

Жарық сәулесі сындыру көрсеткіші үлкен ортадан сындыру көрсеткіші кіші ортаға түскенде қызық құбылысты бақылауға болады. Мысалы, жарық сәулелері шоғырын шыны арқылы аяға өтетіндей етіп α бұрыш астында жіберейік. Сәуленің бір бөлігі орталар шекарасында шағылады, ал қалған бөлігі β бұрыш астында екінші ортаға – аяға өтеді (70-а, сурет).



70-сурет

Шынының сәуле сындыру көрсеткіші ($n_1 = 1,5$) ауанікінен ($n_2 = 1$) үлкен болғандықтан, сәулениң сыну бұрышы β түсінүү бұрышы α -дан үлкен болады.

Сәулениң түсінүү бұрышын үлкейте берсе, сыну бұрышы 90° -қа жақындей түседі. Сыну бұрышын мынадай формула бойынша анықтау мүмкін:

$$\sin \beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

Мысалы, $\alpha = 30^\circ$ -та $\beta \approx 42^\circ$ (70-a сурет), ал $\alpha = 40^\circ$ -те $\beta = 75^\circ$ (70-б сурет) болады. Сәулениң түсінүү бұрышын асырып, оны белгілі $\alpha = \alpha_0$ шекті мәніне жеткізгенде сыну бұрышы $\beta = 90^\circ$ болып қалады (70-с сурет).

Түсінүү бұрышының α_0 шекті мәні былай өрнектеледі:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}. \quad (2)$$

Сәулениң шынындан аяға көшудегі α_0 шекті бұрышын анықтайды:

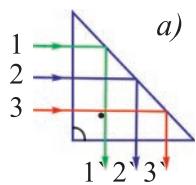
$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{1,5} \approx 0,667 \text{ будан } \alpha_0 \approx 42^\circ.$$

Түсінүү бұрышының мәні α_0 -ден бастап, кез келген үлкен шамаға тең болған жағдайларда сынған сәуле екі ортандың арасынан осы ортандың ішіне толығымен шағылады, яғни **толық ішкі шағылу** құбылысы пайдаланылады.

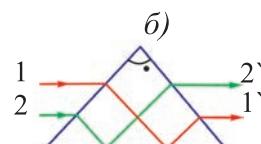


Сындыру көрсеткіші үлкен ортадан сындыру көрсеткіші кіші ортаға жіберілгенде, жарық сәулесінің түсінүү бұрышы белгілі бір мәнінен үлкен болған кезде сәуле екі ортандың арасындағы шекарадан толық шағылады.

Толық ішкі шағылу құбылысы жарық сәулесін қандайда бір бағытқа бұры (71-а сурет) немесе сәулелер шоғырының орнын алмастыру (71-б сурет) үшін пайдаланылады.



71-сурет.



Толық ішкі шағылу құбылысы ақпарат технологиясы саласында кеңінен қолданылады. Бұл құбылысты оптиканың «Сәуле талшық оптикасы» атты жеке тармағының мамандары көп зерттейді. Мұнда оптикалық бейне белгілі тәртіппен орналастырылған сәуле талшықтар кабельдері арқылы жіберіледі.

Сәуленің әрбір талшық ішімен өтуін 72-суретте көрсетілгендей елестетуге болады. Талшықтың құрамы сындыру көрсеткіштері бір-бірінен ерекшеленетін, шыныдан немесе пластмассадан жасалған цилиндрлік өзектен және оны орап тұрган қабықтан тұрады. Өзектің сындыру көрсеткіші қабықтықінен үлкен болады. Сол себепті өзек пен қабықтың шекарасында жарықтың толық ішкі шағылуы туады. Өзектің ішіне жіберілген сәуле сыртқа шығып кетпей, талшықтың екінші ұшынан шығады.

Талшық өзегінің диаметрі бірнеше микроннан жұздеген микронға дейін, ал қабықтың қалындығы ондаған микроннан жұздеген микронға дейін болады. Сондай кабельдің бір ұшынан бейне (сигнал) жіберілсе, оның екінші ұшынан осы бейненің өзін қабылдап алуға болады. Сәуле талшықты кабельдер арқылы жіберілген бейнені аз шығынмен және сапасын арттырып ұзаққа жіберуге болады.

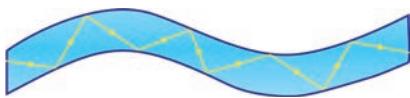
Сәуле талшықты байланыс кабельдері Тынық және Атлант мұхиттарының су астында салынған. Қазіргі таңда осындай кабельдер Азия мен Еуропаны Америка континентімен, Еуропаны Өзбекстан арқылы Қытаймен байланыстырып тұр.

Сәуле талшықтары оптикасы медицина саласында да кең қолданылады. Сәуле талшықты кабельдердің жәрдемімен адамның ішкі мүшелерін көруге болады.

Мұнда сәуле талшықты кабель қызылөңеш арқылы асқазанға түсіріледі. Кабельдегі бір талшықтан жарық беріледі, екіншісімен асқазан қабырғасынан қайтқан жарық қабылданады.



1. Толық ішкі шағылу құбылысы қалай жүзеге асады?
2. Сәуле талшықты кабельдерде бейнелер қалай жіберіледі?
3. Толық ішкі шағылудың қолданылуы жайлы нені білесіндер?
4. Температураның артуымен судың сындыру көрсеткіші біршама азаяды. Мұнда су үшін толық шағылудың шекті мәнді бұрышы қалай өзгереді?
5. Ауаға қарағанда таза судың, шыны мен алмастың сындыру көрсеткіштері 1,33-ке; 1,5 мен 2,42-ге тең. Осы заттардан қай бірінде толық ішкі шағылудың шекті мәнді бұрышы ең кіші болады?
6. Сәуле ауадан суға тұсуде. Мұнда толық ішкі шағылу құбылысын бақылауға бола ма?



72-сурет.

48-§. ЕСЕП ШЫҒАРУ

1-есеп. Жарық сәулесінің екі орта шекарасына тұсу бұрышы 30° болғанда, сыну бұрышы 45° екенін ескеріп, толық ішкі шағылудың шекті мәнді бұрышы нешеге тең екенін анықта.

Берілгені: $\alpha = 30^\circ$ $\beta = 45^\circ$ <hr/> Табу керек: $\alpha_0 = ?$	<p>Сызбасы:</p> <p>Формуласы:</p> $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}.$	<p>Шешуі:</p> $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{1/2}{\sqrt{2}/2} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$ $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$ <p>Жауабы: $\alpha_0 = 45^\circ$.</p>
--	--	---

2-есеп. Шыны – ауа шекарасындағы жарықтың толық ішкі шағылу шекті мәнді бұрышы 37° екенін ескеріп, жарықтың шыныдағы жылдамдығын анықта.

Берілгені: $\alpha = 37^\circ$ $n_2 = 1$ $\beta = 90^\circ$ <hr/> Табу керек: $v_1 = ?$	<p>Сызбасы:</p> <p>Формуласы:</p> $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}; \quad n_1 = \frac{n_2}{\sin \alpha_0};$ $v_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{c}{n_2} \cdot \sin \alpha_0.$	<p>Шешуі:</p> <p>синустың 37° бұрыштағы мәнін кестеден тауып аламыз, яғни $\sin 37^\circ = 0,6$</p> $v_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{1} \cdot \sin 37^\circ = 3 \cdot 10^8 \cdot 0,6 = 1,8 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ <p>Жауабы: $v_1 = 1,8 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.</p>
--	--	---



1. Сәуле шоғыры судан ($n = 1,33$) ауаны жарып өтуде. Толық ішкі шағылудың жүзеге асуы үшін су ішімен тұсіп жатқан сәуле қандай бұрыш астында тұсу керек?
2. Жақұт үшін толық шағылудың шекті мәнді бұрышы 34° -ка тең. Жақұттың сындыру көрсеткішін анықта.
3. Егер алмас үшін сындыру көрсеткіші 2 болса, жарық сәулесінің алмастағы толық ішкі шағылудың шекті мәнді бұрышы қандай болады?

4. Сәуле шоғыры сындыру көрсеткіші 1,5 болған бір ортадан екінші ортаға 53° бұрышта түскенде, толық ішкі шағылу құбылысы байқалады. Екінші ортаның сындыру көрсеткішін табыңдар?

5. Сәуле шоғыры бір ортадан сәуле сындыру көрсеткіші 1,2 болған екінші ортаға 47° бұрышта түскенде, толық ішкі шағылу байқалады. Бірінші ортаның сәуле сындыру көрсеткішін табыңдар?

49-§. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС. ШЫНЫНЫҢ СӘУЛЕ СЫНДЫРУ КӨРСЕТКІШІН АНЫҚТАУ

Мақсат: шынының сәуле сындыру көрсеткішін анықтауды үйрену.

Керекті жабдықтар: жарық көзі, тор тесікті тосқауыл, шыныдан жасалған үш бұрышты призма, ине, транспортирир.

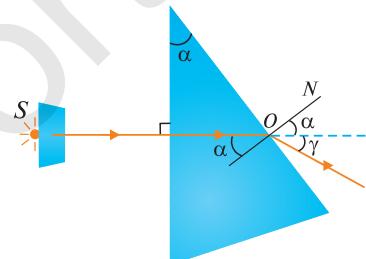
Жұмысты орындау тәртібі

1. Сәуле шоғырының жолына үш бұрышты шыны приzmanы 73-суреттегідей етіп қойындар. Приzmanың жоғарғы ұшындағы α бұрышты жазып алындар (бұл бұрыш призмаға жазылған болады).

2. Призма қойылған соң сәуле шоғыры O нүктеде сынып, өз жолын өзгертерді де γ бұрышқа бұрылады. Сәулениң сынғаннан кейінгі жолын инелермен белгілеп, γ бұрышын транспортиремен өлшендер.

3. Сәуле сындыру көрсеткіші n болған шыны призмадан ауаға өту жағдайы үшін жарықтың сыну заңын тәмендегідей өрнектеуге болады:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \gamma)} \quad (1) \quad \text{немесе} \quad n = \frac{\sin(\alpha + \gamma)}{\sin \alpha} \quad (2)$$



73-сурет.

мұнда α – шыны мен ауа шекарасындағы сәулениң тұсу бұрышы, оның мәні приzmanың жоғарғы бұрышына тең. α мен γ -ның мәндерін (2) формулаға қойып, берілген шынының сәуле сындыру көрсеткішін табыңдар.

4. Тәжірибедегі жарық сәулесінің басып өткен жолын түсіндіріп беріңдер, оның тұсу және сыну бұрыштарын көрсетіңдер.

1. Тәжірибедегі жарық сәулесінің басып өткен жолын түсіндіріп беріңдер, оның тұсу және сыну бұрыштарын көрсетіңдер.
2. Тәжірибе барысын және оның нәтижелерін талдаңдар.

№	α	$\sin \alpha$	γ	$\sin(\alpha + \gamma)$	n	$n_{\text{опт}}$
1						
2						

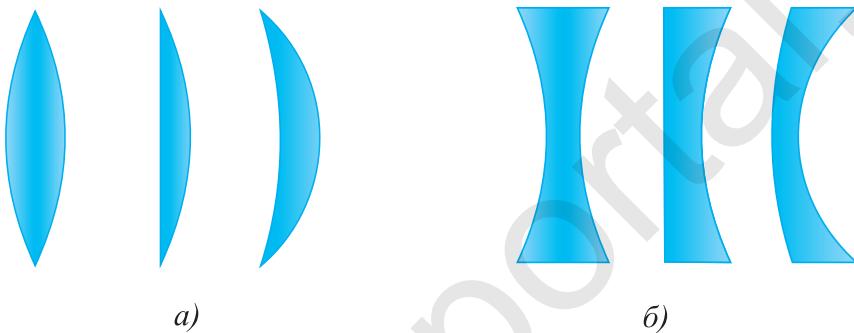
50-§. ЛИНЗАЛАР

Дөңес және ойыс линзалар



Бір яки екі жағынан сфералық бетпен шектелген мөлдір дене линза деп аталады.

Линзалар дөңес немесе ойыс болады. Шеткі бөлімдерімен салыстырғанда, орталық бөлімі қалың болса – **дөңес линза**, ал жұқа болса – **ойыс линза** деп аталады (74-сурет).

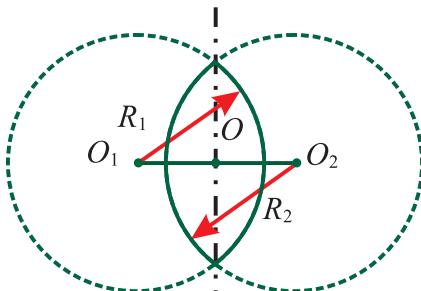


74-сурет.

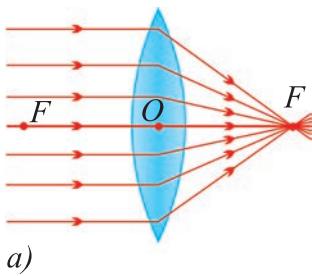
Дөңес линзаның бетін радиустары R_1 және R_2 сфералардың өзара қиылысқанынан пайда болған бет деп қарастыруға болады (75-сурет). Мұнда R_1 мен R_2 линзаның қисықтық радиустары деп аталады. Сфералардың O_1 және O_2 центрінен салынған O_1O_2 түзу сызық **линзаның басты оптикалық осі** деп аталады. Линзаның ортасындағы O нүктесі **линзаның центри** деп аталады.

Егер дөңес линзаға оның басты оптикалық осіне параллель бағытталған сәуле жіберсек, линзаны жарып өткен сәулелер басты оптикалық осінің үстіндегі бір нүктеде жиналады (76-а сурет). Осы F нүктесі линзаның **басты фокусы** деп аталады. Дөңес линзаның сәулелердің бір жерге жинайтын қасиеті болғандықтан, оны **жинақтаушы линза** деп те атайды.

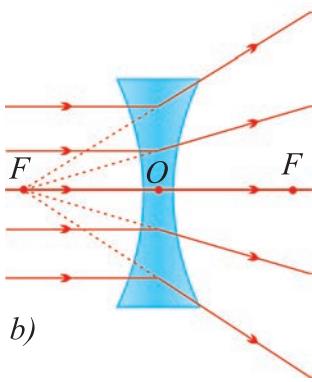
Егер сәулелерді дөңес линзаның орнына ойыс линзага дәл осылай жіберсек, онда линза арқылы өткен сәуле бір тегіс шашылады (76-б сурет). Сондықтан ойыс линзаны **шашыратқыш линза** деп те атайды. Шашыратқыш линзаны жарып өткен сәулелерді қарсы жағына жалғастырса, олар басты оптикалық осінің бір нүктесінде қиылысады. Бұл F нүктесі ойыс линзаның **жорамал фокусы** деп аталады.



75-сурет.



a)



b)

76-сурет.

Линзаның екі фокусы бар, олар линзаның екі жағында центрден бірдей қашықтықта жатады. Линза центрінен фокусына дейінгі арақашықтық линзаның **фокус арақашықтығы** деп аталып, F әрпімен белгіленеді.



Фокус арақашықтығына кері шаманы линзаның оптикалық күші деп атайды және D әрпімен белгілейді.

$$\text{Линзаның оптикалық күші: } D = \frac{1}{F}, \quad (1)$$

формулаға орай анықталады. Оптикалық күштің негізгі бірлігі ретінде диоптрий (1 дптр) қабылданған. Фокус арақашықтығы 1 м болған линзаның оптикалық күші 1 дптр-ге тең: $1 \text{ дптр} = 1/\text{м}$.

Жинақтаушы линзада оптикалық құш пен фокус арақашықтығы он, шашыратқыш линзада теріс болады.

Қисықтық радиустары R_1 және R_2 , ал сыну көрсеткіші n болған линзаның фокус арақашықтығының мына формула арқылы табуға болады:

$$F = \frac{1}{(n-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}. \quad (2)$$

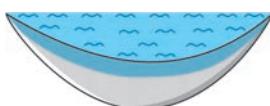
Мұнда сәуле ауаны тесіп өтіп, линзага түседі, ал ауаның сәулелені сындыру көрсеткіші 1-ге тең деп алынады.



1. Линза деп қандай деңені айтады?
2. Дөңес линзаның ойыс линзадан айырмашылығы неде?
3. Дөңес және ойыс линзалардың қандай негізгі түрі бар?
4. Линзаның басты оптикалық осі, басты фокусы, жорамал фокусы, фокус арақашықтығы деп нелерді айтады? Оларды 76-суреттеннен көрсөтіндер?
5. Линзаның оптикалық күші деп қандай шаманы айтады? Оны қандай өлшем бірлігімен өрнектейді?



1. Дөңес-ойыс линзаны суреттегідей тең горизонтал қойындар. Оған сұйықтық құйылса линзаның оптикалық күші қалай өзгереді? Тәжірибеде тексеріп көріндер. Қорытынды пікірінді жаз.

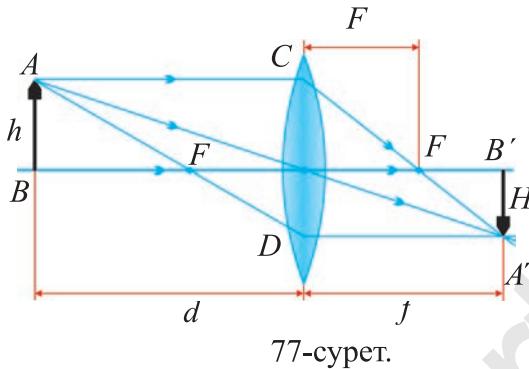


2. Түрлі оптикалық күшке ие шашыратқыш және жинақтаушы линзалар берілген. Қайбірінің оптикалық күші үлкендігін қалай анықтайсындар?

51-§. ЖҰҚА ЛИНЗАНЫҢ ЖӘРДЕМІМЕН БЕЙНЕ ЖАСАУ

Линзада бейне жасау

Егер AB бұйым линзадан d қашық алыс жерге қойылса (77-сурет), оның бейнесі қалай пайда болады? Дененің (немесе бұйымның) бейнесін линза жәрдемімен жасау үшін төмөндегі сәуле бағыттарын таңдау мақсатқа сай:



77-сурет.

1. Линзаның басты оптикалық осіне параллель (AC) сәулені аламыз. Бұл сәуле линзадан сынып өткен соң (CA' сәуле) оның фокусынан өтеді (77-сурет).

2. Линзага түскенге дейін оның фокусынан өткен (AD) сәуле алынады. Бұл сәуле линзадан өткен соң, басты оптикалық оське параллель (яғни DA' сәуле) бағытта кетеді.

3. Линзаның оптикалық центрінен өтетін (AO) сәуле алынады. Бұл сәуле линзадан өткен соң бастапқы бағытын өзгертпейді (яғни OA').

Линзадан өткен сәулелердің қызылсызынан пайда болған бейне шынайы бейне болып саналады. 77-суреттегі линза жәрдемімен алынған (A' B') бейне төңкерілген шынайы бейне болып табылады.

Линзаның формуласы

Линзаның формуласы бұйымнан линзага дейінгі d арақашықтық, линзадан бейнеге дейінгі f арақашықтық және линзаның F фокус арақашықтығы арасындағы байланысты өрнектейді, яғни:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \text{немесе} \quad D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (1)$$

Жинақтайтын линзалар үшін F , d , f шамалар оң. Бұйым линзадан $d < F$ арақашықтықта болғанда f теріс болып, бейне жорамал болады.

Линзаның сызықтық үлкейтуі

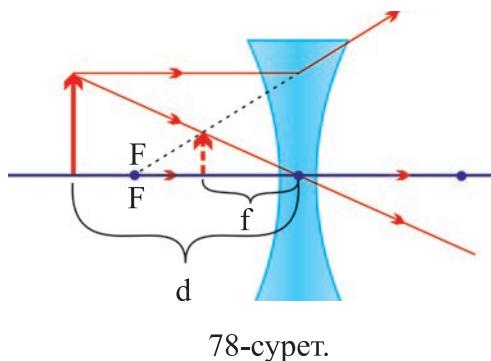


Бұйым бейнесі өлшемінің өз өлшеміне қатынасы линзаның сызықтық үлкейтуі деп аталады.

Анықтамаға орай: $K = \frac{H}{h} = \frac{A'B'}{AB}$. Сондай-ақ, линзаның сыйықтық үлкейтуі линзадан бейнеге дейінгі арақашықтық (f) пен бұйымнан линзаға дейінгі арақашықтық (d) арқылы да анықталады, яғни: $K = \frac{f}{d}$.

Егер $K > 1$ болса, бұйымның линзадағы бейнесі үлкейген болады. Ал $K < 1$ болғанда бейне кішірейген болады.

Шашыратқыш линзада бейне жасау



78-сурет.

Шашыратқыш линзада бұйым бейнесін жасау сыйбасы 78-суретте көрсетілген. Суретте көрсетілгеніндей, бейне шашыратқыш линзадан өткен сәулелердің жалғасының қызылсызынан пайда болады. Сондықтан бейне әрі жорамал, әрі дұрыс бейне болып табылады

Ал шашыратқыш линзаларда f пен F әрдайым теріс және бейне жорамал болады. Шашыратқыш линзаның формуласы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$. (2)

- 1. Линзада бейне жасау үшін қандай сәулелер таңдалады?
- 2. Линзаның формуласы қандай шамаларды өзара байланыстырады?
- 3. Линзаның сыйықтық үлкейтуі қандай формулалар арқылы табылады?
- 4. Жинақтайдын линзада қандай бейнелерді алуға болады?
- 5. Жинақтайдын линза қандай жағдайда жорамал бейнені пайда етеді?
- 6. Шашыратқыш линзада қандай бейнелерді алуға болады?



Кестені толтыр.

Жинақтайдын линза

d	f	K	Бейне пішіні
$d=\infty$	$f=F$	$K<1$ (кішірейген)	бейне шынайы, бірақ ол нүктеси және линза фокусында
$d>2F$	$F < f < 2F$	$K<1$ (кішірейген)	бейне шынайы, бірақ кері
$d = 2F$			
$F < d < 2F$			
$d < F$			

52-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Бұйым фокус арақашықтығы 7,5 см болған жинақтайдын линзадан 10 см арақашықтықта орналасқан. Оның бейнесі линзадан қандай арақашықтықта пайда болады? Линзаның үлкейтуі қандай?

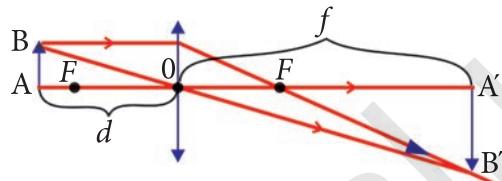
Берілгені:

$$F = 7,5 \text{ см}$$

$$d = 10 \text{ см.}$$

Табу керек:
 $f = ?$ $K = ?$

Сызбасы:



Формуласы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f};$$

$$f = \frac{d \cdot F}{d - F}.$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}.$$

Шешуі:

$$f = \frac{d \cdot F}{d - F} = \frac{10 \cdot 7,5}{10 - 7,5} = 30 \text{ см}$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{30 \text{ см}}{10 \text{ см}} = 3$$

Жауабы: $f = 30 \text{ см}$, $K = 3$.

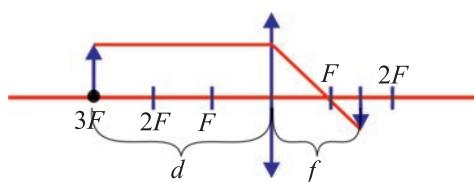
2-есеп. Бұйым жинақтайдын линзадан үш фокус арақашықтық алыста тұр. Оның сызықтық өлшемі өзінен неше ессе кіші болады?

Берілгені:

$$d = 3 \cdot F$$

Табу керек:
 $K = ?$

Сызбасы:



Формуласы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad f = \frac{d \cdot F}{d - F}$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}$$

Шешуі:

$$K = \frac{F}{d - F} = \frac{F}{3F - F} = \frac{1}{2}.$$

$$\text{Жауабы: } K = \frac{1}{2}.$$

3-есеп. Линзадан 50 см алыстағы дененің жорамал бейнесі 2 есе кішірейген күйде пайда болды. Линзаның оптикалық күшін анықтаңдар.

Берілгені:

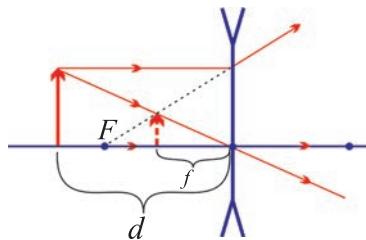
$$d = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$K = 1/2.$$

Табу керек:

$$D = ?$$

Сызбасы:



Формуласы:

$$K = \frac{f}{d} \quad f = d \cdot K$$

$$D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{d \cdot K} = \frac{K-1}{d \cdot K}.$$

Шешуі:

$$D = \frac{0,5-1}{0,5 \cdot 0,5} \text{ дптр} = -2 \text{ дптр}.$$

Жауабы: $D = -2$ дптр.

Ж
27

1. Фокус арақашықтығы 40 см, 25 см, 10 см, -10 см, -25 см, -40 см болған линзаның оптикалық күшін табыңдар.
2. Ауаға қатысты сәуле сындыру көрсеткіші 1,5 және қисықтық радиустары 20 см, 40 см болған, шыныдан жасалған екі жағы да дөңес линзаның оптикалық күшін табыңдар.
3. Фокус арақашықтығы 10 см линзадан 15 см алыс жерге қойылған бұйымның бейнесі линзадан қандай арақашықтықта пайда болады? Бұйымның үлкейтілгені нешеге тең.
4. Оқушы зертханалық жұмысты орындал, экранда жаңып тұрған шамның анық бейнесін пайда емеді. Егер бұйымнан линзаға дейінгі арақашықтық 15 см, ал линзадан экранға дейінгі арақашықтық 60 см болса, линзаның фокус арақашықтығы мен оптикалық күші қандай?
5. Фокус арақашықтығы 50 см болған жинақтайтын линзадан бұйымды қандай арақашықтықта орналастырылғанда, 4 есе үлкейген бейне пайда болады?
6. Бұйымның жорамал бейнесі линзадан 50 см арақашықтықта пайда болды. Егер бұйымнан линзаға дейінгі арақашықтық 20 см болса, линзаның оптикалық күші анықтаңдар.
7. Шашыратқыш линзадан 1 м ұзақтықта тұрған бұйымның жорамал бейнесі линзадан 25 см арақашықтықта пайда болды. Линзаның оптикалық күші қандай болған?
8. Экраннан 1 м алыста тұрған жинақтайтын линза, бұйымның экранда 2 есе үлкейген бейнесін пайда етті. Линзаның оптикалық күші қандай?

53-§. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ЛИНЗАНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ КУШІН АНЫҚТАУ

Мақсат: линза фокус арақашықтығы мен оптикалық күшін табуды үйрену.
Көректі жабдықтар: дөңес линза, электр шам, экран, масштабты сызыыш.

Жұмысты орындау тәртібі

1. Электр шамын, линза мен экранды үстелге 79-суреттегідей етіп орналастыр.

2. Электр шамын жақ. Экранды алға-артқа жылжытып, шамның шиыршық сымының ең анығырақ бейнесі пайда болатындай қашықтықты тап. Бұйымнан (шамнан) линзаға дейінгі d_1 арақашықтықты және линздан бейнеге (экранға) дейінгі f_1 арақашықтықты өлше.

3. Шам мен линза арасындағы арақашықтықты d_2 мен d_3 -ке өзгертіп, тәжірибелі қайта. Экрандағы шамның шиыршық сымының ең айқын бейнесі пайда болған арақашықтықтағы сәйкесінше f_2 мен f_3 -терді өлше.

4. Линзаның формуласын пайдаланып, әрбір тәжірибеден алынған d_1 мен f_1 , d_2 мен f_2 , d_3 пен f_3 үшін фокус арақашықтығы F_1 , F_2 , F_3 -терді анықта.

5. $F_{\text{опт}} = (F_1 + F_2 + F_3)/3$ формуласына қойып, фокус арақашықтығының орташа мәнін есепте.

6. $D = 1/F_{\text{опт}}$ формуламен линза оптикалық күшінің орташа мәнін есепте.

7. Өлшеу және есептеу нәтижелерін кестеге жаз.

№	d , м	f , м	F , м	$F_{\text{опт}}$, м	D , дптр
1					
2					
3					

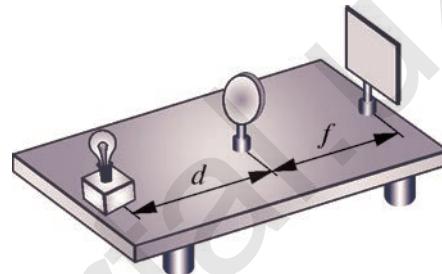
8. Линзаны шамнан $d = 2F$ қашықтыққа орнат. Экранды алға-артқа жылжытып, онда шамның шиыршық сымының бейнесін шыгар.

9. Линзаны шамнан $F < d < 2F$ шарты орындалатын қашықтыққа орнат. Экранды жылжытып, онда шамның шиыршық сымының бейнесін шыгар.

10. Линзаны шамнан $d < F$ арақашықтықта қойып, экранда шам сымының бейнесін ізде. Линза артында бейненің пайда болмағанына көз жеткіз.



- Жүргізілген тәжірибелің 8-9 бөлімдеріне сәйкес экранда пайда болған бейнелер бір-бірінен несімен ерекшеленеді?
- 10 бөлім бойынша жүргізілген тәжірибеде бейненің экранда неліктен пайда болмағанын түсіндіріңдер.
- Тәжірибе нәтижелерін талдаң, олар жөнінде ой жүгіртіңдер.



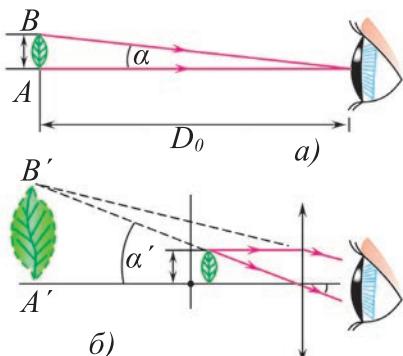
79-сурет.

54-§. ОПТИКАЛЫҚ АСПАПТАР

Лупа



Лупа – бұйымдарды көру бұрышын ұлкейтіп беретін кіші фокус арақашықтығы бар дөнес линза.



80-сурет.

Көзіміздің ен жақсы көру қашықтығы $D_0 = 25$ шамасында болады. Мысалы, біз кішкене AB бұйымның бетіндегі өте ұсақ нәрселерді айыра білмекпіз. Оларға дейінгі қашықтық D_0 -ден аз болғанда, біздің көзіміз бұйымдағы ұсақ нәрселерді көре алмайды.

D_0 арақашықтықта көздің AB бұйымды көру бұрышы α -ға тең болсын (80-а сурет). Егер бұйым мен көзіміз аралығына лупа қойсақ, D_0 арақашықтықта AB бұйымның ұлкейтілген $A'B'$ бейнесі көрінеді (80-б сурет). Бейнеде бұйым бетіндегі ұсақ нәрселер де ұлкейтілген болып көрінеді. Бұл

жағдай үшін лупаның ұлкейтуі $K = A'B'/AB = \alpha'/\alpha$ болады.

Лупаның ұлкейтуі $K = D_0/F$ формула бойынша анықталады. Лупаның фокус арақашықтығы әдетте 1-10 см болады. $D_0 = 25$ см шамасында екенин ескерсек, лупа бұйымдарды 2,5–25 есе ұлкейтіп көрсетеді.

Фотоаппарат

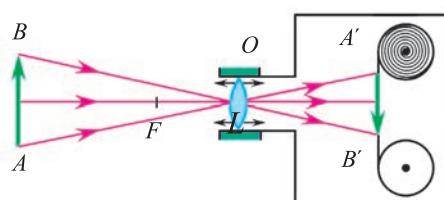


Фотоаппарат – нысанның бейнесін фотопленка, фото пластина яки фотоғағазға түсіріп, сақталағын етіп беретін аспап.

Фотоаппараттың негізгі құрамы K камера мен оның ішінде орналасқан O объективтен тұрады (81-сурет). Объективтегі L линза камераның экранында AB бұйымның теріс, шын және кішірейтілген $A'B'$ бейнесін шығарады. Бұйым бейнесін фотоаппарат ішінде сақтап қалу үшін камераның экранына жарық әсерімен бейнені өзінде пайда ететін және сақтап қалатын арнайы фотоэмulsionимен қапталған фотопластина яки фотопленка орналастырылады.

Ғылым мен техниканың дамуы нәтижесінде пленкалы фотоаппараттардың орнын заманалық электронды (цифрлы) фотокамералар иеледі (82-сурет). Электронды фотокамераларда фотопленка орнына арнайы сезімтал элемент орнатылды. Элементте алынған бейненің нүктелері қалыптасады. Бейненің осы нүктелері – пиксель деп аталады. *Pixel* – ағылшынша *picture element* сөздерінен алынған болып, бейне элементі деген мағынаны білдіреді.

Пиксел фотоаппарат үшін маңызды сапалық сипаттама сананалады. Егер фотоаппараттың пиксели қашшама үлкен болса, бұл фотоаппаратта алынған бейне сапалы болады. Ең жақсы фотоаппараттың бейнені түсіретін элементі бірнеше он мега пиксeldі құрайды.



81-сурет.



82-сурет.

Микроскоп

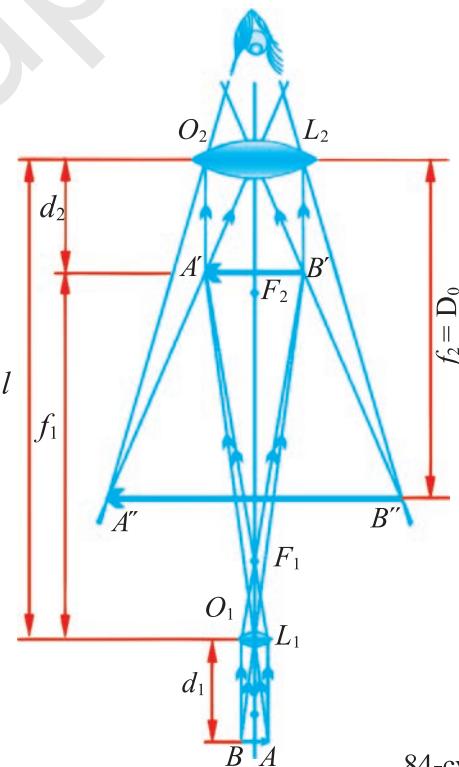


Микроскоп – жақын жердегі көзге тікелей көрінбейтін оте ұсақ нысандарды үлкейтіп көрсететін оптикалық аспап.

Микроскоп бактерия, жасуша сияқты ұсақ нысандарды бақылауда да пайдаланылады (83-сурет).



83-сурет.



84-сурет.

O_1 окулярдағы L_1 линзаның жәрдемімен AB бұйымның төңкерілген, шынайы және үлкейтілген бейнесі $A'B'$ шығарылады (84-сурет). Микроскоптың O_2 объективіндегі L_2 линзасы лупа сияқты көру бұрышын асырады. Микроскоптың объективімен қаралғанда L_1 линза шығарған $A'B'$ бейне көздің ең жақсы көру арақашықтығы D_0 арақашықтықта одан әрі үлкейтілген $A''B''$ түрінде көрінеді.

Микроскоптың үлкейтуі

$$K = \frac{l \cdot D_0}{F_1 \cdot F_2}$$

формула бойынша анықталады. Мұндағы l – линзалар арасындағы қашықтық, F_1 мен F_2 – линзалардың фокус арақашықтықтары.

Жетілдірілген осындай микроскоптардың жәрдемімен көз көре алмайтын ұсақ нысандарды шамамен 3 мың есе үлкейтіп көруге болады. Соңғы жылдарда жаратылған арнаулы микроскоптардың үлкейту коэффициенті 100 мыңға дейін болады.

 1. Лупадағы бейне қалай пайда болады? Оның үлкейтуі қалай анықталады?

2. Фотоаппараттың құрылышы мен жұмысын түсіндіріндер.

3. Микроскоптағы бейне қалай пайда болады? Оның үлкейтуі қалай анықталады?

4. Оптикалық телескоптар жөнінде не білесіндер?

 **Ж 28**

1. Фокус аралығы 2,5 см лупа бұйымды неше есе үлкейтіп көрсете алады? Осы және кейінгі есептерде $D_0 = 25$ см деп алындар.

2. Бұйымды 20 есе үлкейтіп көрсете алатын лупаның фокус арақашықтығын табындар.

3. Микроскоптағы линзалардың фокус арақашықтығы сәйкесінше 1,5 см және 2,5 см, ал олардың арақашықтығы 30 см. Осындай микроскоп нысанды неше есе үлкейтіп көрсетеді?

4. Фокус арақашықтығы 30 см болған линза, бұйымның 3 есе кішірейген шынайы бейнесін пайда етті. Бұйым линзадан қандай арақашықтықта?

5. Бірінші фотоаппарат объективінің фокус арақашықтығы 5 см, ал екіншісінікі 4 см. Бірдей аралықта тұрып бір нысанды фотосуретке түсіргендегі, нысанның қайсы фотоаппаратпен алынған суреті үлкенірек болып шығады?

6. Фокус арақашықтығы 40 см болған дөңес линзадан 50 см қашықтықта бұйым тұр. Линзаның сызықтық үлкейтуі қаншаға тең?

7. Фокус арақашықтығы 20 см болған дөңес линза экраннан 60 см қашықтықта тұрғанда, экранда бұйымның үлкейген шынайы бейнесі пайда болады. Бұйым мен экран арасындағы қашықтық қандай болған?

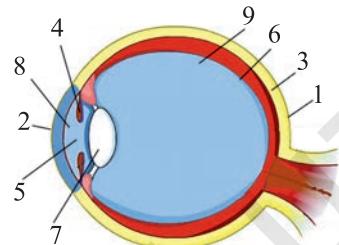
55-§. КӨЗ ЖӘНЕ КӨРУ

Көздің құрылымы

85-суретте адам көзінің құрылымы көрсетілген. Көз шарасының сыртқы қабығы скlera (1), оның алдыңғы мөлдір бөлігі көз шынайнасы (2) деп аталады. Склера ішкі жағынан (3) тамырлы қабықпен қапталған. Тамырлы қабық қан тамырларынан құралған.

Тамырлы қабықтың алдыңғы бөлігі көздің сыртқы мөлдір қабығына (4) тұтасқан. Оның ортасында шенбер тәрізді тесік – қараашық (5)

бар. Тамырлы қабықтың астында (6) тор қабығы болып, ол тығыз орналасқан жүйке талшықтарының ұштарынан тұрады. Көздің сыртқы мөлдір қабығының артында мөлдір дene – қарақ (немесе көзбүршақ) (7) орналасқан, оған қосылған ерекше бұлшық еттер қарақтың қисықтық радиусын өзгертип отырады. Қарақтың қарама-қарсы жағындағы тор қабығының беті жарыққа сезгіш сары затпен қапталған. Көздің шынайнасы мен қарақ аралығы түссіз су тәрізді сұйықтықпен (8) толған. Қарақ пен тор қабығы арасында жұмсақ шыны тәрізді дene (9) бар. Су тәрізді сұйықтық пен шыны тәрізді дененің арасында орналасқан қарақтың сәуле сындыру көрсеткіші 1,5-ке тең. Қарақ бұл жерде екі жағы да дөңес линзандың міндетін атқарады.

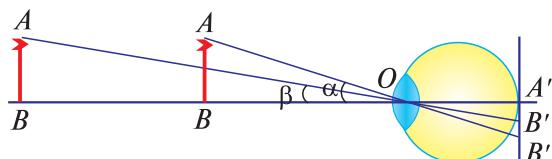


85-сурет.

Көру

Бұйымға қараған кезде одан келе жатқан сәуле көзге түсіп, тор қабығында бұйымның шынайы, кішірейген және төңкерілген бейнесі пайда болады. Тор қабығындағы жүйке талшықтары бұйымның пішіні мен реңі жөніндегі акпаратты миға жібереді. Сөйтіп адам осы бұйымның пішіні мен реңін сезеді.

Айналады бұйымдар адамның көзінен түрлі қашықтықта тұрса да, тор қабығындағы анық бейне пайда бола береді. Себебі көз қарағының қисықтық радиусы, сондай-ақ фокус арақашықтығы да өзгергіш болады.



86-сурет.

Біз өте алыста тұрған бұйымдарды сезе алмаймыз. Айталық, көз қарағының оптикалық центрі O нүктеде болсын. Жақын жерде тұрған өлшемі AB бұйымға α бұрышы астында қарағанда, оның бейнесі тор қабығында $A'B'$ өлшемімен пайда болады (86-сурет). Егер осы AB бұйымды алыстау қойып, оған қарасақ, $A'B'$ бейнесі мен β көріну бұрышы кішірек болады. Бұл

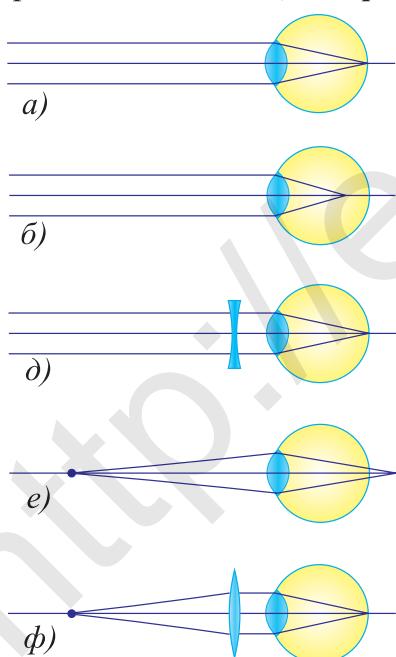
жағдайда бейненің астына біршама аз санды жүйке талшығының ұштары тұра келеді. Сондықтан бұйымның сыртқы көрінісі жайлы аздау хабар аламыз.

AB бұйым неғұрлым алыста болса, оның бейнесі және көру бұрышы соғұрлым кіші болады, сыртқы көрінісі туралы да соғұрлым аз хабар аламыз. Егер *AB* бұйым өте алыста болса, қабық талшығындағы бейненің кішірейгені соншалық, бейне тек бір жүйке талшығының ұшына ғана түседі. Бір жүйке талшығы бір нүктеге жөнінде ғана хабар береді алады.

Екі көзбен қарағанда бұйымның бейнесі екі көзде де бірдей пайда болады. Егер саусағымызды мұрнымыздың қасында тік ұстап тұрсақ, ол қосарланып көрінеді. Бірақ саусағымызды 15-20 см-ге алысқа жылжытсақ, бұл қосарлану жоғалады. Осы қашықтықтан бастап, көздеріміз көру кезінде бір-біріне жәрдемдеседі. Жалғыз көздің көмегімен кеңістіктің үш өлшемділігін, бұйымдардың алыс-жақындығын, жолдың кедір-бұдырылығын сезу қынға соғады. Бұл жерде екі көзбен қараудың аса зор маңызы бар.

Көздең кемістіктер. Көзілдірік

Көзі жақсы көретін адамның көзінде бұйымның бейнесі тор қабығында пайда болады (87-а сурет). Кейбір адамдар алысты жақсы көре алмайды. Мұндай адамдардың көзінде алыстағы бұйымның бейнесі тор қабығынан беріректе пайда болып, бұйымдар бұлдырап көрінеді (87-б сурет). Көздің мұндай кемістігі **жақын көргіштік** деп аталады.



87-сурет.

Жақыннан көргіш көздерде қаралыптың фокус арақашықтығы қалыпты мәнінен аз, яғни оптикалық күші үлкенірек болады. Көруді жақсарту үшін ойыс линзалы көзілдірік пайдаланылады. Көзілдіріктегі оптикалық күші теріс линза бейнені тор қабығына қарай жылжытып береді (87-д сурет). Мұндай көзілдіріктің жәрдемімен бұйымды жақсы көруге болады.

Кейбір адамдар, өсірепе карт адамдар оқыған және жазған кезде көп қиналады. Мұндай адамдардың көзінде бұйымның бейнесі тор қабығынан алысырақта пайда болады және бұлдырап көрінеді (87-е сурет). Көздің мұндай кемістігі **алыс көргіштік** деп аталады.

Алыстан көргіш көздің фокус арақашықтығы қалыпты мәнінен үлкен, яғни оптикалық күші төменірек болады. Көруді жақсарту үшін дөңес линзалы көзілдірік пайдаланылады. Көзілдіріктегі оптикалық күш оң линза бейнені тор қабығына қарай жылжытады (87-ф сурет). Нәтижеде мұндай көзілдіріктің жәрдемімен адам бұйымды дұрыс көзбен көргендей жақсы көретін болады.



1. Көздің ішіндегі бейне қалай пайда болады?
2. Екі көзбен караудың бір көзбен қараудан қандай айырмашылығы бар?
3. Жақыннан көргіш және алыстан көргіш көздердің кемістігі неде? Осындағы көздердің көру қабілетін жақсарту үшін қандай көзілдіріктерді пайдалануға болады?

56-§. ЕСЕП ШЫГАРУ

1-есеп. Адам 4,5 м қашықтықтан суретке алынғанда, оның бейнесінің биіктігі 40 мм-ге тең болады. Фотоаппарат объективінің фокус арақашықтығы 10 см-ге тең болса, адамның бойы қандай болған?

Берілгені:

$$d = 4,5 \text{ м}$$

$$h = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$$

$$F = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м.}$$

Табу керек:

$$H = ?$$

Формуласы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad \frac{h}{H} = \frac{f}{d};$$

$$H = \frac{d}{f} \cdot h = \frac{d}{\frac{F \cdot d}{d - F}} \cdot h = \frac{d - F}{F} \cdot h.$$

Шешуі:

$$H = \frac{4,5 \text{ м} - 0,1 \text{ м}}{0,1 \text{ м}}.$$

$$\cdot 0,04 \text{ м} = 1,76 \text{ м}$$

Жауабы: $H = 176 \text{ см.}$

2-есеп. Микроскоп линзаларының фокус арақашықтығы сәйкесінше 0,5 см және 2,5 см, линзалар арасындағы қашықтық 40 см. Мұндай микроскоп нысанды неше есе үлкейтіп көрсетеді?

Берілгені:

$$F_1 = 0,5 \text{ см} = 0,005 \text{ м}$$

$$F_2 = 2,5 \text{ см} = 0,025 \text{ м}$$

$$D_0 = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$l = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$$

Табу керек:

$$K = ?$$

Формуласы:

$$K = \frac{l \cdot d_0}{F_1 \cdot F_2}.$$

Шешуі:

$$K = \frac{0,4 \text{ м} \cdot 0,25 \text{ м}}{0,005 \text{ м} \cdot 0,025 \text{ м}} = 800$$

Жауабы: $K = 800.$

3-есеп. Жақыннан көргіш адам 12,5 см қашықтықтан кітап оқи алатын болса, ол қалыпты оқуы үшін оптикалық күші қандай болған көзілдірік тағуы қажет?

Берілгені:

$$a = 0,125 \text{ м}$$

$$d_0 = 0,25 \text{ м}$$

Табу керек

$$D_{\text{көзілдірік}} = ?$$

Шешуі:

$$D_n = \frac{1}{d_0} = \frac{1}{0,25 \text{ м}} = 4 \text{ дптр}$$

$$D_n = \frac{1}{a} + D_{\text{көзілдірік}}$$

$$D_{\text{көзілдірік}} = D_n - \frac{1}{a} = 4 \text{ дптр} - \frac{1}{0,125 \text{ м}} = 4 \text{ дптр} - 8 \text{ дптр} = -4 \text{ дптр.}$$

Жауабы: бұл адам линзасының оптикалық күші – 4 дптр болған көзілдірік киоі қажет.

Ж
29

1. Биіктігі 3 м болған ағаш суретке түсірілгенде оның бейнесінің биіктігі 12 мм болды. Егер фотоаппарат объективінің фокус арақашықтығы 20 см болса, сурет қандай қашықтықтан алынған?
2. Микроскоп объективінің фокус арақашықтығы 2 мм, окулярдың фокус арақашықтығы 30 мм. Объектив пен окуляр арасындағы қашықтық 20 см болса, микроскоптың үлкейтуін табындар.
3. Фокус арақашықтығы 50 см-ге тең ойыс линзасы бар көзілдіріктің оптикалық күші қандай болады? Осындай көзілдірікті қай мақсатпен киеді?
4. Оқушы бала оптикалық күші – 4 диоптрия болған көзілдірікпен оқып жатыр. Оның көзілдіріксіз ең жақсы көру қашықтығы қандай?
5. Оқушы бала көзілдірігін шешіп, кітапты көзінен 16 см қашықтыққа қойды. Оның киетін көзілдірігінің оптикалық күші қандай болған?
6. Оқушы оптикалық күші –2 дптр болған көзілдірікпен оқып жатыр. Оның көзілдіріксіз ең жақсы көру қашықтығы қандай?
7. Ауамен салыстырығанда сәүле сындыру көрсеткіші 1,5-ке тең шыныдан жасалған беттің кисықтық радиустары 25 см және 40 см болған екіжақты дөңес линзаның оптикалық күшін табындар.

57-§. ГЕЛИОТЕХНИКА. ӨЗБЕКСТАНДАҒЫ КҮН ЭНЕРГИЯСЫН ПАЙДАЛАНУ

Күннен келетін жарықтың энергиясын жылу немесе электр энергиясына айналдырып, түрлі мақсаттар үшін пайдалануға болады.



Күн энергиясын басқа түрдегі энергияларға айналдыратын қондырғылар гелиотехникалық қондырғылар деп, ал Күн энергиясының болашақтағы пайдаланылуымен шұғылданатын сала гелиотехника деп аталады.

«*Gelios*» сөзі грек тілінде «*Kүн*» деген мағынаны білдіреді.

Жердің бетіне жетіп келген Күн сөулелері жылудың өте үлкен энергия көзі болып табылады. Дәл осы көзді тиімді пайдалану әдістерін табу, түрлі қондырғылар, энергия көздерін жарату – гелиотехниканың басты міндеттері болып саналады.

Күн Жердің бетіне географиялық ендіктер бойынша түрліше жарық түсіретіні белгілі. Жердің 1 m^2 ауданына бір жыл ішінде тұра келетін Күннің энергиясы $300 \text{ Вт}/\text{m}^2$ -ден $1340 \text{ Вт}/\text{m}^2$ -ге дейін өзгеріп тұрады. Орталық Азия елдерінде Күн энергиясын пайдалану үшін географиялық, оптикалық және энергетикалық түрфыдан қолайлы табиғи жағдайлар бар. Өйткені, маусым айында жарық күннің ұзындығы 16 сағат, ал желтоқсанда 8-10 сағат болады. Мұнда жаздығын айна 320-400 сағат Күннің тіке түсетін сәулесі тұра келеді. Бұл жерлерде гелиотехникалық қондырғыларды пайдалана отырып, отынды және басқа да көздерден алынып жатқан энергияны көп мөлшерде үнемдеуге болады. Шуақты Өзбекстанда гелиотехниканы пайдалану мүмкіндігі жоғары.

Өзбекстанда Күн энергиясы ежелден пайдаланылған. Адамдар ежелден жеміс-көкөністерді Күн сәулесімен кептіретін болған. Мысалы, жүзімді құнге кептіріп, өте сапалы мейіз даярлаған. Өрік, қауын, алма, сабдалы, тағы басқаларды кептіріп, олардың ұзақ сақталу жолдарын тапкан.

Ұлы ғұламаларымыз Күннің жылудының Жердің бетінде болып жатқан құбылыстарға қатысты екенін айтқан. Мысалы, *Әбу Эли ибн Сина* өзінің «Данышнама» кітабында: «Линзаның от жандыруының себебі – ол бір жақтан келе жатқан сәулелерді бір нүктеге жинаиды. Бұл нүктеге күшті жарық түседі және ол күшті қызады», – деп жазған.

Күн энергиясымен істейтін гелиотехникалық қондырғылар XX ғасырдың басында құрыла бастады. Бұл кезеңде Өзбекстанда Күн энергиясымен істейтін гелиотехникалық қондырғылар (темекі экстрактын күннің сәулесімен буландырып тазарту саласы, сынақ жылышайлар) құрылды.

Гелиотехника саласында зерттеу жұмыстарын жүргізуге де баса назар аударыла бастады. 1934 жылы Ташкентте *Гелиотехника зертханасы* жұмыс істей бастады.

1943 жылы Өзбекстан Фылым академиясының Физика-техника институтында *Гелиотехника зертханасы* құрылды. Бұл зертханада

жүргізілген зерттеулер негізінде Күннің энергиясын пайдаланып, суды жылытатын қондырығылар, жеміс кептіргіштер, жібек талшығын жібіткіштер мен құрғатқыштар, күкіртті сұйылту бойынша қондырығылар жасалды.

1946 жылы Физика-техника институтында диаметрі 10 м айна тәрізді *параболоид құрылғы* құрылды. Күн энергиясын жинап беретін бұл құрылғы бу және мұз алу істерінде пайдаланылады.

1963 жылы Өзбекстан FA-ның *Геофизика болімі* ашылды. Жүргізілген ғылыми зерттеулерге орай, Күн сәулесін жинауға және пайдалануға арналған түрлі қондырығылар жасалды. Мысалы, жиналған Күн сәулесінің әсерімен науқастарды емдейтін медициналық қондырығылар, ауыл шаруашылығы егіндерінің тұқымдарын Күн сәулесімен өндейтін қондырығылар жасалды.

Күн энергиясын пайдалану барысында елімізде үлкен жетістіктерге қол жеткізілді. 1960-1970 жылдарда бұл салада ғалымдар **У.О.Орипов, С.А.Азимов**, тағы басқалар негізін қалаған гелиотехника мектебі қалыптасты.

1976 жылы **С.А.Азимовтың** бастамасымен үкіметіміздің қаулысына сәйкес Өзбекстан Ғылым академиясының *«Физика-Күн» ғылыми-өндірістік бірлестігі* құрылды. Бұл бірлестік практикалық маңызы бар зерттеулер жүргізіп, олардың нәтижелері іс жүзіне енгізілді. Жоғары пайдалы жұмыс коэффициентіне ие Күн қондырығыларының күшімен істейтін су насостары, медицинада қолданылатын жабдықтар, суды тұщыландыратын қондырығылар, жылыжайлар, құрғатқыштар мен тоңазытқыштар жасалып, халық шаруашылығының түрлі салаларында, әсіресе ғимараттарды жылы сүмен қамтамасыз етуде қолданысқа енгізілді.

Күн энергиясын одан ары тиімді пайдалану мақсатында 1987 жылы Ташкент облысының Паркент ауданында «Физика-Күн» FӘБ-не қарасты жылу қуаты 1 МВт-қа тең *Күн батареясы* құрылды. Мұндай қондырығы бұған дейін Одео (Франция) қаласындаған бар еді. Қондырығының құрамы концентраторының фокус арақашықтығы 18 м параболоид айналар жүйесінен тұрады, оның өлшемі 54×42 м. Күн батареясында жиналған энергия жылуға төзімді материалдар алу үшін, жылуға және үйкеліске төзімді электр оқшаулағыш қасиеттері бар материалдар жасау үшін пайдаланылуда. Сондай-ақ, жергілікті шикізат пен өнеркәсіп қалдықтары негізінде, медицина, энергетика, мұнай мен газ өнеркәсібі, женіл өнеркәсіп үшін қажетті бұйымдар өндіру технологиясын жарату бойынша ғылыми-техникалық әдістемелер жасалып жатыр. Күн батареясының көмегімен аралас қоспасы жоқ таза металдар ерітуге қол жеткізілуде.

Күн энергиясы ғарыштық станциялардағы қуаты үлкен қондырығыларда пайдаланылуды. Қуаты аз электронды құрылғыларда (микрокалькуляторларда, сағаттарда, үтқыр телефон аппараттарында) да фотоэлементтер пайдаланылады.

Күннің энергиясын пайдаланудың болашағы зор. Күн энергиясы экология тұрғысынан таза болып, мүмкіншіліктері мол.



1. Қандай қондырғылар гелиотехникалық қондырғылар деп аталады?
Гелиотехника саласы нені үйренеді?
2. Неліктен Өзбекстанның аумағы Күн энергиясын пайдалану үшін қолайлы аймақ болып саналады?
3. Елімізде ежелден Күн энергиясын қалай пайдаланып келген?
4. Өзбекстанда гелиотехника саласын дамыту және оны іс жүзінде пайдалану үшін қандай істер жүзеге асырылған?

V ТАРАУДЫ ҚАЙТАЛАУҒА АРНАЛҒАН ТЕСТ ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Жарық сәулесі аудан суға тұсуде. Тұсу бұрышы α болса, сыну бұрышы β -ны төмендегі шарттардың қай бірі дұрыс қанағаттандырады?
A) $\beta > \alpha$; B) $\beta > \alpha$; C) $\beta = \alpha$; D) $\beta < \alpha$.
2. Жарық сәулесі шыныдан ауаға өтіп жатыр. Тұсу бұрышы 30° . Сәуле өткенде өз бағытын 30° -қа өзгерте, шынының сындыру көрсеткіші нешеге тең?
A) 1,5; B) 2; C) $\sqrt{2}$; D) $\sqrt{3}$.
3. Жарық сәулесінің 1-ортадан 2-ортага өтудегі тұсу бұрышы 60° -қа, ал сыну бұрышы 30° -қа тең. 2-ортаның 1-ортамен салыстырғандағы сындыру көрсеткіші нешеге тең?
A) 0,5; B) 2; C) $\sqrt{3}/3$; D) $\sqrt{3}$.
4. Линзадан 50 см қашықтықта бұйымның 5,5 есе кішірейген жорамал бейнесі пайда болды. Линзаның оптикалық күшін тап (дптр).
A) -9; B) -5; C) -8; D) -2.
5. Фокус арақашықтығы 12 см болған линзадан 16 см қашықтыққа қандайда бір деңе қойылған. Линзаның үлкейтуі нешеге тең болады?
A) 2; B) 3; C) 4; D) 5.
6. Дене оптикалық күші 10 диоптрия болған дөңес линзадан 20 см қашықтықта тұр. Линзаның үлкейтуі нешеге тең болады.
A) 0,5; B) 1; C) 0,8; D) 1,5.
7. Фокус арақашықтығы 36 см болған линзадан 18 см алыста орналасқан бұйымның үлкейген жорамал бейнесі линзадан қандай қашықтықта пайда болады (см)?
A) 9; B) 18; C) 36; D) 12.
8. Линзадан 10 см қашықтықта орналасқан бұйымның 2 есе кішірейген жорамал бейнесі пайда болды. Линзаның оптикалық күшін анықта (дптр).
A) 5; B) 10; C) -10; D) -5.

9. Егер фокус арақашықтығы 5 см болған фотоаппараттың жәрдемімен биіктігі 8 м ғимарттың түсірілген суреті 4 см болса, ғимарат қандай қашықтықтан (м) суретке түсірілген?

- A) 4; B) 10; C) 41; D) 13;

10. Фокус арақашықтығы 2 см болған лупаның үлкейтуін анықта.

- A) 9; B) 9,5; C) 10; D) 12,5.

11. Бес есе үлкейтетін лупаның оптикалық күшін (дптр) тап.

- A) 150; B) 15; C) 25; D) 20.

12. Лупада қандай бейне пайда болады?

- A) шынайы, кері, үлкейген; B) жорамал, кері, үлкейген;
C) шынайы, тура, үлкейген; D) жорамал, тура, үлкейген.

13. Адамның ең жақсы көру қашықтығы 60 см болса, өзінің айнадағы бейнесін жақсырақ көру үшін ол айнадан қандай қашықтықта тұры керек (см)?

- A) 25; B) 15; C) 30; D) 60.

14. Оқушы бала оптикалық күші $-2,25$ диоптрия болған көзілдірікпен оқиды. Оның көзілдіріксіз ең жақсы көру қашықтығын тап (см).

- A) 10; B) 16; C) 15; D) 12,5.

15. Көзілдірікті бала көзілдірігін алыш, кітапты 20 см қашықтықтан оқыды. Баланың көзілдірігінің оптикалық күшін анықта (дптр).

- A) $-1,5$; B) -1 ; C) -2 ; D) $+2$.

16. Бұйым фокус арақашықтығы 12 см болған линзадан қандай қашықтыққа қойылғанда, оның бейнесі өз өлшемінен үш есе үлкен болады (см)?

- A) 16; B) 18; C) 20; D) 15.

V ТАРАУ БОЙЫНША МАҢЫЗДЫ ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Олаф Ремер тәжірибесі	O.Ремер жарықтың жылдамдығын алғаш рет астрономиялық әдіспен өлшеген.
Арман Физо тәжірибесі	A.Физо зертханалық жағдайда жарық жылдамдығын өлшеуге қол жеткізген.
Жарық жылдамдығы және «метр» ұзындық өлшеміне жаңа анықтама	1983 жылы Халықаралық өлшемдер мен бірліктер Бас ассамблеясында жарықтың вакуумдағы жылдамдығы $c = 299\ 792\ 458$ м/с екені ескеріліп, метрдің жана анықтамасы қабылданды: « <i>Metr</i> – жарықтың вакуумда 1/299792458 секунд уақыт аралығында басып өткен жолының ұзындығына тең».
Жарықтың шашыранқы шағылуы	Жарық сәулесі кедір-бұдыр беттен шашыранқы (диффузиялық) шағылады.
Жарықтың тегіс шағылуы	Егер бет жеткілікті дәрежеде тегіс (жатық) болса, ондай беттен жарық тегіс (айна сияқты) шағылады.
Жарықтың шағылу заны	1. Түсken сәуле, шағылған сәуле және екі органдың шекарасына сәуленің түсу нүктесінен жүргізілген перпендикуляр бір жазықтықта орналасады. 2. Шағылу бұрышы α -ға, түсу бұрышы β -ға тең.
Жарықтың сыну заны	1. Түсken сәуле, сынған сәуле және екі органдың шекарасына сәуленің түсу нүктесінен жүргізілген перпендикуляр бір жазықтықта орналасады. 2. Түсу бұрышының синусының сыну бұрышының синусына қатынасы берілген екі орта үшін тұрақты шама болып табылады, яғни: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$
Жарықтың толық ішкі шағылуы	Сындыру көрсеткіші үлкен органдан сәуле сындыру көрсеткіші кіші оргаға жарық бағытталғанда ($n_1 > n_2$) және сәуленің түсу бұрышы шекті бұрыштан үлкен болған кезде сәуле екі органдың шекарасынан толық шағылады. Толық ішкі шағылуда түсу бұрышының шекті мәні α_0 төмендегідей өрнектеледі: $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$ мұндағы n_1 мен n_2 бірінші және екінші орталардың сәуле сындыру көрсеткіштері болып табылады.

Линза	Бір яки екі жағынан сфералық бетпен шектелген мөлдір дene линза деп аталады. Ол табиғатына қарай екі түрге бөлінеді: жинақтағыш және шашыратқыш линзалар.
Линзаның оптикалық күші	Фокус арақашықтығына кері шама линзаның оптикалық күші деп аталады. $D = \frac{1}{F}$.
Линзаның формуласы	$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ деген f тиісінше бұйымнан линзага дейінгі және линзадан бейнеге дейінгі арақашықтықтар.
Линзаның сызықтық үлкейтуі	Бұйым бейнесі өлшемінің өз өлшеміне қатынасы линзаның сызықтық үлкейтуі деп аталады. Анықтамаға орай: $K = \frac{f}{d} = \frac{A'B'}{AB}$ Сондай-ақ, линзаның сызықтық үлкейтуі линзадан бейнеге дейінгі арақашықтық (f) пен бұйымнан линзага дейінгі арақашықтық (d) арқылы да анықталады, яғни: $K = \frac{f}{d}.$
Лупа	Лупа – бұйымдарды көру бұрышын үлкейтіп беретін дөнес линза. Лупаның үлкейтуі $K = \frac{D_0}{F}$ формула бойынша анықталады. Мұндағы D_0 – ең жақсы көру қашықтығы. $D_0 = 25$ см.
Фотоаппарат	Фотоаппарат – нысанның бейнесін фотопленка, фото пластина яки фотоқағазға түсіріп, сакталатын етіп беретін аспап.
Микроскоп	Микроскоп – жақын жердегі көзге тікелей көрінбейтін өте ұсақ нысандарды үлкейтіп көрсететін оптикалық аспап. Микроскоптың үлкейтуі $K = l D_0 / F_1 F_2$ формула бойынша анықталады. Мұндағы l – линзалар арасындағы қашықтық, F_1 мен F_2 – объектив пен окулярдың фокус арақашықтықтары.
Жақын көргіштік	Жақыннан көргіш көздерде көруді жақсарту үшін оптикалық күші теріс линзалы көзілдірік пайдаланылады.
Алыс көргіштік	Алыстан көргіш көздерде көруді жақсарту үшін оптикалық күші оң линзалы көзілдірік пайдаланылады.

ӘЛЕМНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ КӨРІНІСІ. ФИЗИКА МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ

58-§. ӘЛЕМНІҢ БІРТҰТАС ФИЗИКАЛЫҚ КӨРІНІСІ

Әлемнің механикалық көрінісі

Әлемнің көрінісі жөнінде ежелден-ақ ғалымдар пікірталас жүргізген. Бірақ олар тек сана-сезімге ғана сүйеніп, тәжірибе мен бақылаудан шығатын нәтижелерді талдап қорытуға көніл аудармаған.

Табиғат құбылыстарын үйренуде тәжірибе нәтижелеріне сүйенуді бірінші рет Г.Галилей бастады. Сондықтан физиканың пән ретінде қалыптасуы Галилейден басталған дейді. Мұнда ол инерция, салыстырмалық қағидаты туралы идеяларды айтып, олардың растығын тәжірибеде бақылады. Оның осы жұмыстарын И.Ньютон жалғастырды. Сөйтіп XVII ғасырда табиғаттанудан механика бөлініп шығып, әлемнің механикалық көрінісі жаратылды.



Әлемнің механикалық көрінісі материя, қозғалыс, кеңістік, үақыт, өзара әсерлесу, себеп пен салдарлық заңдылығы сияқты элементтерден құралып, онда табиғаттағы түрлі үдерістерді механика заңдарына орай түсіндіруге болады деп қарастырылады.

Әлемнің механикалық көрінісіне орай, **материя** бөлшектерден тұратын зат деп түсінілген; әлем – қозғалатын материядан түзілген және барлық көріністегі қозғалыстар механикалық **қозғалысқа** саяды; **кеңістік** пен **үақыт** абсолюттік болмыс болып, материя мен қозғалысқа тәуелді емес деп табылды (Ньютон), XX ғасырда мұндай көзқарас теріске шығарылды (Эйнштейн); **өзара әсерлесу** универсал тартылыс заңының негізінде болып, ол бір сәтте болады; **салдар** әрине **себеппен** байланысты (оқиғалар себепті байланысқа ие, егер бір жағдай белгілі болса, кейінгі жағдайды себеп-салдарлық қағидатына сүйеніп анықтауға болады); Ньютон жаратқан классикалық механика көзқарасына сәйкес, әуелі жеке-жеке болған оқиғалар, үдерістер, дәлелдер бір жүйеге келтіріледі де, олар бір-бірімен **механикалық заңдылықтар** негізінде байланысып, жалпы, біртұтас көріністі құрайды.

Әлемнің электромагниттік көрінісі

XIX ғасырда электромагниттік құбылыстар зерттеліп, олардың заңдылықтары ашыла бастады. Алайда оларды механика тұрғысынан әлдеқандай бір флюидке (ойдан шығарылған арнайы сұйықтыққа, ортага) сүйеніп түсіндіру әрекеттері болды. Мұндай түсініктер сыналып, теріске шығарыла бастады. Сонда М.Фарадей электромагниттік өріс ұғымын енгізді. Бұл

ғылымда маңызды адым болды. Соң Дж. Максвелл бұл идеяны жетілдіріп, *электромагниттік өріс теориясын* ашты. Жеке-жеке деп қарастырылып жатқан электр және магниттік құбылыстар белгілі тәртіпке келтірілді. Онда электромагниттік өріс кеңістікте үздіксіз өзгереді деп қарастырылды.

Әлемнің механикалық көрінісіне сәйкес, материя *заттан* түзілген деп табылса, әлемнің электромагниттік көрінісінде материя *өріс* түрінде де болуы мүмкін деп көрсетілді. *Қозғалыс* тек заттың және оның бөлшектерінің қозғалысынан ғана тұрмай, сонымен бірге өрістің және оның электромагниттік толқындарының қозғалысы ретінде де қарастырылуын талап етті. Өзара әсерлесудің тек гравитациялық өріс арқылы және *bir cәтте* ғана емес, *шектелген* жылдамдықпен таралатын электромагниттік өріс арқылы да болатыны мойындалды. Сөйтіп Әлемнің электромагниттік көрінісі қалыптасты.



Сонымен бірге табиғатта екі іргелі (фундаменталды) өзара әсерлесу – гравитациялық және электромагниттік өзара әсерлесу бар екені көрсетілді.

Әлемнің қазіргі заманғы физикалық көрінісі

XIX ғасырдың соны мен XX ғасырдың басына қарай атом физикасы саласындағы зерттеулер, электромагниттік өріс порциялар — кванттардан тұрады деген теория, бөлшектердің толқынды табиғаты жөніндегі ілімдер классикалық физика заңдары барлық физикалық құбылыстар үшін дұрыс келе бермейтінін көрсетті. Материяның үздікті құрылымы бар затқа және үздіксіз *өріске* бөлінуі өзінің абсолюттік (басым) мәнін жоғалтты.

Корпукулалық-толқынды дуализм («дуализм» – «екі жақтылық» дегені) материяның барша формаларына – затқа да, өріске де тән екендігі анықталды. Бұлардың нәтижесінде материяның *кванттық* қасиеттері ашылды.

Микробөлшектердің қозғалысын сипаттайтын *квант физикасы* пайда болған соң дүниенің біртұтас физикалық көрінісінде жаңа элементтер көзге түссе бастады. Квант теориясының қағидаттары мүлде жалпы болып, барлық бөлшектерді, олардың арасында болып жатқан өзара айналуларын сипаттау үшін қолданылады.



1. Әлемнің механикалық көрінісі қандай элементтерден құралған?
2. Әлемнің механикалық және электромагниттік көрінісі арасында қандай айырмашылық бар?
3. Әлемнің біртұтас физикалық көрінісі жөнінде не білесіндер?

59-§. ФИЗИКА МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ. ӨЗБЕКСТАННЫҢ ФИЗИКА САЛАСЫНДАҒЫ ЗЕРТТЕУЛЕРИ

Физика мен техниканың дамуы

Алғашқы қауымдық құрылышта әуелі тас құралдар, кейінрек садақ пен жебе, лайдан жасалған ыдыстар, тасбалта мен мыс құралдар пайда болды. Б.з.б. 4-3 мың жылдықта жезден жасалған еңбек құралдары пайда болды. Кейінрек темір пайдаланыла бастады. Егіншілік дами бастаған соң су шығаратын қондырығылар, жер жырттатын аспап-құралдар пайда болды. Құрылышта түрлі жүк көтергіш рыхчагтар жасалды. Адамдар ағаштан қайық жасап, суда жүзе бастады. Кейінрек желкенді кемелер құрылды. Тоқымашылық қондырығылары жасалды. Қолөнершілік дами бастады.

XV—XVI ғасырға келіп домна пештері құрылды. Әскери техника саласында оқ-дәрімен атылатын құралдар, машиналар мен механизмдер пайда болды. XVIII ғасырда бу машинасы мен тоқымашылық қондырығылары жаратылды. XIX ғасырда баспа станогы, телеграф аппараты, фотография, іштен жанатын қозғалтқыш, радио, телефон, кинематография, автомобиль жаратылып, әскери техника мен теміржол көлігі өркендейді.

XX ғасыр барысында физика және техника жоғары деңгейде дамыды. Электр энергиясын өндіру және оны пайдалану кең көлемде жузеге асырылды, электр энергиясы барлық салада қолданысқа енді. Машинажасау, авиация, атомдық техника, кибернетика мен есептеу техникасы, электроника, телевидение, ракетажасау, автоматика, гарышкерлік, ақпарат технологиясы, тағы басқа салалар жедел қарқынмен дамыды. Өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы, қызмет көрсету саласы, ғылым, ағарту, мәдениет, спорт, құрылыш, көлік, байланыс, энергетика, тағы басқа салалар техниканың жетістіктерімен қамтамасыз етілді.

XXI ғасырда ақпарат технологиясы, биофизика мен нанотехнология салаларында маңызды жаңалықтар ашылады деп болжам жасалуда.

Өзбекстанның физика саласындағы ізденістері

Фараби, Беруни, Ибн Сина, Ұлықбек сынды ұлы ғұламалар шыққан еліміздегі университеттер мен институттарда, сондай-ақ Ғылым академиясының ғылыми мекемелерінде физика пәнінің дерлік барлық бағыттарында кең көлемді зерттеу жұмыстары жүргізілуде.

Өзбекстанда 1920-1930 жылдары физика саласындағы ғылыми-зерттеу жұмыстары жоғары оқу орындарындағы зертханаларда жүргізілді. 1932 жылы Өзбекстан Ғылым Комитеті құрылды. 1943 жылы Өзбекстан Ғылым академиясы ашылды. Сол жылы ӨзГА-ның Физика-техника институты, 1956 жылы Ядро физикасы институты, 1966 жылы Астрономия институты, 1967 жылы Электроника институты, 1976 жылы «Физика-Күн» ғылыми-өндірістік бірлестігі құрылды. Физикаға қатысы бар ғылыми-зерттеу мекемелерінің қатарына 1977 жылы ӨзГА-ның Жылу физикасы бөлімі, 1992

жылы «Фарыш» ғылыми-өндірістік бірлестігі, 1993 жылы Материалтану институты қосылды. Осы ғылыми-зерттеу мекемелері, сондай-ақ, Ташкент Мемлекеттік университеті (қазіргі Өзбекстан Ұлттық университеті), Самарқанд Мемлекеттік университеті, Нөкіс Мемлекеттік университеті, Ташкент Мемлекеттік техникалық университеті, тағы басқа да жоғары оқу орындары физика пәнінің түрлі проблемалары бойынша тиісті зерттеу жұмыстарын жүргізіп, әлем деңгейінде физиканы дамытуға лайықты үлес қосуда.

Сендер Өзбекстандағы Күн энергиясын пайдалану және ядро физикасы саласында жүргізілген зерттеу істерімен таныссындар (32-§ пен 37-§-ке қараңдар). Еліміздің ғалымдары физиканың басқа да бағыттарында мол табыстарға қол жеткізді. Жартылай өткізгіштік қасиеті бар қатты ерітінділердің бірнеше түрі алынды және олардың физикалық қасиеттері зерттелді. Зерттеулердің нәтижелеріне сүйене отырып, өте жоғары жиілікті диодтар, жартылай өткізгіштерде тез жүретін электронды үдерістерді үйренуге арналған аспаптар, бейнені тарататын фотодиодты матрицалар, кремний-литийлі детекторлар, тағы басқа да аспаптар жаратылды.

Еліміздің ғылыми-зерттеу мекемелері мен жоғары оқу орындарының зертханаларында қатты денелер физикасы, жылу және молекулалық физика, оптика мен акустиканың заманалық іргелі бағыттары бойынша практикалық маңызы бар ғылыми зерттеулер жүргізілді. Мысалы, заттардың жоғары температурадағы синтезін, структурасын және қасиеттерін лазер нұрымен басқарудың жаңа әдістері жасалды. $5-1000^{\circ}\text{C}$ және $80-2000^{\circ}\text{C}$ температура аралығында істейтін пиromетр, инфрақызыл сәуле шығаратын дененің сәулеленуін тіркей алатын қабылдағыштың жаңа түрі жаратылды.

Қоюландырылған орталар оптикасы саласындағы лазер сәулесінің өте таза мөлдір ортада таралуымен байланысты оптикалық құбылыстар зерттеліп, онда жаңа құбылыс – аса жылдам кең жолақты люминисценция табылды. Лазер спектроскопиясы саласында лазер сәулесінің бейсызықтық орталардағы лазер нұрының кемісті (аномаль) ауытқуы және өзінен-өзі фокустану құбылыстары ашылды. Бейсызықтық модуляциялық сәуле талышқтар оптикасы жаратылды.

Сондай-ақ аса тиімді сәулелі диодтар (академик М.С.Сайдов), Ресеймен ынтымақтастықта ғарыштық зерттеулерге қажетті бірнеше материалдар жаратылды.

Еліміздегі физика саласында жүргізіліп жатқан зерттеулер қазіргі заман физикасын әлемдік деңгейде одан әрі дамытуға, халықтың тұрмыс салтын өркендетуге қызмет етеді.

1. Физика пәнінің техниканы дамытудағы маңызы үлкен екенін не-гіздел беріндер.
2. Физика мен техниканың ежелден бастап қазіргі заманға дейінгі дамуы туралы айтындар.
3. Өзбекстандағы физика саласында жүргізілген зерттеу жұмыстары туралы не білесіндер?



ЖАТТЫҒУЛАРДЫҢ ЖАУАПТАРЫ

- 1-жаттығу.** 1. $N = 1,2 \cdot 10^{26}$. 2. $d = 2,5 \cdot 10^{-10}$ м. 3. $N = 1,67 \cdot 10^{23}$. 4. $V = 27$ см³.
 5. $N = 2 \cdot 10^{24}$.
- 2-жаттығу.** 1. $v = 15$ моль. 2. $m = 352$ г. 3. $N = 1,5 \cdot 10^2$. 4. $m_0 = 6 \cdot 10^{-26}$ кг.
 6. $M = 44$ г/моль (карбонат ангиридри).
- 3-жаттығу.** 1. $N = 1,8 \cdot 10^{24}$. 2. $m = 373$ г. 3. CO₂. 4. $n = 3,33 \cdot 10^{22}$ см⁻³.
 5. $N = 1,05 \cdot 10^{24}$. 6. $S = 0,72$ м². 7. $m = 40$ г. 8. $V = 0,5$ л. 9. $n = 3 \cdot 10^{27}$ м⁻³.
 10*. $l = 3 \cdot 10^{13}$ м. Су молекулаларын бірқатар етіп орналастырылғандағы ұзындығы Жерден Айға дейінгі арақашықтықтан ~ 78125 есе үлкен. 11*. $V = 81$ см³.
 12*. $N \sim 3 \cdot 10^{24}$. 13*. $d = 2,5 \cdot 10^{-9}$ м.
- 4-жаттығу.** 1. $p = 800$ Па. 2. $p = 108$ кПа. 3. $\bar{v} = 120$ м/с. 4. $\bar{E}_k = 4 \cdot 10^{-21}$ Дж.
 5. $\rho = 0,75$ кг/м³. 6. $\bar{v} = 2000$ м/с. 7. $\bar{E}_k = 1,125 \cdot 10^{-21}$ Дж.
- 5-жаттығу.** 3. 3 есе артады. 4. $p = 13,8$ МПа. 5. $n = 5 \cdot 10^{25}$ м⁻³. 6. $N \sim 2,7 \cdot 10^{25}$.
 7. $N \sim 265$.
- 6-жаттығу.** 1. $\bar{v} = 1765$ м/с. 2. $T = 321$ К. 3. $T = 460$ К. 4. $\bar{E}_k = 6 \cdot 10^{-22}$ Дж.
 5. $n = 3 \cdot 10^{26}$ м⁻³. 6. $V = 0,5$ м³. 7. $T = 700$ К. 8. $T_1 = 50$ К.
- 7-жаттығу.** 1. $V = 3$ м³. 2. $v = 3$ моль. 3. $M = 32$ г/моль оттегі газы (O₂).
 4. $\rho = 2,5$ кг/м³. 5. $T = 318$ К. 6. $v = 2,4$ моль. 7. $v = 2490$ моль. 8. $T = 700$ К.
- 8-жаттығу.** 1. $V = 0,5$ л. 2. $p = 1,2 \cdot 10^6$ Па. 3. $V = 12,5$ л. 4. $p = 80$ кПа.
- 9-жаттығу.** 1. $V_2 = 20$ л. 2. $\Delta T = 216$ К. 3. $V = 4$ л. 4. $\Delta T = 128$ К.
- 10-жаттығу.** 1. $T = 400$ К. 2. Қысым 2,2 есе артады. 3. $p_1 = 125$ кПа.
- 11-жаттығу.** 1. $p_2 = 1,5 \cdot 10^6$ Па. 2. Қысым 1,7 есе азайған. 3. $t_2 = 99$ °C.
 4. Газ көлемі 30%-ға артқан. 5. $h = 25$ м. 6. $T_1 = 120$ К. 7. $T_1 = 200$ К
 8. $T_2 = 240$ К.
- 12-жаттығу.** 1. $m = 0,8$ кг. 2. $p = 75$ кПа. 3. $\Delta U = 4487$ Дж-ға азайған.
 4. $\Delta U = 12465$ Дж-ға артқан. 5. $\Delta U = 59,6$ кДж-ға артқан. 6. $\Delta U = 30$ Дж-ға артқан.
 7. 2 есе артқан.
- 13-жаттығу.** 1. $V = 0,3$ м³. 2. $\Delta t = 70$ °C. 3. $A = 20$ Дж. 4. $A = 0,25$ Дж.
- 14-жаттығу.** 1. $Q = 67,5$ кДж. 2. $c = 890$ Дж/(кг · К) алюминий. 3. $Q = 504$ кДж.
 4. $Q_1 = 7,8$ кДж; $Q_2 = 1,95$ кДж.
- 15-жаттығу.** 1. $m = 53$ г. 2. 4,2 есе артқан. 3. $\Delta U = 900$ Дж-ға артқан.
 4. $t_2 = 113$ °C. 5. $A = 200$ Дж. 6. $T_0 = 100$ K; $A = 4155$ Дж. 7. $m_2 = 48$ кг.
 8. Сутегі 2 есе көп. 9. $t = 20$ °C. 10. $V_1 = 40$ л; $V_2 = 40$ л. 11. $\Delta t = 320$ °C.
- 16-жаттығу** 1. $m = 200$ г. 2. $m = 72,5$ кг. 3. $Q = 322$ МДж. 4. $Q = 3 \cdot 10^7$ Дж.
- 17-жаттығу** 1. $A = 5$ кДж. 2. $\Delta U = 2,8$ кДж. 3. $A = 1,4$ кДж. 4. $\Delta U = 7,5$ кДж.
 5. $Q = 6232$ Дж. 6. $Q = 500$ Дж. 7. $v = 1$ моль
- 18-жаттығу.** 1. $A = 252$ Дж. 2. $\eta = 60\%$. 3. $T_1 = 800$ К. 4. $A = 390$ Дж. 5. $A = 42$ кДж. 6. $\Delta T = 335$ К. 7*. $Q_1 = 900$ кДж. 8*. $\Delta T = 600$ К.
- 19-жаттығу.** 1. $\eta = 28\%$. 2. $t = 9$ минут. 3. $m = 0,2$ кг. 4. $m = 37,8$ кг.
 5. $T_2 = 300$ K. 6. $A = 20$ кДж. 7. $s = 138$ км. 8*. $N = 36$ кВт.

20-жаттығу. 1. $d = 2,1$ мм. 2. $r = 0,25$ мм. 3. $h = 10,2$ мм. 4. $m = 46,7$ мг.
 5. $\alpha = 24$ мН/м. 6. $\alpha = 33$ мН/м. 7. $N = 285$. 8. $h = 90$ мм. 9. $\Delta W = 96$ $\mu\text{Дж}$.
 10. $\Delta W = 0,5$ мДж.

21-жаттығу. 1. $\sigma = 95,5$ МПа. 2. $S = 3 \text{ см}^2$. 3. $h = 12,7$ м. 4. $E = 196$ ГПа.
 5. $d = 7,7$ мм. 6. $l = 2548$ м.

22-жаттығу. 1. $Q = 10^6$ Дж. 2. $m = 0,17$ кг. 3. $Q = 167$ кДж. 4. Болаттан.
 5. $m = 1,3$ кг 6. $Q = 75$ МДж.

23-жаттығу. 1. $Q = 11,5$ МДж. 2. $Q = 115$ кДж. 3. $\varphi = 58\%$. 4. $\varphi = 63\%$.
 5. $\varphi = 65\%$. 6. $\rho = 10,9 \text{ г/м}^3$ 7. $\varphi = 62\%$.

24-жаттығу. 1. $t = 2095$ с . 2. $t_1 = 498$ с, $t_2 = 1,3$ с. 3. $v = 12,6 \text{ s}^{-1}$ м.

25-жаттығу. 1. $\alpha = 35^\circ$, 2. $s = 1,2$ м. 3. $v = 1,5 \cdot 10^8$ м/с. 4. $\beta = 20^\circ$.
 5. $s_1 / s_2 = n_2 / n_1 = 1,33$

26-жаттығу. 1. $\alpha_0 = 49^\circ$. 2. $n = 1,79$. 3. $\alpha_0 = 30^\circ$. 4. $n = 1,2$. 5. $n = 1,64$.

27-жаттығу. 1. $D_1 = 2,5$ дптр, $D_2 = 4$ дптр, $D_3 = 10$ дптр, $D_4 = -10$ дптр,
 $D_5 = -4$ дптр, $D_6 = -2,5$ дптр. 2. $D = 4,5$ дптр, 3. $f = 30$ см, $K = 2$. 4. $F = 12$ см,
 $D = 8,3$ дптр. 5. $d = 62,5$ см. 6. $D = 3$ дптр. 7. $D = -3$ дптр. 8. $D = 4,5$ дптр.

28-жаттығу. 1. $K = 10$. 2. $F = 1,25$ см. 3. $K = 200$. 4. $D = 1,2$ м.
 5. Біріншісінде 6. $K = 4$ 7. $l = 90$ см.

29-жаттығу. 1. $d \approx 50$ м 2. $K \approx 833$. 3. $D = +2$ дптр. Алысты көретін
 адамда. 4. $a = 12,5$ см.

5. $D = -2,25$ дптр. 6. $a = 17$ см. 7. $D = 3,25$ дптр.

I тарау тест тапсырмаларының жауаптары

1.D	2.B	3.D	4.B	5.B	6.B	7.B	8.B	9.D	10.D
11.A	12.D	13.A	14.B	15.C	16.D	17.B	18.C	19.B	20.D
21.A	22.C	23.A	24.B	25.D	26.D	27.D	28.C	29.A	30.B

II тарау тест тапсырмаларының жауаптары

1.A	2.A	3.B	4.B	5.C	6.B	7.D	8.D	9.C	10.D
11.A	12.A	13.A	14.B	15.A	16.A	17.A	18.D	19.D	20.C
21.C	22.D	23.B	24.C	25.A	26.B	27.A	28.A	29.D	

III тарау тест тапсырмаларының жауаптары

1.D	2. C	3. B	4.C	5.A	6.C	7.B	8.A	9.C	10.C
11.D	12.B	13.D	14. A	15.C					

IV тарау тест тапсырмаларының жауаптары

1.D	2.B	3.A	4.A	5.D	6.C	7.D	8.D	9.D	10.A
11.C	12.A	13.B	14.B	15.A	16.A				

V тарау тест тапсырмаларының жауаптары

1.D	2.D	3.D	4.A	5.B	6.B	7.C	8.C	9.B	10.D
11.D	12.D	13.C	14.B	15.B	16.A				

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. P. Habibullayev, A. Boydedayev, A. Bahromov, M.Yuldasheva. FIZIKA 9-sinf darsligi. Toshkent . «G‘.G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» – 2014-у.
2. N.Sh.Turdiyev. FIZIKA 9-sinf darsligi. Toshkent . «G‘.G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» – 2016-у.
3. В.А. Касьянов. ФИЗИКА 10-класс. Москва. «Дрофа» – 2005 г.
4. Е.В.Громыко, В.И.Зенкович, А.А. Луцевич, И.Э.Слесарь. ФИЗИКА 10- класс. Минск. «Адукацыя і выхаванне» – 2013 г.
5. K. Suyarov, A. Husanov, L. Xudoyberdiyev. FIZIKA. Mexanika va molekulyar fizika. Akademik litsey o‘quvchilari uchun o‘quv qo‘llanma. Toshkent. «O‘qituvchi» – 2002-у.
6. K.T. Suyarov, Sh.N. Usmonov, J. E. Usarov. Molekulyar fizika. II-kitob. Toshkent. «Yangi nashr» – 2016-у.
7. В.И.Лукашик. Qiziqarli fizika. Savol va masalalar to‘plami. «G‘.G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» Тошкент – 2016-у.
8. Oliy o‘quv yurtlariga kiruvchilar uchun test savollari. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Davlat test markazi «Axborotnoma» Toshkent . 1996 – 2003-yillar.

МАЗМУНЫ
МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ
МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА
**I ТАРАУ. ЗАТ ҚҰРЫЛЫМЫНЫң МОЛЕКУЛА-КИНЕТИКАЛЫҚ
ТЕОРИЯСЫ НЕГІЗДЕРІ**

1-§. Зат құрылымының молекула-кинетикалық теориясы	4
2-§. Молекуланың массасы мен өлшемі.....	7
3-§. Зат мөлшері	12
4-§. Есеп шығару	16
5-§. Идеал газ.....	18
6-§. Температура	21
7-§. Газ молекулаларының қозғалыс жылдамдығы	25
8-§. Есеп шығару	28
9-§. Идеал газ күйінің тендеулері	30
10-§. Изотермалық процесс.....	33
11-§. Изобаралық процесс	35
12-§. Изохоралық процесс	37
13-§. Практикалық жаттығу. Молекулалардың өлшемін бағалау	38
14-§. Есеп шығару	40
I тарауды қайталауға арналған тест тапсырмалары	44
I тарау бойынша маңызды қорытындылар	47

**II ТАРАУ. ІШКІ ЭНЕРГИЯ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА
ЭЛЕМЕНТТЕРІ**

15-§. Ішкі энергия	50
16-§. Термодинамикалық жұмыс	53
17-§. Жылу мөлшері	55
18-§. Есеп шығару	60
19-§. Практикалық жаттығу. Денелердегі жылу тепе-тендігін үррену	63
20-§. Зертханалық жұмыс. Қатты денелердің салыстырмалы жылу сыйымдылығын анықтау	64

21-§. Отынның салыстырмалы жану жылуы	65
22-§. Термодинамиканың бірінші заңы.....	67
23-§. Есеп шығару	70
24-§. Жылу үдерістерінің қайтымсыздығы. Термодинамиканың екінші	72
25-§. Зертханалық жұмыс. Түрлі температурадағы суларды араластырғандағы жылу мөлшерлерін салыстыру	73
II тарауды қайталауға арналған тест тапсырмалары.....	74
II тарау бойынша маңызды қорытындылар.....	78

III ТАРАУ. ЖЫЛУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ

26-§. Іштен жану қозғалтқыштары.....	81
27-§. Жылу қозғалтқыштарының жұмыс істеу принципі	83
28-§. Есеп шығару	86
29-§. Жылу машиналары және табиғатты қорғау	87
30-§. Есеп шығару	89
III тарауды қайталауға арналған тест тапсырмалары.....	91
III тарау бойынша маңызды қорытындылар	93

IV ТАРАУ. СҮЙЫҚТЫҚ ЖӘНЕ ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРИ

31-§. Сүйықтықтың қасиеттері	94
32-§. Сулау. Капиллярық құбылыстар	97
33-§. Есеп шығару	100
34-§. Зертханалық жұмыс. Сүйықтықтың беттік керіліс коэффициентін анықтау	103
35-§. Кристалдық және аморфты денелер	104
36-§. Қатты денелердің механикалық қасиеттері.....	106
37-§. Есеп шығару	109
38-§. Қатты денелердің балқуы мен қатаюы	111
39-§. Заттың салыстырмалы балқу жылулығы. Аморфты денелердің балқуы мен қатаюы.....	113
40-§ Булану және конденсация	116
41-§. Атмосферадағы құбылыстар	119
42-§. Зертханалық жұмыс. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтау	124
43-§. Есеп шығару	125
IV тарауды қайталауға арналған тест тапсырмалары	126
IV тарау бойынша маңызды қорытындылар	128

**V ТАРАУ. ОПТИКА
ЖАРЫҚТЫҢ ТАРАЛУ ЗАҢДАРЫ.
ОПТИКАЛЫҚ АСПАПТАР**

44-§. Жарық жылдамдығын анықтау	131
45-§. Жарықтың шағылу және сыну заңдары	134
46-§. Есеп шығару	138
47-§. Толық ішкі шағылу	139
48-§. Есеп шығару	142
49-§. Зертханалық жұмыс. Шынының сәуле сындыру көрсеткішін анықтау	143
50-§. Линзалар	144
51-§. Жұқа линзандың жәрдемімен бейне жасау	146
52-§. Есеп шығару	148
53-§. Зертханалық жұмыс. Линзандың оптикалық күшін анықтау	150
54-§. Оптикалық аспаптар	151
55-§. Көз және көру	154
56-§. Есеп шығару	156
57-§. Гелиотехника. Өзбекстандағы Күн энергиясын пайдалану	158
V тарауды қайталауға арналған тест тапсырмалары	160
V тарау бойынша маңызды қорытындылар	162

**VI ТАРАУ. ӘЛЕМНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ КӨРІНІСІ. ФИЗИКА МЕН
ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ**

58-§. Әлемнің біртұтас физикалық көрінісі	164
59-§. Физика мен техниканың дамуы. Өзбекстанның физика саласындағы зерттеулері	166

HABIBULLAYEV PO'LAT QIRG'IZBOYEVICH,
BOYDEDAYEV AHMADJON,
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH,
SUYAROV KUSHARBAY TASHBAYEVICH,
USAROV JABBOR ESHBEKOVICH,
YULDASHEVA MOHIDILXAN KAMALDJANOVNA.

FIZIKA

*Umumiy o'rta ta'lim maktablarining
9-sinfi uchun darslik*

Uchinchi nashr

(Qozoq tilida)

Аударған *T. Ахмедов*

Редакторы *Қ. Нұрбаева*

Көркемдеуші редакторы *Ш. Мирфаёзов*

Техникалық редакторы *Х. Хасанова*

Корректоры *Қ. Бегімқұлова*

Компьютерде беттеген *У. Валижонова*

Баспа лицензиясы АІ.№ 290. 04.11.2016.

2019 жылы 11 июньде басуға рұқсат етілді.

Пішімі 70x100^{1/16}. “Times New Roman” гарнитуrasesы. Офсеттік
әдіспен басылды. Шартты баспа табағы 14,3. Нақты баспа табағы 12,5.

Таралымы 5639 дана. Тапсырыс № 158

Өзбекстан Республикасы Президенті Әкімшілігі құзырындағы
Акпарат және бұқаралық коммуникациялар агенттігінің
Ғафур Ғұлам атындағы баспа-полиграфия шығармашылық үйінде басылды
Ташкент, 100128. Лабзак көшесі, 86.

www.gglit.uz. E-mail:info@gglit.uz

Жалға берілген оқулықтың күйін көрсететін кесте

P/c	Оқушының аты-жөні	Оқу жылы	Оқулықтың алғандағы күйі	Сынып жетекшісінің қолы	Оқулықтың тапсырғандағы күйі	Сынып жетекшісінің қолы
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Оқулық жалға берілгенде және оқу жылының сонында қайтарып алынғанда жоғарыдағы кестені сынып жетекшісі төмендегі бағалау олшемдеріне орай толтырады:

Жаңа	Оқулықтың бірінші рет пайдалануға берілген кездегі жағдайы.
Жақсы	Мұқабасы бүтін, оқулықтың негізгі бөлігінен ажырамаған. Барлық параптарты бар, жыртылмаған, көшпеген, беттерінде жазу мен сыйықтар жоқ
Қанағаттанарлық	Мұқабасы езілген, біршама сыйылыш, шеттері бүлінген, оқулықтың негізгі бөлігінен ажыраған жерлері бар, пайдалануши тарапынан қанағаттанарлық түрде жөнделген. Көшіп түскен параптарты қайта жөнделген, кейбір беттеріне сыйылған.
Қанағаттанарсыз	Мұқабасы сыйылған, жыртылған, негізгі бөлігінен ажыраған немесе түбегейлі жоқ, қанағаттанарсыз жөнделген. Беттері жыртылған, параптарты жеткіліксіз, сыйылған, боялған. Оқулықты тіктеп болмайды.