

**Р. Башарұлы, Ш. Шүйіншина, К. Сейфоллина**

# ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептің 8-сыныбына арналған оқулық

## 8

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі ұсынған

*А. Байтұрсынұлы атындағы Тіл білімі институтының  
сарапшыларымен келісілді*



Алматы «Атамұра» 2018

ӘОЖ 373.167.1

КБЖ 22.3 я 72

Б 30

*Оқулық Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі  
бекіткен негізгі орта білім беру деңгейінің 7–9-сыныптарына арналған  
«Физика» пәнінің жаңартылған мазмұндағы Типтік оқу  
бағдарламасына сәйкес дайындалды.*

### Шартты белгілер:



– сұрақтар



– жаттығулар



– деңгейлік тапсырмалар



– практикалық және эксперименттік тапсырмалар



– теориялық зерттеу



– ғылым мен техниканың даму тарихынан



– тереңдетілген деңгейдегі қосымша материалдар

**Башарұлы Р. т.б.**

**Б 30 Физика:** Жалпы білім беретін мектептің 8-сыныбына арналған оқулық/  
Башарұлы Р., Шүйіншина Ш., Сейфоллина К. – Алматы: Атамұра,  
2018. – 224 бет.

ISBN 978-601-331-165-4

ӘОЖ 373.167.1

КБЖ 22.3 я 72

ISBN 978-601-331-165-4

© Башарұлы Р., Шүйіншина Ш.,  
Сейфоллина К., 2018  
© «Атамұра», 2018

## АЛҒЫ СӨЗ

Оқырманға ұсынып отырған бұл оқулық 2017 жылы «Атамұра» баспасынан шыққан 7-сынып физикасының логикалық жалғасы болып табылады. Өткен жылы біртұтас физика ғылымының *механикалық құбылыстарға* байланысты ұғымдары мен заңдарын қарастырған едік. 8-сынып физикасында қазіргі сан алуан техникалардың ғылыми негіздерін құрайтын *жылу, электр және жарық құбылыстары* жалғасын тауып зерделенеді. Аталған құбылыстардың сыры 7-сынып физикасындағы ұғымдар мен заңдарға негізделе отырып ашылады. Сондықтан жаңа білімді сапалы игеру үшін оқып кеткен бұрынғы физикалық ұғымдар мен заңдарды үнемі еске түсіріп, қайталап отыру парыз.

Осыған орай теориялық білімді терең меңгеріп, оны практикада ұтымды қолдану үшін мына *қағидалық ұстанымдарды* басшылыққа алып, жұмыс жасауға дағдылану керек.

**Біріншіден**, бүкіл Шығыс өркениетінің ертедегі ұлы ғұламасы қытайлық Конфуцийдің: *«Кім өткенді қайталап, әрі жаңаны білсе, ол көсем бола алады»*, – деген сөзін естеріңде ұстап, бұрынғы алған білімдеріңе жүгініп, 7-сынып физикасы бойынша өздерің жасаған қысқаша тірек конспекттеріңді де пайдаланып, оқып кеткен іргелі ұғымдар мен заңдарды үнемі еске түсіріп отыру қажет.















**Екіншіден**, *адамзаттың бірінші ұстазы* атанған бүкіл Батыс өркениетінің ертедегі ұлы ғұламасы элладалық (грекиялық) Аристотельдің: *«Ақыл білімде ғана емес, білімді қолдана алатын біліктілікке де саяды»*, – деген сөзін естеріңде ұстап, теориялық сұрақтарға ғана жауап іздеумен шектелмей, жаттығулар мен тапсырмаларды да, практикалық зерттеулер мен эксперименттерді де ұқыпты орындауларың қажет. Біздің ұлы бабамыз әл-Фараби Шығыс пен Батыс ғұламаларының жоғарыда көрсетілген қағида-ұстанымдарын өз бойына сіңіріп, талмай еңбектенуі арқасында *адамзаттың екінші ұстазы* атанды.

Қадірменді ұстаздар, қымбатты шәкірттер! Сұраныстары жоғары талапшыл оқушыларға арналған тереңдетілген материалдар (оларға кейбір эксперименттік, теориялық зерттеулер де жатады) және тарихи-танымдық деректер міндетті оқу жүктемелері болып табылмайды. Алайда «Нар жолында жүк қалмас», «Жұмыла көтерген жүк – жеңіл» дейді ғой халқымыз; ақыл қосып, жұмыла жасаған қарекеттеріңе зор сеніммен сәттілік тілейміз.

## І ТАРАУ

## ЖЫЛУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ

## ОҚУШЫЛАР МЕНГЕРУГЕ ТИІСТІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МАҚСАТТАР:

-  молекула-кинетикалық теорияның негізгі қағидаларын дәлелдейтін мысалдар келтіру және тәжірибені сипаттау;
-  температураны өлшеуді жылулық ұлғаю негізінде сипаттау;
-  температураны Цельсий, Кельвин шкалаларында өрнектеу;
-  дененің ішкі энергиясын өзгерту тәсілдерін сипаттау;
-  жылу алмасудың түрлерін салыстыру;
-  техникада және тұрмыста жылу алмасу түрлерінің қолданылуына мысалдар келтіру;
-  әртүрлі температураларда тірі ағзалардың бейімделуіне мысалдар келтіру;
-  жылу алмасу процесі кезінде алған немесе берген жылу мөлшерін анықтау;
-  заттың меншікті жылусыйымдылығының мағынасын түсіндіру;
-  отынның жануы кезінде бөлінген жылу мөлшерін анықтау;
-  жылу құбылыстарындағы энергияның сақталу және айналу заңын зерттеу;
-  тәжірибені жүргізуге әсер ететін факторларды анықтау;
-  физика кабинетінде қауіпсіздік ережелерін білу және сақтау;
-  жылулық тепе-теңдік теңдеуін есептер шығаруда қолдану.

Бұл тарауда оқушылар терең игеруге міндетті алдыңғы бетте көрсетілген бағдарламалық оқу мақсаттарының мазмұны мен мағыналары ашылады; сонымен қатар әр оқушының есінде ұзақ сақталуға тиісті мына физикалық ұғымдар қалыптастырылады: «жылулық қозғалыс», «температура», «ішкі энергия», «жылуөткізгіштік», «жылу беру», «жылу мөлшері», «отын энергиясы», «отынның меншікті жану жылуы».

### Тараудағы физика терминдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі минимумы

Қ а з а қ ш а	О р ы с ш а	А ғ ы л ш ы н ш а
Жылулық қозғалыс	Тепловое движение	Thermal motion
Температура	Температура	Temperature
Ішкі энергия	Внутренняя энергия	Internal energy
Жылу берілу	Теплопередача	Heat transfer
Жылуөткізгіштік	Теплопроводность	Thermal conductivity
Жылу мөлшері	Количество теплоты	Quantity of heat
Отын энергиясы	Энергия топлива	Energy of fuel

## §1.

### ЖЫЛУЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫС. БРОУНДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС. ДИФфуЗИЯ

1. *Жылулық құбылыстарға* байланысты көптеген сұрақтар адамзат баласын ертеден-ақ толғандырды. Мысалы, неліктен нақты бір зат әртүрлі агрегаттық күйде (қатты, сұйық, газ күйінде) бола алады? Бір күйдегі (мысалы, сұйық күйдегі) заттың кейде «жылы», кейде «ыстық», кейде «салқын», кейде «суық» болуын қалай түсіндіруге болады? Жылу бір ортадан екінші ортаға қалай тарайды? Міне, осындай сұрақтардың дұрыс жауабын табу, сөйтіп, жылулық құбылыстардың табиғатын түсіндіру ұзақ ғасырларға созылды. Тек XIX ғасырда ғана зат құрылысының *молекулалық-кинетикалық теориясы* қалыптасқаннан кейін жоғарыдағы сұрақтарға дұрыс жауап алу мүмкіншілігі туды.

*Молекулалық-кинетикалық теория* 7-сыныпта айтқанымыздай, мына үш қағидаға негізделеді: 1) *заттар атомдар мен молекулалардан*

тұрады; 2) атомдар мен молекулалар үздіксіз бейберекет қозғалады; 3) атомдар мен молекулалар үнемі өзара әрекеттеседі.

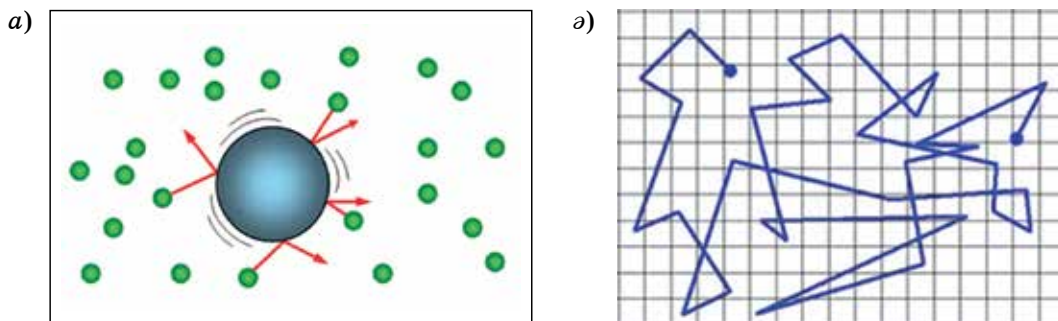
Молекулалық-кинетикалық теория денелердің әртүрлі жылулық күйлерін олардың молекулаларының әртүрлі жылдамдықпен қозғалатындығы арқылы түсіндіреді. Молекулалардың жылдамдығы өскен сайын дененің температурасы жоғарылайды да, ал олардың жылдамдығы азайған сайын температура төмендей береді. Сөйтіп, кез келген заттың бойындағы *жылу мөлшері* сол заттың молекулаларының *жылдамдықтарына* тәуелді өзгеріп отырады. Сондықтан атомдар мен молекулалардың ретсіз хаостық қозғалысын қысқаша *жылулық қозғалыс* деп те атай береді.

**Жылулық қозғалыс** деп молекулалар мен атомдардың хаостық қозғалыстарын айтады.

2. Молекулалардың хаостық қозғалыстарын дәлелдейтін көптеген деректер мен мысалдар келтіруге болады. Солардың ішіндегі ең көрнектісі – **броундық қозғалыс** және **диффузия** құбылыстары болып табылады. 1827 жылы ағылшын ботанигі Роберт Броун өсімдіктердің суға араласқан тозаңын (сурет 1.1, а) оптикалық микроскоптармен зерттей отырып, тозаң бөлшектерінің су ішінде үнемі ретсіз қозғалатынын анықтады (сурет 1.1, ә).

**Броундық қозғалыс** деп сұйықтың немесе газдың ішіндегі бөгде бөлшектердің ретсіз бейберекет қозғалысын айтады.

Алайда Броун өзі ашқан құбылыстың не себептен орын алатынын түсіндіріп бере алмады. Молекулалық-кинетикалық теория қағидаларына сүйеніп, броундық қозғалыстың қыр-сырын оңай түсіндіре аламыз. Сұйықтың немесе газдың молекулалары бейберекет үздіксіз қозғалыстар жасай отырып, бөгде бөлшектерді жан-жағынан соққылайды (сурет 1.1, а).



Сурет 1.1: а) су молекулалары арасындағы бөгде тозаң бөлшегі;  
б) тозаңның хаостық қозғалыстары

Соққылайтын молекулалардың сандары да, бағыттары да, әрекет күштері де әртүрлі болғандықтан, сұйықтың немесе газдың ішіндегі бөгде бөлшектер де ретсіз қозғалыстар жасайды.

Сонымен, броундық қозғалысты туғызатын себеп – молекулалардың жылулық қозғалысы деп берік сеніммен айта аламыз. *Броундық қозғалыс* та *жылулық қозғалыс* қатарына жатады.

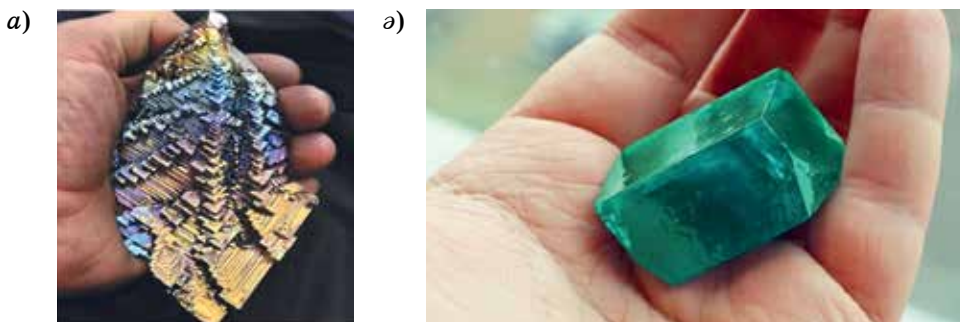
3. Заттардың құрамындағы бөлшектердің (молекулалар мен атомдардың) ретсіз қозғалыс жасайтындығының, яғни молекулалық-кинетикалық теорияның ақиқаттығының тағы бір нақты айғағына *диффузия құбылысы* жатады.

*Диффузия деп бір заттың бөлшектерінің екінші заттың бөлшектерінің араларына өтіп, бір-бірімен өзара араласып таралуын айтады.*

Диффузияның жылдамдығы заттардың *агрегаттық күйлеріне* тәуелді өзгеріп отырады. Расында да, диффузия қатты денелерде, сұйықтарда және газдарда әртүрлі жылдамдықпен жүреді. Қатты денелерде диффузия тым баяу жүреді. Ал газдағы диффузия сұйықтағы диффузиядан бірнеше есе артық жылдамдықпен өтеді. Расында да, қант пен тұздың суда еруін едәуір уақыт тосатын болсақ, өтір немесе бензиннің иісі бөлме ішіндегі ауаға әп-сәтте тарайды.

4. Диффузияның жылдамдығы заттардың *агрегаттық күйлеріне* ғана емес, *температурасына* да тәуелді өзгереді. Расында да, қант немесе тұз салқын суға қарағанда ыстық суда тез ериді. Тұзды тез сіңіртіп, қиярды немесе қызанақты ұзағырақ сақтау үшін оларды қайнаған тұзды суға салады. Әртүрлі металдардың түйісетін жапсарын балқу температурасына дейін қыздырғанда олар бір-бірімен ажырамастай болып бірігіп қалады. Мұның бәрі температура өскен сайын диффузия құбылысы қарқындылығының артқандығын көрсетеді. Өйткені заттың бойындағы *жылу мөлшері* мен сол заттың молекулаларының *қозғалыс жылдамдықтары* арасында тығыз байланыс бар. Температура артқан сайын молекулалардың да жылдамдығы еселеп арта түседі. Сондықтан температурасы жоғары ортада әртүрлі заттардың молекулалары бір-бірінің арасына жылдам өтеді.

5. Қатты денелердің атомдары тым тығыз орналасқандықтан ондай ортада диффузия өте баяу өтеді. Мысалы, металдар кристалл денелер болып табылады. Кристалдық денелер *поликристалды* (сурет 1.2, а) және *монокристалды* (сурет 1.2, ә) денелерге бөлінеді. Металдардың бөлшектері кристалдық тордың түйіндерінде үздіксіз тербелістер жасап қозғалады. Кристалдық торлардың барлық түйіндерінде атомдар орналасқан болса, онда мұндай кристалдарда бөгде бөлшектердің

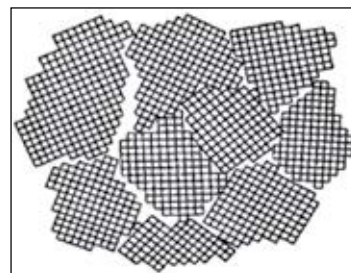


Сурет 1.2: а) Табиғи висмут – поликристалдық дене; ә) монокристалдық дене

енуіне орын қалмайды да, диффузия байқалмайды. Ал кристалдық торлардың кейбір түйіндері бос болса, ондай ақауы бар кристалдарға бөгде бөлшектер ене алады да, диффузия құбылысы жүреді.

Ақауы бар қатты денелерге *поликристалдық* (сурет 1.2, а және сурет 1.3) денелер мысал бола алады. Поликристалдың құрамындағы *дәнек* деп аталатын жеке-жеке бағдарланған микрокристалдардың бір-біріне жанасқан шегараларында ақаулар (бос орындар) мейлінше көп болады. Ондай бос орындарға басқа заттардың атомдары мен молекулалары өте алады.

Ал ақаулары аз бір бағытта ғана бағдарланған таза *монокристалда* (сурет 1.2, ә) диффузия құбылысы байқалмайды. Монокристалдардың мұндай қасиеттері көптеген аса маңызды техникалық қондырғылар жасау үшін қолданылады. Сондықтан монокристалдық материалдарды жасауға да және оларды «өсіріп» шығаратын технологияларға да үлкен мән беріледі.



Сурет 1.3. Поликристалдық құрылым

6. Диффузияның зор пайдасымен қоса, зияны да жетерлік. Пайдасына келер болсақ, диффузия тіршілік иелерінің өмірінде айрықша рөл атқарады. Мысалы: оттек ( $O_2$ ) диффузия арқылы өкпеге өтіп, адам ағзасындағы барлық мүшелерін сауықтырады. Ал зиянды өнім болып табылатын көмірқышқыл газы ( $CO_2$ ), керісінше, диффузия жәрдемімен ағзалардан сыртқа шығарылады. Тағамдардағы қоректік заттар мен дәрумендер диффузия арқылы адамдар мен жануарлар ағзасындағы жасушаларға жеткізіледі, ал зиянды қалдықтар мен өнімдер сыртқа шығарылады. Өсімдіктердің өз тамырлары немесе жапырақтары арқылы қорек алулары да диффузия құбылысына негізделген. Диффузия арқылы



бал аралары әр гүлдің ауаға тараған иістерінен бірнеше километрге дейінгі аралықтан дәл тауып, шырын жинай алады.

Диффузия құбылысының практикадағы қолданыс аясы да кең. Мысалы: металдарды балқытып, бір-біріне жалғау немесе әр түсті қымбат металдармен өрнектеп қақтау, сондай-ақ дәнекерлеп жамау сияқты жұмыстар да диффузияға негізделген. Ерітінділер мен әртүрлі қоспалар алу да, кез келген денелер мен заттарды бір-бірімен желімдеп жапсыру да диффузия құбылыстарының пайдалы жағын сипаттайды. Қант зауыттарында ауылшаруашылық өнімдерінің (қызылша мен сәбіздің, төтті тамырлар мен тростниктердің) белгілі бөліктерін кесіп алып суға салады. Олардың бойындағы қантты ерітіп бөліп алу технологиялары да диффузия құбылыстарына сүйенеді.

Диффузия құбылысының тигізетін зияны да зор. Химия өнеркәсібінде, радиоактивті заттарды өңдейтін қондырғыларда, жылу электр стансыларында, іштен жанатын қозғалтқыштарда, мұнай өңдейтін зауыттарда денсаулыққа аса зиянды әртүрлі өнімдер мен қалдықтар сыртқы ортаға шығарылады. Олар диффузия арқылы дем алатын ауаға, ішетін суға, жейтін тағамдарға тарап, адамдар мен жан-жануарлардың ағзаларында қатерлі өзгерістер туғызып, зор зардап шектіреді. Ал оларға темекінің түтіні, арақ пен есірткінің дәмі қосылса, адамды жылдам аздырып, оның өмір жасын бірнеше ондаған жылдарға қысқартады.



### Сұрақтар

1. Молекулалық-кинетикалық теорияның негізгі қағидалары қалай тұжырымдалады?
2. Жылулық қозғалыс деп қандай қозғалыстарды айтады?
3. Броундық қозғалыс деп қандай қозғалысты айтамыз? Броундық қозғалысты неліктен жылулық қозғалыс деп атайды?
4. Диффузия деп қандай құбылысты атайды, ол нені дәлелдейді?
5. Диффузияның жылдамдығы қандай жағдайлар мен шамаларға тәуелді өзгереді?
6. Металдардағы диффузия құбылысының ерекшеліктерін түсіндіріңдер. Неліктен монокристалдарда диффузия құбылысы байқалмайды?
7. Диффузияның пайдалы және зиянды жақтары қандай?



### Эксперименттік зерттеу

Микроскоп арқылы сұйық ішіндегі графит үгіндісі бөлшегінің броундық қозғалысын мына жағдайлар үшін зерттеңдер:

1. Броундық бөлшектің әр 30 секунд сайын жаңа орнын анықтап, оның қозғалыс траекториясының суретін салыңдар.

2. Сұйықтың температурасы өзгергенде броундық бөлшектің қозғалыс жылдамдығының қалай өзгередінін байқаңдар.
3. Тұтқырлығы әртүрлі сұйықтардағы броундық бөлшектің қозғалыс жылдамдығының қалай өзгередінін байқаңдар.
4. Зерттеу барысын әр тапсырма бойынша сипаттап жазыңдар.
5. Қорытындыда мына сұрақтарға жауап жазыңдар: зерттеу нәтижелері нені көрсетті? Байқаған құбылыстарыңды қалай түсіндіруге болады?

## §2.

## ТЕМПЕРАТУРА. ТЕМПЕРАТУРАНЫ ӨЛШЕУ ТӘСІЛДЕРІ. ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ШКАЛАЛАР

1. Бізге бала кезімізден *«жылы»*, *«суық»*, *«ыстық»*, *«температура»*, *«термометр»* деген сөздер таныс. Ауырып қалған баланың анасы оның маңдайына алақанын төсеп, бетінен сүйіп, *«ыстығың көтерілген екен»* деп айтады. Немесе термометрмен баласының қызуын өлшеп, *«температураң біраз жоғарылапты»* дейді. Екі жағдайда да *ыстықтау* дене мен *салқынырақ* денелердің арасында *жылу алмасу* орын тебеді. Бірінші жағдайда ыстығы жоғары баланың маңдайынан біраз жылу ананың салқынырақ алақанына өтеді, оны баланың да, ананың да сезім мүшелері айғақтайды. Екінші жағдайда сезімтал ана алақанының рөлін *термометр* атқарады. Бұл жағдайда да қызуы жоғары баланың жылуы салқынырақ термометрге беріліп, оның ішіндегі сұйықтың көлемі ұлғаяды; сөйтіп, термометр шкаласының көрсеткіші жоғарылайды. Міне, осындай денелер туралы олар жылу берілу нәтижесінде *жылумен* немесе *энергиямен* алмасады деп айтады.

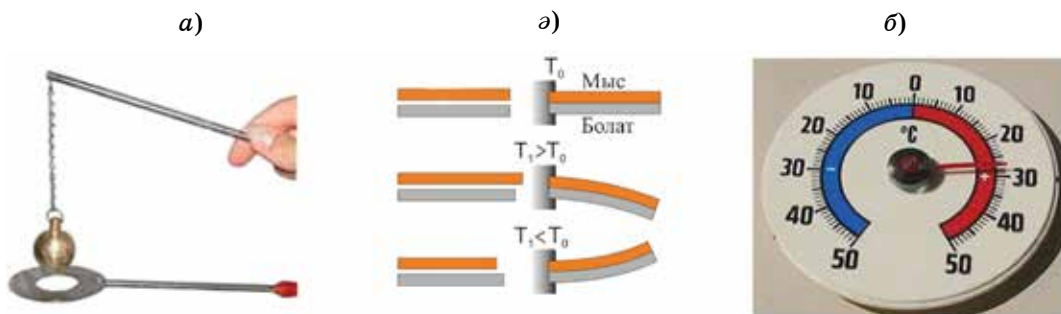
Жылуды алатын дененің температурасына қарағанда, жылуды беретін дененің температурасы жоғарырақ болады. Жылу алмасу барысында екі дененің де *көлемі* ( $V$ ), *қысымы* ( $p$ ), *температурасы* ( $T$ ) өзгереді.

2. Сонымен, жылулық құбылыстарды сипаттайтын негізгі физикалық шамалардың бірі – *температура* болып табылады.

*Температура деп заттың жылулық күйін сипаттайтын физикалық шаманы айтады.*

*Температура молекулалардың жылулық қозғалысының орташа кинетикалық энергиясына және газ қысымына тура пропорционал болатынын тәжірибелер айғақтайды. Ендеше, температура молекулалардың орташа кинетикалық энергиясының да, газ қысымының да сандық өлшемі болып табылады. Температураның физикалық мағынасы, міне, осыларға саяды.*

**3. Термометрлер деп температураларды өлшеуге арналған аспаптарды айтады.** Практикада кең қолданылатын термометрлердің көпшілігі температура өзгерістеріне сезімтал заттардың қасиеттерін пайдалануға негізделген. Мысалы, газдар мен сұйықтар және қатты денелер жылудың әсерінен көлемдерін ұлғайтады. Оған мектеп зертханаларындағы қарапайым құрал – болат шар мен болат сақина арқылы оңай көз жеткізе аламыз (сурет 1.4, а). Бөлме температурасында болат шар сақинадан оңай өтеді. Ал сол шарды қыздырсақ, сақинадан өтпей тұрып қалады.



Сурет 1.4: а) болат шар мен сақина; б) биметалл; в) металл термометр

Өртүрлі металдардың ұлғаюлары да өртүрлі болады. Мысалы, бірбіріне темір шегемен тойтарылып бекітілген көлемдері мен пішіндері бірдей болат пен мыстан жасалған биметалды алайық (сурет 1.4, б). Олардың бөлме температурасындағы ( $T_0$ ) көлемдері бірдей бола тұрса да, температура өскенде ( $T_1 > T_0$ ) болатқа қарағанда мыс молырақ ұлғайып, көбірек иіледі, ал температура кемісе ( $T_1 < T_0$ ) – керісінше көлемін жылдам азайтады. Қос металдың осындай қасиеттеріне негіздеп *металл термометрлер* жасалады (сурет 1.4, в).

Тұрмыста қолданыс тапқан термометрлерде көбіне температураға сезімтал сұйықтар (су, спирт немесе сынап) пайдаланылады. Мұндай термометрлерде (сурет 1.5, а – жоғарғысы сынапты термометр) сұйық көлемі кішігірім баллонға толтырыла құйылады. Баллондағы сұйық қабырғасы мөлдір ұзын түтікшемен жалғасады. Баллон мен түтікше бөліктерге бөлінген шкалаға бекітіледі.

**4. Соңғы жылдары заманауи цифрлық технологияға негізделген термометрлер де көптеп шығарыла бастады** (сурет 1.5 – сынапты термометрден басқалары). Ондай цифрлы термометрлер екі түрге бөлінеді. Олардың температураны денеге жанастырып өлшейтін түрлері де бар, денеге



Сурет 1.5. Өртүрлі термометрлер

жанастырмай өлшейтін түрлері де бар. Соңғы түрлеріне *инфратермометрлер* жатады (сурет 1.5, б).

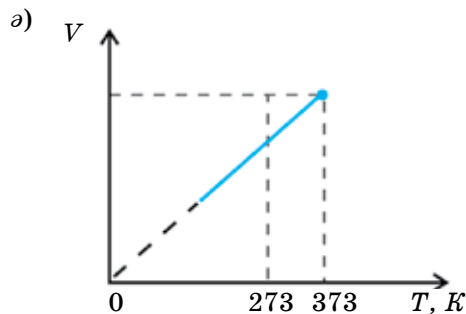
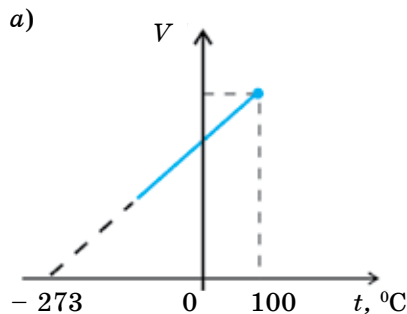
5. Термометрді градуирлеу үшін, яғни бөліктерге сәйкес келетін өлшеу нәтижелерін көрсететін сандарды анықтау үшін баллондағы сұйықтың көлемі температураға пропорционал өзгереді деп есептеледі. Мұндай жағдайда температураның кез келген шкаласын салуға болады. Солардың бірі – тұрмыста кең қолданылатын швед астрономы А. Цельсийдің құрметіне аталған **Цельсий шкаласы**. Бұл шкалада екі негізгі (басты) нүкте таңдап алынған: мұздың еру нүктесіне сәйкес келетін шкала бөлігін ( $0^{\circ}\text{C}$ ) деп, ал қалыпты атмосфералық қысымдағы судың қайнау нүктесіне сәйкес келетін бөлікті ( $100^{\circ}\text{C}$ ) деп белгілеген. Бұл екі бөліктің арасын бірдей 100 бөлікке бөледі. Цельсий шкаласында таза судың қайнау нүктесі мен қату нүктесі айырымының жүзден бір үлесі бір градусқа тең деп алынады. Шкаладағы нөл ( $0^{\circ}\text{C}$ ) нүктеден жоғары жатқан бөліктер оң ( $+^{\circ}\text{C}$ ), яғни жылы температураға, төмен жатқан бөліктер теріс ( $-^{\circ}\text{C}$ ), яғни суық температураға сәйкес келеді деп есептелген.

6. Температураны өлшеудегі ала-құлалықтар мен қиындықтарды ескеріп, ғылыми еңбектері үшін *лорд* мәртебесін иеленген ағылшындық У. Кельвин 1848 жылы температураның жаңа шкаласын ұсынды. Терең ғылыми пайымдауларға негізделген бұл шкаланы **абсолют температуралық шкала** немесе **термодинамикалық шкала**, ал кейде **Кельвин шкаласы** деп атай береді. Әдетте оны (K) таңбасымен белгілейді.

Кельвин шкаласының негізіне температура төмендеген сайын газдың көлемі де азайып, бірте-бірте сұйық, одан кейін қатты күйлерден өтіп, ақыр соңында көлем «нөлге» ұмтылады деген ғылыми гипотеза алынған.

Мұндай жағдайда температура да төмендей отырып «нөлге» жетеді деп пайымдалады. Температураның осы «нөлдік» мәнін *«абсолют нөл»* деп атайды. Осындай пайымдауларға негізделіп жасалған температураның шкаласын *«абсолют шкала»* деп атайды.

7. «Абсолют нөл» градуста (0К) Ғаламдағы барлық денелер мен заттар ең аз шекті көлемге (нөлге) жетуге тырысады. (Мұндай болжамдық пайымдау 7-сынып физикасында айтылғандай, Ғалам бұдан 15 миллиардтай жыл бұрын көлемі шексіз аз нүктедей ғана нәрсенің «Үлкен жарылысынан» пайда болды деген ғылыми болжамды растайды). Алайда Ғаламдағы денелер нөлден де кіші теріс (–) көлем қабылдай алмайды, яғни диаметрі нөлден кіші дене жасай алмаймыз. Ендеше, абсолют шкала бойынша температура да нөлден кіші бола алмайды. Сөйтіп, Кельвин шкаласы бойынша Ғаламдағы ең төмен температура *«абсолют нөл»* (0К) болып табылады (сурет 1.6, ә). Оған Цельсий шкаласының (сурет 1.6, а) *минус* 273,15°C нүктесі сәйкес келеді (0К  $\approx$  273 °C). Ал Кельвин шкаласының *плюс* 273,15°K нүктесіне Цельсий шкаласының нөл нүктесі сәйкес келеді (273,15K  $\approx$  0°C).



Сурет 1.6. Заттың көлемі мен температурасы арасындағы сызықтық байланыс: а) Цельсий шкаласы бойынша; ә) Кельвин шкаласы бойынша

8. Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) температураның өлшем бірлігіне *Кельвин* алынған; қысқаша К әрпімен белгіленеді. *Кельвин* және *Цельсий* шкалалары бөліктерінің құны бірдей (1К = 1°C).

Цельсий шкаласындағы  $t$  температура мен Кельвин шкаласындағы  $T$  температура арасындағы байланыс мына формуламен анықталады:

$$T = (t + 273)K \text{ немесе } t = (T - 273)^\circ C.$$



## Сұрақтар

1. Қандай жағдайларға байланысты жылу алмасу құбылысы орын алады? Жылу алмасу процесінде денелердің күйін сипаттайтын қандай физикалық шамалар өзгереді?
2. Температура ұғымының физикалық мағынасын қандай жолмен ашуға болады? Температура ұғымы қалайша тұжырымдалады?
3. Қандай жағдайда денелер жылулық тепе-теңдікте тұр дейміз? Молекулалық-кинетикалық көзқарас тұрғысынан жылулық тепе-теңдік нені білдіреді?
4. Температураны өлшеу әдісі не нәрсеге негізделеді?
5. Термометр деп қандай аспапты атайды? Оның жұмысы заттардың қандай қасиеттеріне негізделген? Заттардың температураға байланысты көлемдерін өзгертуге қандай мысалдар келтіре аласыңдар?
6. Цельсий шкаласында қандай нүктелер негізгі нүктелер деп аталады, олар қалай таңдалған?
7. Температураның физикалық мағынасы нені білдіреді және қалай тұжырымдалады?
8. Абсолют температуралық шкала деп қандай шкаланы айтады? Абсолют шкаланы кім енгізді, енгізуге не себеп болды, қалай негізdedі, өлшем бірлігі қалай аталады?
9. Кельвин және Цельсий шкалаларының арасындағы байланыс қандай формуламен өрнектеледі? Байланыс графигін салып түсіндіріңдер.



## Жаттығу 1.1

1. Сау адамның абсолют температурасы қандай болады?
2. Мұздың еру температурасын абсолют шкалада анықтаңдар.
3. Дененің температурасы  $15^{\circ}\text{C}$ -ден  $75^{\circ}\text{C}$ -ге өссе, оның құрамындағы бөлшектердің орташа кинетикалық энергиясы қаншаға артады? Неге?
4. Жабық ыдыстағы газдың температурасы  $100^{\circ}\text{C}$ -ден  $-100^{\circ}\text{C}$ -ге дейін төмендеді. Газдың қысымы қалай және неше есеге өзгерді?
5. Қатты сутектің балқу температурасы  $-259^{\circ}\text{C}$ , ал қайнау температурасы  $-253^{\circ}\text{C}$ . Үш орынды санға дейінгі дәлдікпен осы температуралардың абсолют мәндерін табыңдар.



## Практикалық тапсырма

1. Медициналық және зертханалық термометрлерді сақтықпен салыстырыңдар. Олардың жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер; шкалаларының төменгі және жоғарғы шектерін анықтаңдар; бөліктерінің құнын табыңдар.
2. Медициналық термометрмен денелеріңнің температурасын өлшеңдер. Әуелі термометрді саусақтарыңның арасына 2–3 минут қысып, содан кейін осынша уақыт қолтықтарыңның астына қысып ұстаңдар.

§3.

## ІШКІ ЭНЕРГИЯ. ІШКІ ЭНЕРГИЯНЫ ӨЗГЕРТУ ТӘСІЛДЕРІ

1. 7-сынып физикасын оқығанда дененің «механикалық энергиясы» ұғымымен танысқан едік. Механикалық энергия ( $E$ ) тұтас дененің кинетикалық ( $E_k$ ) және потенциалдық ( $E_p$ ) энергияларының қосындысынан тұратынын білеміз:

$$E = E_k + E_p.$$

Механикалық энергия және оның түрлері: кинетикалық энергия да, потенциалдық энергия да *салыстырмалы* шамалар болып табылады. Расында да, 7-сынып физикасында көрсеткеніміздей, *санақ жүйесін* таңдауымызға қарай дененің механикалық энергиясы аз да, көп те, тіпті нөлге де теңелуі мүмкін.

Алайда дененің механикалық энергиясының нөлге теңелуі табиғаттың іргелі әмбебап заңы – *энергияның сақталу және бір түрден екінші түрге айналу заңын* теріске шығара алмайды. Ендеше, механикалық энергия біз білмейтін энергияның басқа бір түріне айналады деген қорытынды жасай аламыз. Физикада энергияның бұл түрін *ішкі энергия* деп атайды. Енді *ішкі энергияның табиғаты* мен *физикалық мағынасын* ашуға тоқталайық.

2. Егер *болат шарикті* үлкен биіктіктен шомбал болаттың бетіне құлатсақ, соғылғаннан кейін оның температурасының біршама көтерілгенін сезінеміз. Осындай мысалдарды көптеп келтіруге болады. Егер болат шардың орнына *болат балға* алып, *темір шегені* төске салып ұзағырақ соққыласақ, екеуінің де әсіресе шегенің едәуір қызатынын білеміз.

Жоғарыдағы мысалдар денелердің қозғалыстары мен әрекеттесулері салдарынан олардың температураларының жоғарылайтындығын айғақтайды. Ал *температураның жоғарылауы*, алдыңғы тақырыпта айтқанымыздай, *бөлшектердің (молекулалар мен атомдардың) орташа кинетикалық энергиясының өскендігін білдіреді*. Ендеше, денелердің механикалық энергиясы мүлдем жоғалып кетпейді, сол денелердің бойындағы бөлшектердің кинетикалық және потенциалдық энергияларын молайтуға жұмсалады. Денелердегі атомдар мен молекулалардың кинетикалық және потенциалдық энергияларын *ішкі энергия* дейді де,  $U$  әрпімен белгілейді. Сонымен, ішкі энергияға оның физикалық мағынасын ашатын мынадай анықтама бере аламыз:



**Ішкі энергия деп заттарды құрайтын барлық бөлшектердің кинетикалық энергиялары мен олардың өзара әрекеттесулерінің потенциалдық энергияларының қосындысын атайды:  $U = E_k + E_n$ .**

Заттардың ішкі энергиялары, оларды кез келген санақ денесімен салыстыра қарасақ та, ешқашан нөлге теңеліп «жоғалып» кетпейді. Бұл ішкі энергияның басты ерекшелігі болып табылады. Таңдап алынған кейбір санақ жүйесінде дене тыныштықта тұрса, оның механикалық энергиясы нөлге теңелуі мүмкін, алайда сол дененің ішкі энергиясы ешқашан да нөлге теңелмейді. Өйткені жылулық қозғалыс ешқашан жойылмайды.

**3. Зерттеулер дененің ішкі энергиясының температураға тәуелді өзгертінін көрсетеді. Температура – дене молекулаларының орташа кинетикалық энергиясын сипаттайтын физикалық шама екенін білдік. Ендеше, температураның өзгеруі, біріншіден, дене құрамындағы бөлшектердің кинетикалық энергиясын өзгертеді. Кинетикалық энергияның өзгеруі, өз кезегінде, дененің ішкі энергиясын өзгертуге әкеледі. Екіншіден, температура өзгергенде бөлшектердің арақашықтығы өзгереді. Олай болса, олардың потенциалдық энергиялары да өзгереді. Бөлшектердің потенциалдық энергияларының өзгерістері де заттардың ішкі энергияларының өзгеруіне әкеледі. Сөйтіп, кез келген дененің немесе заттың ішкі энергиясы оның температурасына тәуелді өзгереді** деген қорытынды жасаймыз.

**4. Дененің ішкі энергиясын өзгертудің екі түрлі тәсілі бар. Олардың бірі – жұмыс істеу, ал екіншісі – жылу алмасу тәсілі деп аталады. Соңғы тәсілді кейде жылу берілу деп те атайды.**

Дененің ішкі энергиясын **жұмыс істеу** тәсілі арқылы өзгертуге болатынын төмендегі тарихи тәжірибе айғақтайды. XVIII ғасырдың соңында ағылшынның инженер-физигі Бенджамин Румфорд зеңбірек ұңғысын бұрғылау барысында металдардың температурасының қандай шамаға өсетінін білу үшін арнайы тәжірибе жасады. Ол заманда металдарды жонатын, тесіп кесетін қуатты станоктар жоқ еді. Сондықтан шомбал металдан ауыр зеңбіректердің ұңғыларын бұрғылап, стволдарын жасау үшін аттардың күшін қолданатын (сурет 1.7).

Румфорд зеңбірек ұңғысын тесетін бұрғының үстіне ауыр жүк орналастырып, аттарға 30 минут жұмыс істеткен соң ұңғыдағы температураның күрт көтерілгенін тіркейді. Ол металл цилиндр мен бұрғыны үлкен ыдыстағы суға батырып, тәжірибесін қайыра жалғастырады. Аттардың күшімен 2,5 сағат бұрғылау жұмысының барысында бірнеше тонна болатын су қайнай бастаған. Бұл тәжірибе денелерге сыртқы





Сурет 1.7. Румфорд тәжірибесі

күштер жұмыс істегенде олардың ішкі энергиясының өсетінін көрсетеді.

5. Дененің өзі жұмыс істегенде ішкі энергиясы азаяды. Оны мынадай тәжірибе жасап көз жеткізуге болады. Шыны ыдыстың ішіне көлеміне қарай судың бірнеше тамшысын тамызып, аузын резеңке тығынмен тығыздап жабамыз. Сорғы жәрдемімен ыдыстың ішіне ауаны молырақ жіберсек, белгілі бір уақытта тығын сыртқа қарай атқып шығады да, ыдыстың іші тұманданып кетеді. Бұл құбылысты энергетикалық тұрғыдан былайша түсіндіруге болады. Ыдыстың ішіне ауа айдағанда қысым артады да, ауаның ішкі энергиясы өседі. Ауаның  $F$  қысым күшінің әрекетінен тығын ыдыс аузынан  $\vartheta$  жылдамдықпен атқып шығады. Ендеше, ыдыс ішіндегі ауаның қысым күшінің істеген  $A$  жұмысы есебінен сыртқа атқып шыққан тығынның кинетикалық энергиясы  $\Delta E_k$  шамасына өседі:  $A = \Delta E_k = m \vartheta^2 / 2$ . Оның есесіне ыдыстағы ауаның ішкі энергиясы соншама шамаға азаяды да, температурасы төмендеп салқындайды. Осылайша, «Сұр бұлт түсі суық қаптайды аспан, күз болып дымқыл тұман жерді басқан...» деп Абай айтқандай, салқындаған ыдыс ішінде де тұман пайда болады. Бұл тәжірибе заттың өзі жасаған жұмысы есебінен оның ішкі энергиясы кеміп, салқындайтынын дәлелдейді.

6. **Жылу алмасу** тәсілімен ішкі энергияның өзгеретінін күнделікті өмірлік тәжірибе растайды.

**Жылу алмасу деп температурасы жоғары денеден температура-сы төмен денеге энергияның ауысуын айтады.**

Жылу алмасу тәсілімен ішкі энергияны өзгертудің *үш түрі* бар. Оларды **жылуөткізгіштік, конвекция және сәуле шығару** деп атайды.

**Сұрақтар**

1. Механикалық энергияның қандай түрлерін білесіңдер, неліктен оларды салыстырмалы ұғымдар деп айтады?
2. Ішкі энергия деп қандай шаманы айтады?
3. Ішкі энергия қандай физикалық шамаға тәуелді өзгереді?
4. Ішкі энергияны қандай тәсілдермен өзгертуге болады?
5. Жұмыс істеу арқылы ішкі энергияны өзгертуге болатынын қандай тәжірибелер растайды?
6. Жылу алмасу деп қандай процесті айтады және оның қандай түрлері бар?

**Жаттығу 1.2**

1. Дененің температурасы  $0^{\circ}\text{C}$  болса, оның ішкі энергиясы бар ма? Ал дененің температурасы  $0\text{ K}$  болса ше? Неге?
2. Үйкеліс күші есебінен энергияның қандай түрленулері орын алады? Мысалдар келтіріңдер.
3. Ерте-ерте, ертеде адамдар бір денені екінші денеге үйкелеу арқылы от жағуды үйренді. Мұнда қандай процестер орын алады, не себепті от тұтанады?
4. Токарь станогында металдарды өңдегенде (жонғанда немесе тескенде) бұрғыға немесе кескішке үнемі май араласқан сұйықтық шүмектеп құйылып тұрады. Неге?
5. Дененің ішкі энергиясының механикалық энергияға түрленетіндігіне мысалдар келтіріңдер.
6. Шыныдан немесе темірден жасалған берік құтыға толтыра су құйып, аузын жауып аязға қойсақ, жарылып кетеді. Бұл нені білдіреді? Құтыны жаруға жұмсалған жұмыс қандай энергияның есебінен атқарылды?
7. Конькимен мұз бетінде сырғанақ тебу мұздай жылтыр шыны бетіндегі сырғанақ тебуден әлдеқайда жеңіл. Себебін түсіндіріңдер.

**§4.****ЖЫЛУӨТКІЗГІШТІК. КОНВЕКЦИЯ. СӘУЛЕ ШЫҒАРУ**

1. Жылу алмасудың бірінші түріне *жылуөткізгіштік* құбылысы жатады. **Жылуөткізгіштік деп дене бөлшектерінің жылулық қозғалыстары мен өзара әрекеттесулері барысында энергияның дененің қызған бөлігінен салқын бөлігіне қарай берілуін айтады.**

Жылудың бір ортадан екінші ортаға жылуөткізгіштік жолымен берілетіндігіне көптеген тәжірибелер арқылы көз жеткізе аламыз. Қазанда қайнап жатқан сүтті темір ожаумен ұзағырақ араластыратын



Сурет 1.8. Заттардың жылуөткізгіштігі өртүрлі

болсақ, ожау сабының бірте-бірте қатты қызғанын сезінеміз. Ал ағаш ожаумен мейлінше ұзақ араластыруға болады.

Денелердің жылуөткізгіштігінің өртүрлі болатындығын дәлелдейтін тағы бір тәжірибе жасайық. Жылуөткізгіштіктері зерттелетін ұзындықтары да, диаметрлері де бірдей *мыс*, *шыны* таяқшаларын штативке бекітейік (сурет 1.8). Таяқшалардың бойына бірдей кішірек шегелерді бірдей аралықта балауызбен жапсырайық. Таяқшалардың бекітілмеген ұштарын түйістіріп, спиртовкамен қыздыратын болсақ, мыс таяқшалардағы шегелердің шыныға жапсырылған шегелерге қарағанда жылдам түсе бастағанын байқаймыз. Осылайша, мыстың шыныға қарағанда жылуды жақсы өткізетініне куә боламыз.

Тәжірибелерден мынадай қорытынды туындайды: *біріншіден, энергия (жылу) қызған денеден салқын денеге қарай беріледі; екіншіден, өртүрлі денелердің жылуөткізгіштігі де өртүрлі болады.*

**2. Жылуөткізгіштік заттың агрегаттық күйіне** байланысты өзгеріп отырады. Шынында да, қатты денеге қарағанда сұйықтардың, ал сұйықтарға қарағанда газдардың молекулалары тым алшақ орналасады. Сондықтан бір-бірімен жиі әрекеттесе алмайды да жылуды көрші бөлшектерге кешігіп жеткізеді. Осылайша, заттың атомдары мен молекулалары алшағырақ орналасқан сайын жылуөткізгіштік нашарлай береді. Сөйтіп, *жылуөткізгіштіктің табиғаты атомдық-молекулалық сипат алады, яғни жылуөткізгіштіктің өртүрлі болуы зат бөлшектерінің арақашықтықтары мен өзара әрекеттесу ерекшеліктеріне байланысты түсіндіріледі.*

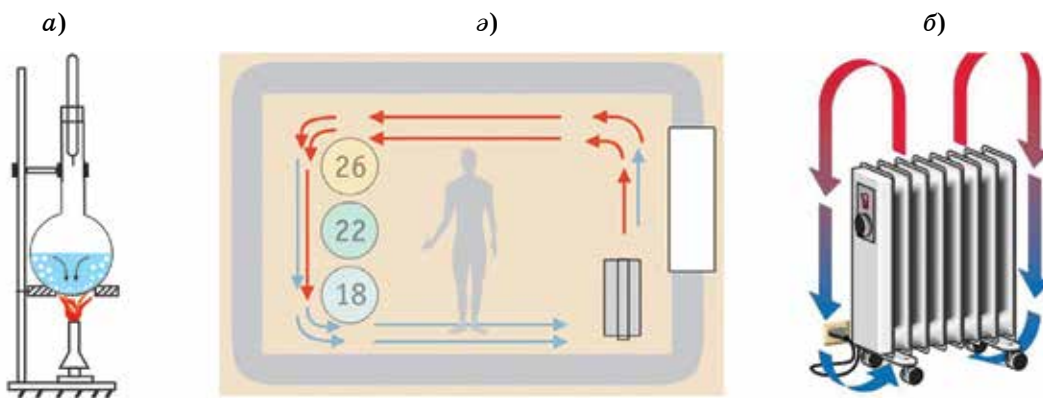
**3. Жылу алмасудың екінші түріне конвекция** жатады.

*Конвекция деп сұйықтар мен газ қабаттарының ағыны арқылы жылу энергиясының берілуін айтады.*

Энергияның ыстық ортадан салқын ортаға сұйықтар мен газ қабаттарының *ағыны* арқылы берілетінін тәжірибе жасап көз жеткізе аламыз. Колбадағы суды төменгі жағынан спиртовкамен қыздырсақ, оның ішінде әуелі *көпіршіктер*, одан кейін *иірімді ағыстар* пайда бола бастайды да, артынан судың барлық бөлігі бірдей қайнайды (сурет 1.9, а).

Конвекция құбылысының пайда болуын *Архимед заңы* негізінде және *денелердің жылулық ұлғаюлары* арқылы түсіндіре аламыз. Температура жоғарылағанда сұйықтың көлемі ұлғаяды да, қысымы төмендейді. Тығыздығы азайған сұйықтың қызған бөлігі Архимед күшінің әрекетінен жоғары көтеріледі де, тығыздығы жоғары сұйықтың салқын бөлігі төмен түседі.

Газдардағы конвекция (сурет 1.9, ә–б) сұйықтардағы конвекция құбылысына ұқсас. Сондықтан газдардағы конвекция құбылысы да Архимед заңы мен газ көлемінің жылулық ұлғаюы негізінде түсіндіріледі. Газдардағы конвекция табиғи түрде орындалуы үшін жылу көздерін үйдің еденіне жақын, ал желдеткіш қақпағын терезенің жоғарғы жағына орналастырады. Желдеткіш қақпағын ашқанда тығыздығы үлкен суық ауа төмен, үйдің еденіне қарай қозғалады да, бөлменің жоғарғы жағындағы тығыздығы кем жылы ауа сыртқа шығып, биіктей береді.



Сурет 1.9. Сұйықтағы және газдағы конвекция құбылысы

4. Атмосферада пайда болатын жел мен құйындар, алапат дауылдар мен тайфундар табиғи конвекцияның айқын көрінісі болып табылады. Атмосфералық конвекция құбылысында ыстық ауа массасы мен салқын ауа массаларының бір-біріне қарама-қарсы ағыны аса үлкен аумақты қамтиды. Ауа массасының осындай алапат құйынды ағындарын ғарыштан бақылап (сурет 1.10), олардың қозғалыс бағда-



Сурет 1.10. Тайфун



Сурет 1.11. Мұхиттардағы ағыстар

рын анықтау арқылы алдын ала қорғану шаралары ұйымдастырылады.

Атмосферадағы ауа ағысына ұқсас құбылыстар мұхит суларында да орын алады. Мұхиттарда аса үлкен аумақтарды қамтитын судың жылы ағындары мен суық ағындары көптеп кездеседі (сурет 1.11, жылы ағыстар *қызыл*, салқын ағыстар *қара* түспен боялған).

5. Жер атмосферасы мен мұхит суларында орын алатын табиғи конвекция құбылыстарының пайдасы да мол, зияны да жетерлік. Зиянды жағына мысалдар келтіруді оқушыларға қалдырып, пайдалы жағына екі-үш мысал келтіре кетейік.

**Біріншіден**, планетамыздың «өкпесі» саналатын Солтүстік жартышардағы Сібірдің қалың тайгасы мен Оңтүстік жартышардағы Амазонка алқабының ну ормандарында бөлініп шығатын *оттек* газы Жердің барлық торабына жеткізіледі. Ал оттектен тыныстау кезінде бөлініп шығатын және өнеркәсіп пен транспорт салаларында ауаға таралатын зиянды *көмірқышқыл* газы, керісінше, ну орман алқаптарына жеткізіліп, ағаш жапырақтарында жұтылады.

**Екіншіден**, Жер қойнауындағы органикалық отын қорлары оншақты жылдардан кейін таусылады; ал энергияның қайталамалы көзі – жел ешқашан да таусылмайды. Астанада «Болашақтың энергиясы» тақырыбы аясында өткізілген Халықаралық EXPO–2017 көрмесі дәлелдегендей, Қазақстан 2030 жылға қарай барлық өндіретін энергияның 20% -ын, 2050 жылға қарай 50% -ын қайталамалы энергия көздері есебінен өндіретін болады. Қазақстанда жасалған «жел картасы» көрсетіп отырғандай, елімізде жел энергиясын пайдалану мүмкіншілігі орасан зор. Жел байлығы жағынан әсіресе Астанаға таяу Ерейментау аймағы бірінші орында тұр. Желмайсымен желе жортып, осы аймаққа жеткенде Асанқайғы бабамыз: «Ерейменнің құты жерінде

а)



ә)



Сурет 1.12: а) Қордай жел, ә) Қапшағай күн электр стансылары

*емес, желінде»* деген екен. Қасиеті мол бабамыздың көрегендігіне тәнті боласың. Бұл өңірде де, басқа өңірлерде де салына бастаған жел және күн электр стансылары (сурет 1.12) ел игілігіне қызмет ететін болады.

*Үшіншіден*, мұхит суларындағы конвекциялық ағындар да (сурет 1.11) Жер климатына зор әсерін тигізеді. Мысалы, Атлант мұхитындағы Гольфстрим жылы ағынының орасан мол пайдасын көптеген елдер сезінеді.

6. Жылу алмасудың үшінші түріне *сәуле шығару* жатады. Жылу алмасудың жоғарыда қарастырған екі түрі – *жылуөткізгіштік* үшін де, *конвекция* үшін де молекулалар мен атомдардан тұратын заттық орта қажет. Ал *сәуле шығару* арқылы жылу берілу затсыз ортада да, яғни вакуумде де орындалады. Міне, осылайша, Күннен шыққан сәулелер ғарыш кеңістігіндегі терең вакуумге қарамастан, бойындағы жылулық энергияны алысқа жеткізіп бере алады. Мұндай ерекше сәулелерді *электрмагниттік толқындар* деп атайды. Электрмагниттік толқындардың физикалық мағынасы келесі сыныптарда ашылады.

*Сәуле шығару деп энергияның бір денеден екінші денеге электр-магниттік толқындар арқылы берілу процесін айтады.*

Электрмагниттік толқындар затты ортада да, затсыз ортада да тарай береді, әрі өзімен бірге энергияны да алысқа жеткізе алады. Міне, сондықтан Ғарыш кеңістігінде терең вакуумнан өтіп, 150 млн км алыстағы Күннен тараған сәуленің жылуын сезінеміз. Өр секунд сайын Жер ғаламат мол  $10^{14}$  кДж-ға жуық энергияны Күннен алады.



Күн сәулелері арқылы Жер бетіне жететін энергия да таусылмайтын қайталамалы энергия болып табылады. Қазақстан – Күн энергиясын өндіруге күш салып отырған алдыңғы елдердің бірі.



### Сұрақтар

1. Жылуөткізгіштік деп қандай процесті айтады? Заттың агрегаттық күйіне байланысты жылуөткізгіштік қалай өзгереді?
2. Жылуөткізгіштіктің өртүрлі болуы қалай түсіндіріледі?
3. Конвекция деп жылу алмасудың қандай түрін айтады және оны қандай физикалық заңға сүйеніп, түсіндіруге болады?
4. Табиғи конвекция құбылыстарының пайдасы мен зиянды жақтары қандай?
5. Сәуле шығару деп жылу алмасудың қандай түрін айтады?
6. Қайталамалы энергия көздеріне нелер жатады? Оларды пайдалануда Қазақстанның мүмкіншіліктері қандай?



### Жаттығу 1.3

1. Қатты шыныға қарағанда қатты алюминийдің жылуөткізгіштігі бірнеше жүздеген есе үлкен. Қатты алюминийге қарағанда балқыған алюминийдің жылуөткізгіштігінен 3 есе кем. Неге?
2. Қар мен мұз жамылған суқоймасында отқа қойылған шөйнектегі сияқты неге төменгі қабаттағы жылы су жоғары көтерілмейді?
3. Машина қозғалтқыштарын сумен салқындату жүйесінің жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер. Осы жүйедегі желдеткіштің рөлі қандай?
4. Ғарыш кемесінде салмақсыздық жағдайында шырағдан жана ма?
5. Өртсөндірушілердің каскаларын неге жылтыр металдардан жасайды?
6. Неге тоңазытқыш және мұздатқыш қондырғыларды ақпен бояйды?
7. Ашық ғарышта жұмыс жасайтын ғарышкерлердің скафандрларын ақ материалдардан жасап, бет әйнектерін не үшін күмістелген жартылай мөлдір қалқанмен қаптайды?



### Практикалық тапсырма

Май (балауыз) шамды немесе газ шілтері кейде бықсып түтеп жанады. Егер жалынның үстіне диаметрі жалын енінен үлкен шыны түтікті тік орналастырып ұстасақ, түтеу жойылады. Ал түтіктің төбесін жабатын болсақ, қайтадан түтей бастайды. Мұндай құбылыс желсіз тымырсық күні самаурынға от жағып су қайнатқанда да байқалады. Егер самаурынның мойнына мұржасын кигізетін болсақ, отын бықсып түтемей жанады; ал мұржаны алып тастасақ, бықсып түтей бастайды. Осы құбылысты зерттеп, себептерін түсіндіріңдер.

## §5.

ТАБИҒАТТАҒЫ ЖӘНЕ ТЕХНИКАДАҒЫ  
ЖЫЛУ АЛМАСУ

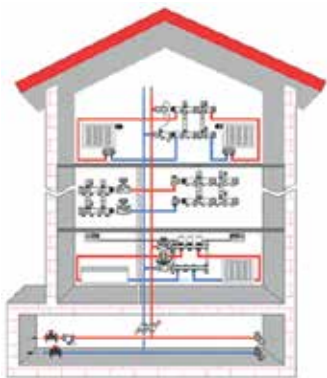
1. Біз жоғарыда жылу алмасудың үш түрін жеке-жеке қарастырдық. Көп жағдайда бұл үш түрлі физикалық құбылыс бір-біріне ілесе, қатарласа жүреді. Мысалы, үйді немесе жылыжайды (сурет 1.13) радиаторлармен жылытқанда жылу берілудің үш түрі де қатарынан орын алады. Расында да, металдан жасалған радиатор жылуды ішіндегі ыстық судан алғанда және өз жылуын ауаға бергенде жылу алмасудың *жылуөткізгіштік түрі* орын алады. Ал радиатордың төңірегіндегі жылыған ауа бөлменің барлық көлеміне *конвекция түрінде* тарайды. Сонымен бірге қызған ыстық су да, радиатор да көзге көрінбейтін *жылулық сәулелер* шығарады. Жылу алмасу процесіне бұл сәулелер де қатысып, өз жылуларын салқын ортаға береді.

2. Көпқабатты үйді (сурет 1.13, а) жылуэлектр орталықтарынан жылытқанда ыстық су жоғарғы қабатқа құбыр (суретте қызыл түс) арқылы көтеріледі де, төменгі қабаттардағы радиаторларға құлай ағып, жылуын береді. Салқындаған су (көк түс) жылу орталығының қазандығына құйылып, қайыра қыздырылады да, жоғарғы қабатқа көтеріледі.

Жылу энергиясын үнемдеп пайдалануға да үлкен мән беріледі. Өртүрлі өндірістік және тұрғын үй нысандарын салғанда берік материалдармен қатар, олардың сыртын жылуды нашар өткізетін кеуек заттармен (мысалы, ұлутастармен) немесе басқа да материалдармен қаптайды.

Терезеге салынған қос әйнекті қос рамалар да жылуды жақсы сақтайды. Пластикалық терезелердің қос әйнектерінің арасындағы ауаны шығарып, мұқият тұйықтағандықтан жылу жақсы сақталады. Өйткені

а)



ә)



Сурет 1.13: а) орталықтанған жылу жүйесі; ә) жылыжай





Сурет 1.14. Цунами



Сурет 1.15. Торнадо

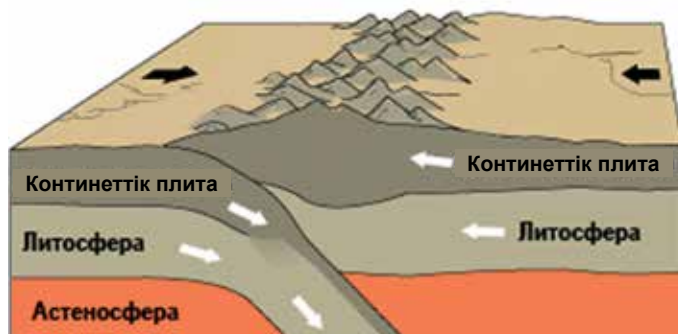
ауа сиреген сайын оның жылуөткізгіштігі азая береді. Ауасы жоқ кеңістік, яғни вакуум жылу алмастырмайтын тамаша орта болып табылады. Ауасын толық шығарып, терең вакуум жасау әдістері термос деп аталатын қос қабатты өртүрлі ыдыстар жасауда кең қолданылады.

3. Жылу алмасудың үш түрі де табиғатта кең орын алады. Оған Жер мен Күнді мысалға ала отырып көз жеткізуімізге болады. *Күн сәулесі* Жердің бетін, оны қоршаған мұхит сулары мен ауа қабатын экваторлық ендіктерге жақындаған сайын қаттырақ қыздырады. Сөйтіп, салқын алқаптар мен жылы өңірлердің арасында туындайтын жылу алмасулардың әсерінен атмосферада да, мұхиттар мен ішкі теңіз суларында да *конвекциялық құбылыстар* орын алады. Жер бетіндегі конвекциялық құбылыстар күрделі түрде өтеді. Оған Жердің өз өсінің төңірегінде айналуы, Ай мен Күннің және басқа да планеталардың тарту күштері, Жер бетіндегі ормандардың азаюы, жанартаулардың атқылауы, Жердің сілкінуі сияқты құбылыстар мол әсерін тигізеді. Осылайша, Жер бетіндегі конвекциялық құбылыстар мұхит суларында жылы және суық ағындар (сурет 1.11) немесе жойқын цунами (сурет 1.14) түрінде, ал атмосферада тайфун (сурет 1.10) немесе құйынды торнадо түрінде өтеді (сурет 1.15).

4. Жылу алмасу құбылыстары Жердің бетінде ғана емес, оның терең қойнауында да орын алады (сурет 1.16). Темір мен никельдің қоспасынан тұратын жер *ядросының* радиусы – 3500 км. Ядроның орталық бөлігі ауырлық күші салдарынан әбден тығыздалған қатты дене деп есептеледі, ал сыртқы бөлігі бірнеше мың градусқа жететін температураның әсерінен толық балқып, қоймалжың тұтқыр күйге ауысқан темір мен никельдің балқымасы болып табылады. Ядроны жалпы қалыңдығы 2900 км болатын жартылай балқыған *мантия*



Сурет 1.16. Жер жармасы



Сурет 1.17. Жер қыртысының жылжуы

және *литосфера* қабаттары қоршап тұрады. Литосфера қатты күйдегі тау жыныстары болып табылады. Оның ең жоғарғы қабатын орташа қалыңдығы 60–70 км болатын *жер қыртысы* құрайды. Жер ядросының өз ішіндегі жылу алмасу атомдар арасында *жылуөткізгіштік* түрінде және темір мен никель бойындағы *еркін электрондардың конвекциялық ағыны* түрінде жүзеге асады. Ядро мен мантия арасындағы жылу алмасу негізінен *жылуөткізгіштік*, ал мантия мен литосфера арасындағы жылу алмасу негізінен *конвекциялық ағын* түрінде өтеді.

Литосфера жартылай сұйық мантия бетінде «қалқып» жүрген бірнеше қабат плиталардан тұрады. Мантияның жекелеген бөліктерінің біркелкі қызбауы салдарынан олардың арасында температура айырымы пайда болып, конвекциялық ағындар орын алады. Міне, осы конвекциялық ағындар литосфера плиталарын да жылжытып қозғай алады. Литосфера плиталары бір-бірінен алшақтай да немесе бір-біріне қарама-қарсы қозғалады. Олар жылына орташа есеппен 2–3 см-ге жылжиды. Алшақтай қозғалғанда ойпаттар, қарама-қарсы қозғалғанда таулар түзіледі (сурет 1.17). Литосфера плиталарының бірнеше жүздеген миллион жылдар ішінде осындай жылжулары салдарынан біртұтас жер қыртысы бірнеше бөліктерге жыртыла айырылып, қазіргі құрлықтар (Америка, Африка, Еуразия, Австралия, Антарктида) мен мұхиттар (Атлант, Үнді, Тынық, Солтүстік Мұзды мұхиттары) пайда болды.

Температурасы мыңдаған градусқа жететін қоймалжың мантия бетіндегі литосфера плиталарының жылжуы – үздіксіз жүретін процесс. Соның салдарынан Жер сілкініп, жанартаулар атқылап, ондаған миллион жылдар ішінде таулар мен ойпаттар қайыра түзіліп, мұхит сулары да орындарын ауыстырып отырады. Мысалы, қазіргі

Қазақстанның көп жері бұрынғы мұхиттың түбі болған; мұхит жануарларының тасқа айналған қаңқаларын, акулалардың тістерін Қаратаудың қойнауларында, Маңғыстаудың Үстіртінде, Арқаның адырларында кездестіруге болады.



### Сұрақтар

1. Жылу берілудің қанша және қандай түрлері бар?
2. Көпқабатты ғимараттар мен жеке үйді жылыту жүйелерінің құрылымдарында айырмашылықтар бар ма? Мысалдармен түсіндіріңдер.
3. Өндіріс пен техникада жылу берілуге байланысты білім қандай қолданыс табады? Нақты мысалдар негізінде сипаттаңдар.
4. Жылу берілу түрлерінің табиғаттағы көріністері қандай?
5. Жер қойнауындағы жылу берілу түрлерінің көріністері қандай?



### Жаттығу 1.4

1. Мұз араласқан суды салқын күйінде термоста ұзақ сақтауға бола ма?
2. Жемістерді сақтайтын суық қойма салу керек болса, салқындатқыш элементті қойманың қай жеріне орналастырған тиімді?
3. Екі бірдей ыдысты бірдей мөлшерде сумен толтырып, біреуінің бетіне шыны, екіншісінің бетін ағаш қақпақпен жапқан. Ыдыстарды Күн сәулесі түсетін орынға орналастырса қай ыдыстағы су молырақ қызар еді?
4. Ауа райы суық өңірлерде тұрғын үйлерді салғанда жылу шығынын кемітетін амалдар қарастыру керек. Мұндай шығындар жылу берілудің (алмасудың) қандай түрлері арқылы орын тебеді?
5. Кейбір ғимараттар қыс айларында тез суып, ал жаз айларында тез ысып кетеді. Осының себебін анықтауды 8-сынып оқушыларына тапсырған болса, сендер қандай мәселелерге көңіл аударар едіңдер және қандай ұсыныстар жасар едіңдер?



## §6.

### ЖЫЛУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫНЫҢ ТІРІ АҒЗАЛАРДЫҢ ӨМІРЛЕРІНДЕГІ РӨЛІ

1. Жылу құбылыстарының тірі ағзалардың өміріндегі рөлі туралы сөз қозғағанда оларды Жер-ананың басынан кешкен тарихынан, бұрын-соңды орын алған жылулық құбылыстардан бөле-жара қарауға болмайды. Өйткені сан алуан өсімдік түрлері мен тіршілік иелерін, солардың ішінде саналы адамзат ұрпағын дүниеге әкеп, тербетіп өсірген аяулы бесігіміз «қасиетті қара Жер» болып табылады. Әлемнің бізге ең жақын әрі көбірек зерттелген бөлігі – Күн жүйесі. Күн жүйесіне енетін

8 планетаның ішінде өсімдіктер мен тірі ағзалар үшін қолайлы жағдай тек Жерде ғана жасалған. Ғаламның басқа түкпірлерінде тіршілік иелерінің бар-жоғы белгісіз, оларды анықтауға ғылыми талпыныстар жасалып жатыр. Сонымен, біз *Жер бетіндегі тірі ағзалар* туралы ғана нақтырақ ақпарат бере аламыз; Жердегі жылулық процестердің өзгеруіне қарай олардың *эволюциялық даму* тарихына көз жүгіртеміз.

2. Ғылымға өзірше белгілі Ғаламдағы бірден-бір тіршілік орны – Жер. Күн жүйесіндегі планеталардың ішінде тек Жерде ғана *әртүрлі факторлар* бір-бірімен таңғажайып үйлесімділік тауып, тіршіліктің дамуына жол ашты. Бір-бірімен керемет келісім тапқан мұндай факторларға *планетаның тиімді көлемі, оның тартылыс күші, өткір сәулелерден қорғайтын озондық қабаты, бетін жапқан мұхит сулары, оттек пен су буына қаныққан атмосфера қабаты* жатады.

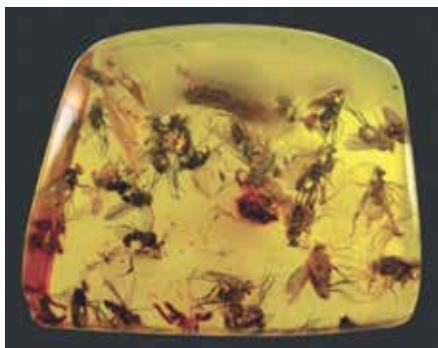
Барлық тірі ағзаларға су керек, Жердегі тіршілік судан бастау алады. Ал Жердің Күннен өте тиімді арақашықтықта орналасуы салдарынан оның беті мұхит суларымен, ауа қабаттарымен қоршалған. Су мен ауа тіршілік үшін аса қажетті орта болып табылады. Жаратушының Жерді Күн төңірегінде орналастыру шеберлігі сондай – егер Күнге сәл жақынырақ орналасқанда мұхит сулары буланып кетер еді. Сәл алысырақ орналасқанда Жердің беті мұз бен тоңның құрсауында мәңгі қалар еді. Күн жүйесінің басқа денелерінде кездесетін мұндай қатігез жағдайлар, тіршілік иелерінің бақытына қарай, Жер шарына тән емес.

Алайда Жер шарында тірі ағзаларға қолайлы мұндай жағдай бірден қалыптасқан жоқ. Жылулық процестердің өзгеруіне қарай Жер де, оның бетіндегі тіршілік иелері де күрделі *эволюциялық дамуды* бастарынан өткізді. Жылулық құбылыстардың өзгеруі тірі ағзалар мен өсімдік әлемінде зор рөл атқаратынын Жердің қалыптасу және даму тарихы айғақтайды.

3. Бұдан 4,6–5 млрд жылдай бұрын пайда болған Күннен 150 млн км қашықтықта орналасқан Жер әу баста температурасы жоғары балқыған шар болатын. Бірте-бірте оның беткі қабаты суынып, жеңілірек тау жыныстарынан тұратын жер қыртысын түзеді. Суыну барысында жер қойнауынан бөлініп шыққан газдар мен су буынан атмосфера қабаты пайда болды.

Жердің жасы жуық шамамен 4,6 млрд жыл деп есептеледі. Оның бетінде бұдан 3,8 млрд жыл бұрын пайда болған бактериялардың іздері Гренландияның тау жынысында кездеседі. Алайда тіршіліктің күрделі ағзаларын туғызуға миллиардтаған жылдар қажет болды. Тек беріде

а)



ә)



Сурет 1.18: а) тұтқыр смола – янтарь ішіндегі шіркейлер (40 млн жыл); ә) алып тираннозаврдың бас сүйегі (65 млн жыл бұрын)

ғана, яғни бұдан 550 млн жыл шамасында Жер бетінде өсімдіктер мен тіршілік иелерінің алуан түрлерінің пайда бола бастағанын олардың «тас кітаптарда» қалдырған белгілері айғақтайды (сурет 1.18).

Күрделі тірі ағзалардың көптеген түрлерін өмірге әкелген бұл кезеңді биологияда «кембриялық жарылыс» деп атайды. Геологияда бұл дәуір кембриялық дәуір деп аталады. Міне, осы дәуірде қазіргі тірі ағзалардың бастаулары болып табылатын барлық түрлері пайда болды. Алайда жануарлар дүниесі де, өсімдіктер дүниесі де содан бері бес алапат апаттарды бастан кешірді.

Бұдан 65,5 млн жыл бұрын орын алған апаттан кейін Жер бетінде қалыптасқан жылулық-климаттық өзгерістер тірі ағзалардың ең жоғары дамыған түрі саналы адамзат ұрпағын дүниеге келтірді. Осы кезеңде қартайып шөге бастаған кәрі таулардың (мысалы, Еуразиядағы Орал және Арқа тауларының сілемі) орнына жас таулардың (мысалы, Альпі, Кавказ және Гималай таулар сілемі) биіктеп көтеріле бастауы барлық өңірдің ауа райын үлкен өзгерістерге ұшыратты. Африканың оңтүстігі мен шығысындағы тропикалық ну орман шегініп, оның орнын шүйгін шөпті саванналар басты. Сөйтіп, ағаш басындағы жемістермен қоректенетін маймылдар да тамақ іздеп, ойдым-ойдым сиреген ағаштардан жерге түсуге мәжбүр болды. Бойын тіктеп, екі аяғымен жүруді үйреніп, жеміс-жидектерді көптеп жинауға екі қолын да босатып, еңбекпен тамақ табуға дағдылана бастаған дала маймылдары «*тамағы тоқ, жұмысы жоқ*» орман маймылдарынан ерекшеленіп, эволюция баспалдағымен тез дами бастайды. Біздің жыл санауымыздан бұрын 4 млн жыл шамасында Африка жазығында тік жүруді үйренген осындай маймылдарды





Сурет 1.19. Австралопитектер



Сурет 1.20. Мамонттар

*австралопитек* деп атайды (сурет 1.19). Осылайша, австралопитектердің эволюциялық дамуы барысында 2 млн жыл өткеннен кейін от жағу мен қару-жарақ жасауды үйренген ғылымда «неандерталь адамдары» деп аталатын жаңа популяция (ұрпақ) дүниеге келді.

4. Жылулық құбылыстардың өзгеруіне байланысты Жер бетінің көп бөлігін мұз басатын кезеңі де, ал кейін мұздардың да көп бөлігі еріп, қайта жылынатын кезеңі де тарихтан белгілі. Соңғы үлкен мұз басу кезеңі бұдан бұрын 120 000–10 000 жылдар аралықтарында болды. Бұл кезеңде қазіргі Сібір аймағының қар мен мұз басқан апайтөс кең жазығын жүндес келген піл тектес мамонттар жайлайтын (сурет 1.20).

Кейінгі 10 000 жылдықта, кіші мұзды периодты (1450–1850 жылдардағы Еуропаның солтүстік бөлігінің суынуын) есептемегенде, Жер шары жылыну кезеңін бастан кешіріп келеді. Осының салдарынан мұз алқаптары Жердің салқын оңтүстік және солтүстік полюстеріне дейін шегініп, экваторға жақын орталық белдеулерде орташа температурасы 20 градус болатын жылы аймақ қалыптасты.

Адамдардың қарекеті салдарынан әсіресе органикалық отындардың жануы барысында атмосферада да, су мен жер бетінде зиянды қоспалар мен улы заттар көбейе түсуде. Солардың бірі – атмосферадағы көмірқышқыл газы ( $\text{CO}_2$ ). Атмосферадағы көмірқышқыл газы жылыжайдың төбесі мен қабырғасын жапқан мөлдір жарғақтың рөлін атқарады. Көмірқышқыл газы да жарғақ сияқты жылу энергиясын жинақтай алады. Егер көмірқышқыл газының атмосферадағы мөлшері өсе беретін болса, онда бүкіл Жер шары жылыжайға ұқсап температурасын жоғарылата беретін болады. Жер тарихында өсімдіктер мен жанжануарлар әлемін орасан апаттарға әкелген осындай жылыжайлық эффект жанартаулардың мөлшерден тыс атқылаулары салдарынан орын

алған еді. Ендігі жерде адамзаттың көмірқышқыл газын мөлшерден тыс атмосфераға шығаруы салдарынан орын алайын деп отыр.

5. Планетамыздағы жылу құбылыстарының өзгеруіне байланысты туындайтын апаттардың қатері қазірдің өзінде Жер шарында байқала бастады. Оның басты себебі дамыған және дамушы елдердің атмосфераға көмірқышқыл газын аса көп мөлшерде таратуынан болып отыр. 2009 жылғы мәлімет бойынша Қазақстанның өндіріс ошақтарының ауаға таратқан ластағыш заттарының мөлшері 3,4 миллион тоннаны құраған. АҚШ көмірқышқыл газына шаққанда жыл сайын ауаға 7 миллиардтан астам тонна зиянды заттар шығарады. Ал бір ғана Пекиннің өзінде тек автомашиналардың жыл сайын шығаратын зиянды газдары жарты миллион тоннадан асып жығылады.

Ауаны ластаудағы еліміздің үлесі бір пайыздан аспаса да, Қазақстан 1990 жылғы деңгеймен салыстырғанда өз есебінен улы газдарды 15 пайызға, ал халықаралық көмек болған жағдайда 25 пайызға қысқартуды мақсат етіп отыр. Алға қойылған мақсаттардың ішінде жер бетін көгалдандыру, ормандарды қорғау, ағаштарды (олардың ішінде жеміс ағаштарын) көптеп отырғызу көзделген. Өйткені жасыл желектердің бәрі де көмірқышқыл газын жұтып, оттег шығаратын «планетаның өкпесі» болып табылады. Мысалы: 1 гектар тоғай ашық күні 120–280 кг көмірқышқыл газын жұтып, 180–200 кг оттег газын шығарады. Орташа бір ағаш 3 адамның демалуына қажетті оттекті өндіреді. 1 гектарға орналасқан қылқанжапырақты ағаштарда жыл сайын ауадағы 40 тонна шаң, ал жапырақты ағаштарда 100 тонна шаң тұтылады. Өкінішке қарай, қазіргі жағдай өзгеріссіз сақталатын болса, онда Жер бетіндегі жасыл желек 40 жылда жойылып кетеді екен. Міне, сондықтан, қымбатты оқушылар, Жер-ананың сүйікті табиғи келбетін сақтауға сендер де өмір бойы атсалысуларың керек.

Осы жолда Ұлы Дала елінің жасап жатқан ізгі қадамдары әр қазақстандықтардың бойында мақтаныш сезімін оятады. Сондай ізгі жұмыстардың бірі – еліміздің «Болашақтың энергиясы» тақырыбын таңдап алып, Халықаралық ЕХРО–2017 көрмесін Астанада аса жоғары деңгейде өткізуі еді. Бұл көрме Жер-ананы экологиялық апаттан сақтайтын ең ізгі мақсатқа қол жеткізуге, яғни көмірқышқыл газын ауаға шығармайтын энергияның балама көздерін табуға арналған. Экологиялық таза ондай көздерге соққан жел мен Күн сәулелерінен алынатын энергиялар жатады. Міне, осындай таусылмайтын қайталамалы энергия көздері есебінен елімізде өндірілетін энергияның үлесі 2050 жылға қарай қазіргі 0,4 пайыздан 50 пайызға дейін жеткізілетін болады. Қайталамалы энер-

гия көздерін пайдаланған жағдайда Қазақстан өнеркәсібінің жыл сайын ауаға тарататын көмірқышқыл газын 2,5 миллион тоннаға дейін азайтуға болады. Жоспарлаған межеге жету үшін елімізде жел электр стансылары (ЖЭС) мен күн электр стансыларын (КЭС) салу жұмыстары қарқынды жүргізіле бастады. Бірінші кезектегі қуаты 1 500 кВт болатын ең алғашқы ЖЭС Жамбыл облысының Қордай асуында 2011 жылы салынды (сурет 1.12, а). Қордай ЖЭС-іне 2014 жылы 9 жел генераторы қосылып, оның жалпы қуаты 9 МВт-қа жеткізілді. Оның үстіне қуаты 41 МВт болатын 2-Қордай ЖЭС-і де салынып, ток беруге дайын тұр. Сонымен қатар 2013 жылы қуаты 45 МВт болатын Ерейментау ЖЭС-нің алғашқы қазығы қағылып жұмыс істей бастады.

2013 жылы Алматы облысында қуаты 2 МВт болатын Қапшағай күн электр стансысы іске қосылды (сурет 1.12, ә). Бұл стансыда күн панельдерінің бетін көк аспанда қозғалған Күнге ілестіре бұрып отыратын технология қолданылды. Күннің сәулелік энергиясын электр энергиясына айналдыруда кремний элементі негізгі материал болып табылады. Қазақстан – бұл элементке де бай ел. Оны шығаратын зауыт Қарағандыда 2017 жылы іске қосылып, өнім бере бастады.

Күн және жел энергиялары стансыларын салуда жергілікті өнімдер мен материалдарға негізделіп шығарылған жабдықтарды пайдалану бірінші орында тұр. Солармен қатар отандық ғалымдардың өнертапқыштық әлеуетіне, шығармашылық күш-қуатына арқа сүйеу көзделеді. Бұл өз кезегінде терең білім мен біліктілікке сүйенген ғылыми-техникалық және технологиялық зерттеулерді талап етеді. Оған сенің де қосарың бар, жас жеткіншек!



### Сұрақтар



1. Тірі ағзалардың басқа планеталарда емес, Жер бетінде пайда болуын қалай түсіндіруге болады?
2. Тіршілік иелері Жер бетінде қашан және қалай пайда болды? Олардың дамуына жылулық құбылыстар қалай әсер етті?
3. Адамзат баласы дүниеге қалай келді? Дүниеге кейін келсе де не себепті адамның санасы басқа тіршілік иелеріне қарағанда айрықша дамыды?
4. Соңғы геологиялық кезеңде Жер бетіндегі жылулық құбылыстар қалай қалыптасты? Оған тірі ағзалар қалай бейімделді?
5. Соңғы мыңжылдықтарда Жер бетінде жылулық құбылыстар қалай өзгерді?
6. Қазіргі кезеңде «жылыжайлық эффект» не себептен туындап отыр? Өсімдіктер мен жануарлар әлеміне оның әсері қандай?





7. Ауаға шығарылатын зиянды заттарды азайту үшін халықаралық деңгейде қандай шаралар жасалды? Қазақстанда қандай жұмыстар атқарылып жатыр?



### Теориялық зерттеу

Оқулықтағы және басқа да ақпарат деректерін талдай отырып, төмендегі есептеулерді жүргізіңдер:

- Қазақстанның бір адамға тоннамен шаққандағы ауаға шығаратын көмірқышқыл газын есептеңдер;
- Қазақстанның, АҚШ пен Қытайдың бір жылда ауаға шығаратын көмірқышқыл газын залалсыздандыру үшін әр елдің өз аумақтарында қанша алқапқа ағаш егу керектігін анықтаңдар;
- теориялық есептеулер бойынша егілуге тиісті ағаш алқаптары осы елдердің территорияларының қандай бөлігін қамтыр еді?

## §7.

### ЖЫЛУ МӨЛШЕРІ. ЗАТТАРДЫҢ МЕНШІКТІ ЖЫЛУСЫЙЫМДЫЛЫҒЫ

1. Ішкі энергияны екі тәсілмен өзгертуге болатынын білеміз (§3). Олардың бірі –  $F$  күшін жұмсап, механикалық жұмыс ( $A = F \cdot s$ ) істеу арқылы ішкі энергияны  $\Delta U$  шамасына өзгерту ( $A = \Delta U$ ).

Ішкі энергияны өзгертудің екінші тәсілі – жылу алмасу болатын. Жылу алмасу процесінде берілетін немесе шығарылатын жылудың мөлшерін  $Q$  әрпімен белгілейік. Екінші тәсіл бойынша да затқа  $Q$  жылуын берсек, немесе одан осындай жылу мөлшерін алсақ, оның ішкі энергиясы  $\Delta U$  шамасына өзгереді ( $Q = \Delta U$ ).

Сонымен, жұмыс та, жылу мөлшері де ішкі энергия өзгерісінің өлшемдері болып табылады. Ендеше, Халықаралық бірліктер жүйесінде жұмыс қандай бірлікпен өлшенсе, жылу мөлшері де сондай бірлікпен, яғни джоульмен өлшенеді.

2. Затқа берілетін немесе одан алынатын жылудың мөлшері қандай физикалық шамаларға тәуелді болатынын анықтайық.

Біріншіден, эксперименттік зерттеулер де, күнделікті өмірлік тәжірибелер де затқа берілетін немесе одан алынатын  $Q$  жылудың мөлшері сол заттың  $\Delta t$  температура өзгерісіне ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ) тәуелді өзгеретінін көрсетеді:  $Q \sim \Delta t$ .

Расында да, зат құрамындағы молекулалардың орташа жылдамдығы өзгерсе, оның температурасы да өзгеретінін білеміз. Ендеше, зат құрамындағы бөлшектерінің кинетикалық және потенциалдық энергиялары, яғни заттың ішкі энергиясы температураға тәуелді өзгереді.

**Екіншіден**, бір литр суға қарағанда бес литр суды қайнатуға көп жылу шығындалады. Олай болса, затқа берілетін немесе одан алынатын  $Q$  жылудың мөлшері сол заттың  $m$  массасына да тәуелді өзгереді:  $Q \sim m$ .

**Үшіншіден**, затқа берілетін немесе одан алынатын  $Q$  жылудың мөлшері сол заттың  $t$  тегіне байланысты өзгереді. Мысалы, массалары тең мыс және қорғасын сымдарын бірдей температураға дейін қыздырғанда немесе суытқанда олар әртүрлі мөлшерде жылу қабылдайтынын немесе бөліп шығаратынын тәжірибелер дәлелдейді. Мыс пен қорғасынның  $m$  массалары мен  $t$  температураларының бірдей болуына қарамастан, олар жылуды әртүрлі мөлшерде жұтып та, шығарып та отыр. Ендеше, затқа берілетін немесе одан алынатын  $Q$  жылудың мөлшері сол заттың  $t$  тегіне де байланысты өзгереді деген қорытындыға келеміз. Заттың тегін сипаттайтын физикалық шаманы « $c$ » әрпімен белгілеп, *меншікті жылу сыйымдылық* деп атау келісілген. Олай болса, жылу мөлшерінің заттың тегіне байланысын төмендегіше өрнектей аламыз:  $Q \sim c$ .

Эксперимент нәтижелеріне сүйеніп, мынадай қорытындыға келеміз: **затқа берілетін немесе одан алынатын жылудың мөлшері сол заттың температура өзгерісіне, массасына және жылу сыйымдылығына тура пропорционал:**

$$Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1),$$

мұндағы:  $Q$  – жылудың мөлшері;  $c$  – заттың тегіне байланысты анықталатын шама, оны заттың меншікті жылу сыйымдылығы деп атайды;  $m$  – заттың массасы;  $t_1$  – заттың бастапқы,  $t_2$  – соңғы температуралары.

3. Жоғарыда айтқанымыздай,  $A = \Delta U$  және  $Q = \Delta U$  өрнектері үш физикалық шаманың: жұмыстың да, энергияның да, жылу мөлшерінің де өлшем бірліктерінің бірдей болатындығын көрсетеді. Сондықтан Халықаралық бірліктер жүйесінде жылу мөлшері *джоульмен (Дж)* өлшенеді.

Жылу мөлшерлері үлкен шама болған жағдайда джоульдің еселік бірліктері *килоджоуль (кДж)*, *мегаджоуль (МДж)*, *гигаджоуль (ГДж)* қолданылады:

$$1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж}; 1 \text{ МДж} = 10^6 \text{ Дж}; 1 \text{ ГДж} = 10^9 \text{ Дж}.$$

4.  $Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1)$  формуласынан заттың тегін сипаттайтын  $c$  меншікті жылу сыйымдылығын табайық:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t} = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}.$$

Бұл формула заттың меншікті жылусыйымдылығының физикалық мағынасын ашады. Заттың массасын бір өлшемге тең ( $m = 1$  кг), температура өзгерісі де бір градусқа тең ( $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ) деп алсақ, жоғарыдағы формула мына түрге келеді:  $c = Q/1 \text{ кг} \cdot 1^\circ\text{C}$ . Олай болса, **меншікті жылусыйымдылық** деп массасы 1 кг заттың температурасын 1 градусқа өзгертуге шығындалған жылу мөлшерін айтады.

5. Халықаралық бірліктер жүйесінде меншікті жылусыйымдылық Дж/(кг · °C) бірлігімен өлшенеді, сондай-ақ кДж/(кг · °C) =  $10^3$  Дж/(кг · °C) бірлігін де пайдаланады. Мысалы, алюминийдің меншікті жылусыйымдылығы  $c = 920$  Дж/(кг · °C). Бұл шама 1 кг алюминийдің температурасын 1 градусқа көтеруге шығындалатын жылудың мөлшері 960 джоуль болатынын білдіреді. Немесе оның температурасы 1 градусқа төмендегенде одан бөлініп шығатын жылудың мөлшері де 960 джоульге тең екенін көрсетеді. Қорғасынның меншікті жылусыйымдылығы алюминийге қарағанда 7 есеге жуық кем ( $c = 140$  Дж/(кг · °C), ал бірдей көлемдегі массасы 4,5 есеге көп.

Табиғи судың меншікті жылусыйымдылығы ең үлкен шама болып табылады ( $c = 4200$  Дж/(кг · °C)). Судың бұл тамаша қасиеті жылу жүйелерінде ғимараттарды жылыту үшін, машиналардың іштен жанатын қозғалтқыштарын суыту үшін қолданылады.

Заттардың әртүрлі агрегаттық күйлерінің меншікті жылусыйымдылықтары да әртүрлі болады. Мысалы: судың меншікті жылусыйымдылығы 4200 Дж/(кг · °C), мұздың меншікті жылусыйымдылығы – 2100 Дж/(кг · °C); алюминийдің қатты күйдегі меншікті жылусыйымдылығы 920 Дж/(кг · °C), сұйық күйдегісі – 1080 Дж/(кг · °C).

### Есеп шығару мысалдары

**1-есеп.** Массасы 1,5 кг алюминий ыдысқа массасы 10 кг су құйылған. Судың температурасын 20-дан 100°C-ге дейін көтеру үшін жүйеге қанша жылу беру керек? Жүйе басқа ортамен жылу алмаспайды деп есептеңдер.

Берілгені	ХБЖ	Есеп мазмұнын теориялық талдау
$m_1 = 1,5 \text{ кг}$ $m_2 = 10 \text{ кг}$ $t_1 = 20^\circ\text{C}$ $t_2 = 100^\circ\text{C}$ $c_1 = 920 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$		Тұйық жүйені 1) ыдыс және 2) су құрайды. Алюминий ыдыс пен судың бастапқы және соңғы температуралары бірдей.

$c_2 = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	<p>Ыдыстың алған жылуы:</p> $Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1).$ <p>Судың алған жылуы:</p> $Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1).$ <p>Жүйенің алған жылуы:</p> $Q = Q_1 + Q_2.$
$Q - ?$	

*Шешуі:*

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1) = 920 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 1,5 \text{ кг} \cdot 80^\circ\text{C} = 110\,400 \text{ Дж} \approx 110 \text{ кДж}.$$

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1) = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 10 \text{ кг} \cdot 80^\circ\text{C} = 3\,360\,000 \text{ Дж} \approx 3360 \text{ кДж}.$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 110 \text{ кДж} + 3360 \text{ кДж} \approx 3470 \text{ кДж}.$$

*Жауабы:*  $Q \approx 3470 \text{ кДж}.$

**2-есеп.** Массасы 200 г мыс ыдыста температурасы  $15^\circ\text{C}$ , көлемі 0,5 л су бар. Суға температурасы  $100^\circ\text{C}$  болатын массасы 600 г мыс кесегін батырған. Судың температурасы қандай шамаға жетті? Жүйе басқа ортамен жылу алмаспайды деп есептеңдер.

Берілгені	ХБЖ	Есеп мазмұнын теориялық талдау
$m_1 = 200 \text{ г}$ $m_2 = 600 \text{ г}$ $V_3 = 0,5 \text{ л}$ $t_1 = t_3 = 15^\circ\text{C}$ $t_2 = 100^\circ\text{C}$ $c_1 = c_2 = 0,38 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ $c_3 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ <hr/> $t - ?$	$m_1 = 0,2 \text{ кг}$ $m_2 = 0,6 \text{ кг}$ $V_3 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $\rho_3 = 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$ $m_3 = \rho_3 \cdot V_3 = 0,5 \text{ кг}$	<p>Судың массасы: <math>m_3 = \rho_3 \cdot V_3.</math></p> <p>Тұйық жүйені 1) мыс ыдыс, 2) мыс кесегі және 3) су құрайды. Ыдыс пен судың бастапқы температуралары бірдей (<math>t_1 = t_3</math>).</p> <p>Мыс кесегін суға батырғанда жүйедегі барлық заттар бірдей <math>t</math> температурасын қабылдайды.</p> <p>Ыдыстың алатын жылуы:</p> $Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1).$ <p>Судың алатын жылуы:</p> $Q_3 = c_3 m_3 (t - t_3).$ <p>Мыс кесегінің беретін жылуы:</p> $Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t).$ <p>Жылу балансы: <math>Q_2 = Q_1 + Q_3.</math></p>

*Шешуі:*  $Q_2 = Q_1 + Q_3.$  Теңдеудің оң және сол жағындағы шамалардың мәндері ХБ жүйесінде анықталғандықтан, олардың сан мәндерін ғана

көрсетіп, мыс кесегінің берген жылуын және ыдыс пен судың алған жылуларын анықтаймыз:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t) = 0,38 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot (100 - t) = 22\,800 - 228t.$$

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1) = 0,38 \cdot 10^3 \cdot 0,2 (t - 15) = 76t - 1140.$$

$$Q_3 = c_3 m_3 (t - t_3) = c_3 m_3 (t - t_1) = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,5 (t - 15) = 2090t - 31\,350.$$

Анықталған жылу мәндерін жылу балансының теңдеуіне ( $Q_2 = Q_1 + Q_3$ ) қоямыз да, белгісіз  $t$  температураны табамыз.

$$22\,800 - 228t = 76t - 1140 + 2090t - 31\,350;$$

$$55\,290 = 2394t; \quad t = 23^\circ\text{C}.$$

*Жауабы:  $t = 23^\circ\text{C}$ .*



#### Ғылым мен техниканың даму тарихынан

Жылу мөлшерінің *калория (кал)* және *килокалория (ккал)* деген өлшемдері бөлшектердің қозғалыс энергиялары туралы молекулалық-кинетикалық теория қалыптаспай тұрғанда енгізілген болатын.

**Калория деп 1 г судың температурасын  $1^\circ\text{C}$ -ге көтеруге кететін жылу-дың мөлшерін айтады.**

Жылу мөлшерінің *калориямен* анықталатын тарихи өлшемі практикалық жағдайлар үшін әлі күнге дейін қолданыс тауып келеді. Жылу мөлшерінің қазіргі Халықаралық бірлігі – *Джоуль* мен оның ертеде қабылданған бірлігі – *калория* арасындағы байланыс төмендегі қатыс түрінде беріледі:

$$1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж} = 4,2 \text{ Дж}; \quad 1 \text{ ккал} = 4200 \text{ Дж} = 4,2 \text{ кДж}.$$



#### Сұрақтар

1. Ішкі энергия тұрғысынан алғанда жұмыс және жылу мөлшері ұғымдарына қандай анықтамалар беруге болады?
2. Затқа берілетін немесе одан алынатын жылудың мөлшері қандай физикалық шамаларға тәуелді өзгереді?
3. Жылу мөлшері қандай формуламен анықталады, қалай оқылады? Жылу мөлшері қандай бірліктермен өлшенеді?
4. Меншікті жылусыйымдылық деп қандай шаманы айтады? Немен өлшенеді? Меншікті жылусыйымдылықтың физикалық мағынасын қалай ашуға болады?
5. Заттың жылусыйымдылығы оның қандай күйінде үлкен шамаға жетеді? Заттың әртүрлі агрегаттық күйінде жылусыйымдылығының әртүрлі болатынын қалай түсіндіруге болады?





## Жаттығу 1.5

1. 18°C градустағы 1 л суды 100°C градусқа дейін қыздыру үшін қанша жылу мөлшерін беру керек?
2. Көлемі  $3 \times 6 \times 2,8$  (м<sup>3</sup>) болатын бөлмедегі қалыпты атмосфералық қысымда тұрған ауаның температурасын 5°C-ден 25°C-ге дейін қыздырғанда қанша жылу мөлшері шығындалады? Мұндай жағдайда ауаның тығыздығы 1,25 кг/м<sup>3</sup>, меншікті жылусыйымдылығы 1 кДж/(кг · °C) шамаларына тең.
3. Көлемі 8 л термоста температурасы 20°C болатын 5 л су бар. Оған температурасы 90°C суды толтыра құйды. Термостағы судың соңғы температурасы қандай?
4. Массасы 200 г алюминий ыдыста температурасы 20°C болатын 600 г керосин бар. Керосинге температурасы 100°C 500 г темір кесегін батырады. Жүйенің ақырғы температурасы қандай? (Жүйе сыртқы ортамен жылу алмаспайды деп есептеңдер).
5. Температурасы 20°C, көлемі 39 л суды температурасы 60°C болатын 20 л сумен араластырған. Қоспаның температурасы қандай болады?
6. Температурасы 70°C, көлемі 20 л суға температурасы –20°C, массасы 20 кг мұз салған. Мұз ери ме? Толық ерімесе, қандай бөлігі еріген?
7. Массасы 120 г күміс кесегі 66°C-дан 16°C-ге дейін салқындағанда 1,5 кДж жылу бөліп шығарса, оның меншікті жылусыйымдылығы қандай болған?

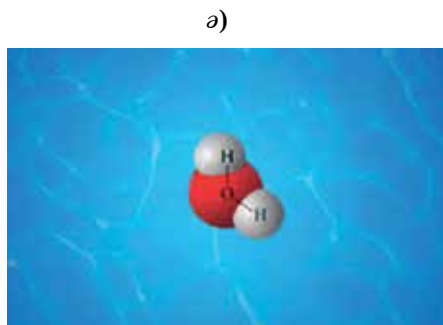
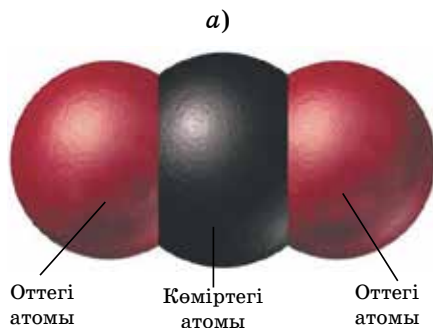
## §8.

## ОТЫННЫҢ ЭНЕРГИЯСЫ. ОТЫННЫҢ МЕНШІКТІ ЖАНУ ЖЫЛУЫ

1. Осы уақытқа дейін әлемде өндіріліп келген энергияның 70–80 пайызы органикалық отындарды жағу арқылы алынады. Мысалы, Қазақстанда өндірілетін энергияның 70 пайызы тек жағылған көмірдің үлесіне тиеді. Отын жанғанда кем дегенде екі элементтің арасында химиялық реакция жүзеге асады. Мысалы, отынның бойындағы *көміртек* атомдары ауадағы *оттек* атомдарымен бірігіп, көмірқышқыл газының молекуласын (CO<sub>2</sub>) түзеді (сурет 1.21, а). Оттек қатысатын осындай реакцияларда отынның ішкі энергиясы есебінен жылу бөлініп шығады. Сол сияқты *сутек* газының атомдары мен *оттек* газының атомдары арасында жүретін химиялық реакция кезінде де жылу және оған қоса таза су (H<sub>2</sub>O) бөлініп шығады (сурет 1.21, ә).

2. Жер қойнауларынан өндірілетін табиғи отындарды органикалық отындар деп атайды. Өйткені олар бұдан ондаған, жүздеген миллион





Сурет 1.21: а) көмірқышқыл газы ( $\text{CO}_2$ ) мен ә) су ( $\text{H}_2\text{O}$ ) молекулалары

жылдар бұрын планетамызда жайқалып өскен ну ормандар, алып жануарлар мен есепсіз көп жәндіктердің жер астында жатып піруі негізінде пайда болған. Олар жер астында жатқан жылдарына қарай, әрі үлкен температура мен батпан қысымның әртүрлі әрекеті салдарынан *көмір* немесе *шымтезек*, *мұнай* немесе *газ* түріндегі органикалық отынға айналған. Органикалық отындардың ішкі энергиясының түпкі көзі *Күннен тараған сәулелік энергия* болып табылады.

3. Әртүрлі отынның ішкі энергиясы да әртүрлі болып келеді. Отын жанғанда жылу алмасу арқылы екінші денеге *жылу беріледі* немесе *жұмыс жасалады*. Міне, осы екі процесс арқылы 1 кг отын толық жанғанда одан бөлініп шығатын жылудың мөлшерін тәжірибе жүзінде анықтауға болады.

**Отынның меншікті жану жылуы деп 1 кг отын толық жанғанда одан бөлініп шығатын жылудың мөлшерін айтады.**

Екінші сөзбен айтқанда, *отын толық жанғанда бөлініп шыққан жылудың бір өлшем массаға келетін мөлшері отынның меншікті жану жылуы деп аталады*. Оны  $q$  әрпімен белгілейді:

$$q = \frac{Q}{m},$$

мұндағы:  $q$  – отынның меншікті жану жылуы,  $Q$  – бөлініп шыққан жылу мөлшері,  $m$  – жанған отынның массасы.

Отынның меншікті жану жылуы Дж/кг бірлігімен өлшенеді. Мысалы: *таскөмірдің* меншікті жану жылуы  $3,7 \cdot 10^7$  Дж/кг, *мұнайдікі* –  $4,4 \cdot 10^7$  Дж/кг, *бензиндікі* –  $4,6 \cdot 10^7$  Дж/кг, *сутектікі* –  $12,0 \cdot 10^7$  Дж/кг. Отынның кейбір түрлерінің меншікті жану жылуы оқулық соңындағы қосымшада берілді (кесте 2).

**Отын толық жанғанда бөлініп шығатын  $Q$  жылу мөлшері оның  $m$  массасы мен  $q$  меншікті жану жылуына тура пропорционал:**

$$Q = q \cdot m.$$



### Сұрақтар



1. Отын жанғанда бөлініп шығатын энергияны қалай түсіндіруге болады?
2. Органикалық отындарға қандай отындар жатады? Олар қалай пайда болған? Сутек органикалық отынға жата ма? Олардың ішкі энергияларының түпкі көздері не?
3. Отынның меншікті жану жылуы деп қандай шаманы айтады? Ол немен өлшенеді?
4. Отынның жылу мөлшері қандай формуламен анықталады? Қай отын жылуды көп мөлшерде бере алады?
5. Оттек отынға жата ма? Оның рөлі қандай?



### Жаттығу 1.6

1. 200 г спирт және 15 кг ағаш көмірі жанғанда әрқайсысынан қанша жылу бөлініп шығады?
2. Массасы 2,5 т мұнай және көлемі 2 л, тығыздығы 800 кг/м<sup>3</sup> керосин жанғанда әрқайсысынан қанша жылу бөлініп шығады?
3. Құрғақ ағашты жаққанда 50 000 кДж энергия бөлінеді. Жанған отынның массасы қанша?
4. 10 т шойынды ПӘК-і 25% болатын пеште 100°C-ден 1160°C-ге дейін қыздыруға жұмсалған кокстың массасы қанша?
5. Машина 70 л бензин жұмсап, 72 км/сағ орташа жылдамдықпен 300 км жол жүрді. Егер машинаның ПӘК-і 25% болса, осы жолдағы оның орташа қуаты қандай болды?

### №1 зертханалық жұмыс

#### Температуралары әртүрлі суды араластырғандағы жылу мөлшерлерін салыстыру

**Жұмыстың мақсаты:** температуралары әртүрлі суды араластырғандағы энергияның сақталу заңын тексеру.

**Жабдықтар:** мензурка, термометр, зертханалық калориметр немесе термос, ыстық суы бар шөйнек (бүкіл сынып үшін), тостаған.

**Жұмыс барысы:** 1. Тостағанға белгілі көлемде суық су құйып,  $t_1$  температурасын өлшеңдер.

2. Калориметрге ыстық су құйып,  $t_2$  температурасын өлшеңдер.

3. Калориметрге тостағандағы суды құйыңдар да, қоспаның  $t$  температурасын өлшеңдер.

4. Қоспаның көлемін өлшеп, ыстық судың көлемін есептеңдер.
5. Ыстық судың суық суға берген жылу мөлшерін формула бойынша анықтаңдар.
6. Суық судың ыстық судан алған жылу мөлшерін формула бойынша анықтаңдар.
7. Өлшеулер мен есептеулердің нәтижелерін кестеге жазыңдар:

Ыстық судың массасы ( $m$ , кг)	Суық судың температура- турасы ( $t_1$ , °C)	Қоспа- ның температура- турасы ( $t$ , °C)	Ыстық судың берген жылу мөлшері ( $Q_1$ , Дж)	Суық судың массасы ( $m_1$ , кг)	Ыстық судың температура- турасы ( $t_2$ , °C)	Суық судың алған жылу мөлшері ( $Q_2$ , Дж)

8. Ыстық судың берген, суық судың алған жылу мөлшерлерін салыстырыңдар да, қорытынды жасаңдар.
9. Эксперименттегі салыстырмалы қатені мына қатынас бойынша есептеңдер:  
 $\varepsilon = (Q_2 - Q_1) / Q_2$ .
10. Эксперимент зерттеулерін қорытындылау.

## §9.

### ЖЫЛУ ПРОЦЕСТЕРІНДЕГІ ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЖӘНЕ АЙНАЛУ ЗАҢЫ

1. 7-сынып физикасында механикалық энергияның сақталу заңын былайша тұжырымдаған едік: *сыртқы ортамен байланыспайтын тұйықталған денелер жүйесінде механикалық энергия өзгермей сақталады, тек бір түрден екінші түрге айнала алады:*

$$E_m = E_k + E_n = const.$$

Бұған қоса тұйық жүйеде денелердің кинетикалық және потенциалдық энергиялары бір-біріне түрленіп,  $\Delta E_m = \Delta E_k + \Delta E_n$  шамасына өзгере алатындығы көрсетілген болатын. Сонымен қатар *энергия өзгерісінің өлшемін жұмыс* деп атаған болатынбыз. Мұндай анықтаманың физикалық мағынасы мынаған саяды:

$\Delta E_m$  *механикалық энергия өзгерісі есебінен А жұмысы жасалады; керісінше, атқарылған А жұмысы есебінен механикалық энергия  $\Delta E_m$  шамасына өзгереді:*

$$A = \Delta E_m; A = \Delta E_k; A = \Delta E_n.$$

Жұмыс пен энергия өзгерістері арасындағы осындай тепе-теңдік байланыс *эквивалентті байланыс* деп аталады.

2. Нақты жағдайда сыртқы ортамен әрекеттеспейтін тұйықталған денелер жүйесін жасай алмаймыз. Оның үстіне тұйық жүйедегі денелер арасында әртүрлі үйкеліс күштері әрекет етеді де, олардың температуралары жоғарылай бастайды. Мұндай жағдайда механикалық энергияның сақталу заңы орындалмайды:

$$E_m = E_k + E_n \neq const.$$

3. Механикалық энергияның сақталмауы оның түгел жоғалып кеткенін білдірмейді. «Сонда ол қайда кетеді?» деген сұрақ туындайды. Бұл сұрақтың дұрыс жауабын табу үшін қозғалыс түрлерін ажырата білуіміз керек.

Физикада қозғалыстарды *макроскопиялық денелердің механикалық қозғалысы* және *микроскопиялық бөлшектердің жылулық қозғалысы* деп екі түрге бөледі. Заттардың микроскопиялық бөлшектерінің үздіксіз бейберекет қозғалысын *жылулық қозғалыс* деп атағанбыз. Жылулық қозғалысқа қатысатын бөлшектер де механикалық қозғалысқа қатысатын денелер сияқты, кинетикалық және потенциалдық энергияларды иеленеді. *Заттардың микроскопиялық бөлшектерінің кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысын дененің ішкі энергиясы деп атап,  $U$  әрпімен белгілегенбіз:*

$$U = E_k + E_n.$$

Механикалық қозғалыс кезінде үйкеліс күштері салдарынан денелердің жылдамдықтары азайып, температураларының жоғарылайтыны белгілі. Демек, олардың механикалық энергиялары да кемиді. Есесіне денелердің температурасы жоғарылайды. Ал температураның жоғарылауы дененің құрамындағы бөлшектердің жылдамдығын арттырып, оның ішкі энергиясын өсіреді. Ендеше, макроскопиялық денелердің механикалық энергиясы мүлдем жоғалып кетпейді, энергияның басқа түріне – микроскопиялық бөлшектердің ішкі энергиясына түрленеді.

4. Физикада табиғат құбылыстарын қарастырғанда *механикалық энергия* (белгіленуі  $E_m$ ) және *ішкі энергия* (белгіленуі  $U$ ) ұғымдарымен қатар, *толық энергия* (белгіленуі  $E$ ) деген ұғым енгізіледі. Құбылыстарды тек механикалық көзқарас тұрғысынан сипаттайтын болсақ, көптеген қайшылықтарға душар боламыз. Солардың бірі – жылулық процестерді ескермеген жағдайда механикалық энергияның

сақталмай «жойылуы». Мұндай көзқарас *әлемнің механикалық көрінісінің* шектеулі екендігін көрсетеді. Физиканың дамуы барысында механикалық құбылыстарға қоса жылулық құбылыстарды да қарастыратын *әлемнің молекулалық-термодинамикалық көрінісі* қалыптасты. Бұл көзқарас бойынша табиғаттың әмбебап іргелі заңдарының бірі энергияның сақталу заңы былайша тұжырымдалады:

***Сыртқы ортамен жылу алмаспайтын тұйық жүйеде денелердің толық энергиясы сақталады.***

Бұл заңды басқаша былай айтады: ***Сыртқы ортамен жылу алмаспайтын тұйық жүйеде денелердің толық энергиясы механикалық энергия мен ішкі энергияның қосындысынан тұрады және бұл қосынды сақталады:***

$$E = E_{\text{м}} + U = \text{const.}$$

5. Денелер жүйесінің толық энергиясы қандай жағдайда сақталатынын көрсетейік. Біз жоғарыда (§8) ішкі энергияны өзгертудің екі тәсіліне тоқталған едік. Олардың бірі – *жұмыс* жасау, екіншісі – *жылу алмасу* болатын. Энергияны өзгертудің мұндай қасиеттері толық энергияға да тарайды. Сөйтіп, тұйық жүйедегі денелердің толық энергиясы сақталуы үшін екі шарт орындалуы қажет: ***біріншіден, сыртқы күштердің жұмысы нөлге теңелуі керек*** ( $A_{\text{сырт}} = 0$ ), ***яғни жүйе толығымен тұйықталуға тиіс; екіншіден, қарастырылып отырған жүйе өзін қоршаған ортамен жылу алмаспауы қажет*** ( $Q_{\text{сырт}} = 0$ ).

Энергияның сақталу және айналу заңы табиғаттың әмбебап іргелі заңы болып табылады. Бұл заң жалпы түрде былайша тұжырымдалады:

***Табиғатта орын алатын барлық құбылыстарда энергия жойылмай сақталады және бір түрден екінші түрге айнала алады.***



### Сұрақтар

1. Механикалық энергияның сақталу заңы қалай тұжырымдалады? Механикалық энергия өзгерісі мен жұмыстың арасындағы байланыстың физикалық мағынасын қалай ашуға болады?
2. Нақты жағдайда денелер жүйесінің механикалық энергиясы сақтала ма? Түсіндіріңдер.
3. Нақты жағдайда денелер жүйесінің механикалық энергиясының сақталмайтындығын қалай түсіндіреміз? Ол мүлдем жоғалып кете ме?
4. Табиғаттың әмбебап іргелі заңы – энергияның сақталу заңы қалай тұжырымдалады?
5. Денелер жүйесінің толық энергиясы қандай жағдайларда сақталады?





### Эксперименттік зерттеу

20 немесе 50 теңгелік металл ақшаны ағаш тақтайша бетіне жанастыра қаттырақ қысып, оны саусақтарың жылуды сезінгенше бірдей аралықта әрі-бері ысқылаңдар. Ысқылау уақытында монетаның қандай жол жүргенін анықтаңдар. Тәжірибені қайталай отырып, металды қатты қыспай тағы да сондай жол жүретін аралықта ысқылаңдар.

*Үйкеліс күші, жұмыс, энергияның сақталу және айналу заңы* туралы білімдеріңді пайдалана отырып, екі тәжірибенің нәтижелерін түсіндіріңдер.

«Ағаш тақтайшаның орнына көлемі дәл сондай металл тақтайша алып, тәжірибелерді қайталап жасаса не болар еді?» деген сұраққа жазбаша жауап қайтарыңдар.



### Теориялық зерттеу

**Зерттеу проблемасы.** Сутек отыны оттеппен қосылып жанғанда органикалық отындарға қарағанда жылулық энергиясын 3–4 есе артық бөліп шығарады. Оның үстіне органикалық отындар жанғанда зияны мол көмірқышқыл газы пайда болады, ал сутек жанғанда тап-таза мөлдір су бөлінеді. «Үлкен жарылыста» Ғалам пайда болғанда оның құрамындағы элементтердің 99 пайызын сутек құрады. Күннің де, сансыз мол басқа жұлдыздардың да энергиялық көзі сутек болып табылады. Алайда Жер бетінде сутекті отын ретінде жылу жүйелері мен іштен жанатын қозғалтқыштарда пайдалану кең өріс алмай отыр.

**Зерттеу жобасының тақырыбы.** Сутек отынын өндірудің ғылыми негіздері және технологиялары: қиындықтары және келешегі.



### Бірінші тараудағы ең маңызды түйіндер

**1. Жылулық қозғалыс** – молекулалардың бейберекет ретсіз қозғалысы.

**2. Диффузия** – бір зат бөлшектерінің екінші заттың бөлшектерінің араларына өтіп, бір-бірімен өзара араласуы.

**3. Температура** – заттың жылулық күйін сипаттайтын физикалық шама.

**4. Цельсий және Кельвин шкалалары арасындағы байланыс формуласы:**

$$T = (t + 273)K \text{ немесе } t = (T - 273)^{\circ}C.$$

**5. Ішкі энергия** – заттарды құрайтын барлық бөлшектердің кинетикалық энергиялары мен олардың өзара әрекеттесулерінің потенциалдық энергияларының қосындысы.

**6. Жылу алмасу** – температурасы жоғары денеден температурасы төмен денеге энергияның берілу процесі.

**7. Жылуөткізгіштік** – дене бөлшектерінің жылулық қозғалыстары барысында өзара әрекеттесулері нәтижесінде энергияның дененің қызған бөлігінен салқын бөлігіне қарай берілуі.

**8. Конвекция** – сұйықтар мен газ қабаттарының ағыны арқылы жылу энергиясының берілуі.

**9. Сәулелік жылу алмасу** – энергияның бір денеден екінші денеге электромагниттік толқындар арқылы берілуі.

**10. Жылу мөлшері** – жылу алмасу процесінде туындайтын ішкі энергия өзгерісінің өлшемі. Жылу мөлшері заттың  $\Delta t$  температура өзгерісіне,  $m$  массасына және  $c$  жылусыйымдылығына тура пропорционал:

$$Q = c m \Delta t = c m (t_2 - t_1).$$

**11. Отынның меншікті жану жылуы** 1 кг отын толық жанғанда одан бөлініп шығатын жылудың мөлшері немесе отын толық жанғанда бөлініп шыққан жылудың бір өлшем массаға келетін мөлшері:

$$q = \frac{Q}{m}.$$











**12. Отын толық жанғанда бөлініп шығатын жылу мөлшері** оның  $m$  массасы мен  $q$  меншікті жану жылуына тура пропорционал:

$$Q = q \cdot m.$$

## II ТАРАУ

## ЗАТТЫҢ АГРЕГАТТЫҚ КҮЙЛЕРІ

## ОҚУШЫЛАР МЕҢГЕРУГЕ ТИІСТІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МАҚСАТТАР:

-  молекулалық-кинетикалық теория негізінде заттың қатты күйден сұйыққа және кері айналуы сипаттау;
-  балқу (кристалдану) кезіндегі жұтылатын (бөлінетін) жылу мөлшерінің формуласын есептер шығаруға қолдану;
-  заттың балқу және қатаю процесі кезіндегі температураның уақытқа тәуелділік графигін талдау;
-  эксперимент көмегімен мұздың меншікті балқу жылуын анықтау;
-  физика кабинетінде қауіпсіздік ережелерін білу және сақтау;
-  молекула-кинетикалық теория негізінде заттың сұйық күйден газ күйіне және кері айналуын сипаттау;
-  заттың булану және конденсация процесі кезіндегі температураның уақытқа тәуелділік графигін талдау;
-  су буының мысалы негізінде қанығу күйін сипаттау;
-  меншікті булану жылуын анықтау;
-  қайнау температурасының сыртқы қысымға тәуелділігін түсіндіру.

Бұл тарауда оқушылар терең игеруге міндетті алдыңғы бетте көрсетілген бағдарламалық оқу мақсаттарының мазмұны мен мағыналары ашылады, сонымен қатар әр оқушының есінде ұзақ сақталуға тиісті мына физикалық ұғымдар қалыптасады: «молекулалық-кинетикалық теория», «балқу және кристалдану», «меншікті балқу жылуы», «булану және конденсация», «меншікті булану жылуы», «қаныққан бу».

**Тараудағы физика терминдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі минимумы**

Қ а з а қ ш а	О р ы с с а	А ғ ы л ш ы н ш а
Молекулалық-кинетикалық теория	Молекулярно-кинетическая теория	Molecular-kinetic theory
Балқу	Плавление	Melting
Кристалдану	Кристаллизация	Crystallization
Меншікті балқу жылуы	Удельная теплота плавления	Specific heat of fusion
Булану	Испарение	Evaporation
Конденсация	Конденсация	Condensation
Қайнау	Кипение	Boiling
Меншікті булану жылуы	Удельная теплота парообразования	Specific heat of vaporization
Қаныққан бу	Насыщенный пар	Saturated steam

§10.

**ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІҢ БАЛҚУЫ ЖӘНЕ ҚАТАЮЫ.  
БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫ. МЕНШІКТІ БАЛҚУ ЖЫЛУЫ**

1. Кез келген заттың үш түрлі агрегаттық күйін 7-сынып физикасында негізінен *механикалық көзқарас тұрғысынан* қарастырған болатынбыз (§22). Зат күйінің өзгеруін механикалық көзқарас бойынша түсіндірудің кейбір қырларын еске түсіре кетейік. Заттардың күйлері, *біріншіден*, олардың молекулаларының орналасу *арақашықтығына* байланысты, *екіншіден*, бөлшектердің өзара *әрекеттесу қиштеріне* тәуелді өзгереді. Расында да, заттардың қатты және сұйық күйлерінде олардың

молекулалары бір-бірінен белгілі бір  $r_0$  қашықтықта тербеле қозғалады. Егер молекулалар  $r_0$  қашықтықтан алыстай бастаса, олардың арасында *тартылыс күші* күшейеді, ал жақындай бастаса *тебіліс күші* артады. Газдарда молекулалар өте алыс орналасады, сондықтан олардың өзара әрекеттесу күштері де өте әлсіз болады. Сөйтіп, газдар өз көлемін сақтай алмайды; қандай көлем берілсе, сол көлемді түгел қамтып жайлайды.

**2. Молекулалық-кинетикалық теория** қалыптасқаннан кейін заттардың әртүрлі күйде болуын *температура* және *ішкі энергия* ұғымдары негізінде кеңірек түсіндіру мүмкіншілігі туды. Молекулалық-кинетикалық теорияға сүйеніп, **зат күйінің өзгеру шарттарын** анықтай аламыз.

Қатты денелер мен сұйықтардың температуралары өссе, олардың құрамындағы бөлшектердің жылдамдығы артып, кинетикалық энергиялары да өседі. Сондықтан бөлшектер үлкен жылдамдықпен әрі алшақтай ауытқып, тербеле бастайды. Заттың температурасы белгілі бір шамаға жеткенде молекулалардың арасындағы тарту күші кристалдық тордың түйіндері төңірегінде тербеліп тұрған бөлшектерді ұстап тұра алмайтын жағдайға жетеді. Сөйтіп, кристалдық тордың бұзылуы басталады да, зат қатты күйден сұйық күйге ауысып, балқи бастайды.

**Балқу деп заттың қатты күйден сұйық күйге өту процесін айтады.**

**3. Қатты денелердің басым бөлігінің молекулалары олардың сұйық күйлеріндегі молекулаларына қарағанда тығызырақ орналасады.** Сондықтан олардың қатты күйдегі кристалдары өз сұйықтарының түбіне орналасады. Расында да, кез келген металдың қатты бөлігін оның сұйытылған балқымасына салатын болсақ, ол батып кетеді.

Сондай-ақ кейбір кристалдар қатты күйінде өз сұйықтарының бетінде қалқып жүреді (сурет 2.1). Ондай кристалдарға шойын, висмут, галлий, мұз жатады. Мұндай кристалдар борпылдақ келеді, өйткені



Сурет 2.1. Мұзтау (айсберг)



Сурет 2.2. Шыныүрлегіш

олардың едәуір бөлігін бос кеңістік алып тұрады. Сондықтан борпылдақ кристалдардың тығыздығы өз сұйықтарының тығыздығынан азырақ болады. Мысалы, қалыпты атмосфералық қысымда және  $0^{\circ}\text{C}$  температурада тұрған судың тығыздығы  $\rho_{\text{сy}} = 999,84 \text{ кг/м}^3$ , ал мұздың тығыздығы  $\rho_{\text{мұз}} = 920 \text{ кг/м}^3$  шамаларына тең.

Суға қарағанда мұздың жеңіл болуы мұхиттар мен теңіздердегі тіршілік иелері мен өсімдіктер дүниесі үшін зор маңызы бар. Жылуөткізгіштігі нашар мұз бен қар қабаты ұзақ айларға созылатын қатты аяздардың өзінде судың температурасын  $4^{\circ}\text{C}$ -ден төмен түсірмей ұстап тұрады.

4. Кристалл денелердің (мысалы, мұздың) балқу барысын термометрмен қадағалайтын болсақ, қызық құбылысты байқаймыз. Жылу беріп қыздырған кезде мұздың температурасы әуелі көтеріле бастайды (сурет 2.3). Содан кейін жылу беру процесі жалғаса берсе де, температура көтерілуін доғарып, кристалл әбден балқып болғанша тұрақты сақталады (мұз үшін мұндай температура  $0^{\circ}\text{C}$ -ге тең).

***Балқу температурасы деп заттың балқыған кездегі тұрақты температурасын айтады.***

Балқу температурасы тек кристалл денелерге ғана тән. Ал аморф денелердің нақты балқу температуралары болмайды. Оларға жылу берген кезде температурасы үздіксіз көтеріледі де, бірте-бірте жұмсарып барып сұйық күйге ауысады. Аморф денелердің мұндай қасиеттерін әртүрлі формадағы бұйымдар жасау үшін қолданады. Мысалы, *шыныұрлегіштер* деп аталып кеткен көне кәсіпті меңгерген мамандардың қызметі әлі күнге дейін жоғары бағаланады. Олар қоймалжың күйге келген аморф затқа түтікшелерді батырып үрлейді де, қалаған формадағы бұйымдарын шығарады (сурет 2.2).

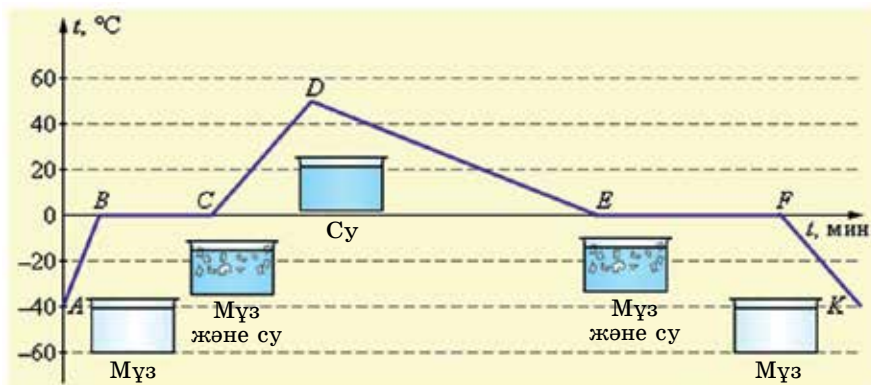
5. Балқу процесіне қарама-қарсы процесс *қатаю* құбылысын қысқаша сипаттайық.

***Қатаю немесе кристалдану деп заттың сұйық күйден қатты күйге өту процесін айтады.***

Кристалл денелердің қатаюы да олардың балқуы сияқты тұрақты температурада өтеді.

***Қатаю процесі жүретін тұрақты температураны қатаю немесе кристалдану температурасы деп атайды.***

6. Кристалл дененің балқу температурасы мен қатаю (кристалдану) температурасының шамалары бірдей болады. Бұған көз жеткізу үшін кристалл мұздың балқуы мен қатаюын зерттеген эксперимент нәтижелері бойынша салынған графикті қарастырайық (сурет 2.3).



Сурет 2.3. Мұздың агрегат күйінің өзгеру графигі

Температурасы  $-40^\circ$  градус болатын ыдыстағы мұзды (сурет 2.3) электр плитасымен жайлап қыздыра отырып, температура өзгерісін бақылайық. Плитаның қыздыруына қарамастан, мұз бірден ерімейді; тек температурасын біртіндеп жоғарылатады (графикте АВ кесіндісі). Мұздың температурасы  $0^\circ\text{C}$  градусқа жеткенде еру процесі басталады (ыдыстың ішінде мұзбен бірге су пайда болады). Алайда плита жылуын беріп тұрса да, мұз әбден еріп болғанша температура өзгермейді (BC кесіндісі). Мұз еріп болғаннан кейін судың температурасы  $0^\circ\text{C}$ -ден  $45^\circ\text{C}$ -ге дейін көтеріледі (CD кесіндісі).

Енді ыдыстағы ыстық суды аязға шығарып, температурасын бұрынғыша тіркеп отырсақ, ол біртіндеп төмендеп  $0^\circ\text{C}$ -ге жетеді (DE кесіндісі). Бұдан кейін судың ішінде мұз түйірлері пайда бола бастайды да, сырттағы аязға қарамай, су толығымен мұзға айналғанша температура өзгермей ұзақ уақыт сақталады (EF кесіндісі). Қатқан мұздың температурасы  $0^\circ\text{C}$ -ден төмендеп, сыртқы ортаның температурасымен теңеледі (FK кесіндісі). Эксперимент нәтижелерінен мынадай қорытынды туындайды:

**Кристалл дене қандай температурада балқыса, нақ сондай температурада қатайды. Балқу және қатаю процестері толық аяқталғанша балқу (қатаю) температурасы өзгермей тұрақты сақталады.**

7. «Кристалл дене балқығанда оның температурасы өспейтін болса, онда беріліп жатқан  $Q$  жылу қайда кетеді?» деген сұрақ туындайды. Молекулалық-кинетикалық теорияға жүгініп, бұл сұраққа жауап бере аламыз.

Кристалл дене тұрақты температурада балқығанда оған үзбей беріліп жатқан жылу оның ішкі энергиясын  $\Delta U$  шамасына өсіреді. Бұл қосымша

энергия кристалл торының түйіндерінде орналасқан молекулалардың тартылыс күштерін жеңіп, тордың құрылымдық қаңқасын біртіндеп бұзу жұмысына жұмсалады:  $A = \Delta U$ . Егер жылу беру тоқтаса, дененің балқуы да тоқтар еді. Сондықтан кристалдық тор әбден бұзылып болғанша оған  $Q$  жылу мөлшері беріле береді де, ішкі энергияның  $Q = \Delta U$  өсімшесі дененің температурасын көтеруге емес, кристалдық торды бұзу жұмысына шығындалады.

8. Кристалл дененің  $m$  массасы үлкен болған сайын оны балқытуға шығындалған  $Q$  жылудың мөлшері де осы массаға пропорционал өседі:

$$Q = \lambda m,$$

мұндағы  $\lambda$  пропорционалдық коэффициенті *меншікті балқу жылуы* деп аталады.

*Меншікті балқу жылуы деп кристалл заттың бір өлшем массасын балқу температурасында балқытуға жұмсалатын жылудың мөлшерін айтады:*

$$\lambda = \frac{Q}{m}.$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде меншікті балқу жылуы Дж/кг бірлігімен өлшенеді.



### Сұрақтар

1. 7-сынып физикасында заттың агрегаттық күйлерінің өзгеруін қалай түсіндіріп еді?
2. Балқу деп қандай процесті айтады? Молекулалық-кинетикалық теория тұрғысынан заттың балқуын қалай түсіндіруге болады?
3. Кристалл және аморф денелер деп қандай денелерді айтады? Мұздың басқа кристалл денелерге қарағанда қандай ерекшелігі бар және пайда-сы қандай?
4. Балқу температурасы деген ұғым нені білдіреді? Аморф денелер қалай балқиды?
5. Қатаю (кристалдану) деп қандай процесті айтады? Қатаю (кристалдану) деген ұғым нені білдіреді?
6. Эксперименттік зерттеулерге сүйеніп, салынған кристалл дененің балқу және қатаю графигінің көрінісі қандай кесінді сызықтармен бейнеленеді? Графигтегі әр кесінді нені білдіреді?
7. Аморф дененің балқу графигін қандай сызықпен бейнелеп көрсетуге болады? Неге?
8. Балқу жылуы қандай формуламен анықталады? Қандай жылуды денелердің меншікті балқу жылуы деп атайды? Немен өлшенеді?







## Жаттығу 2.1

1. Мұхит суында жүзіп жүрген мұзтауының қандай бөлігі судың бетінде, қандай бөлігі судың ішінде болады? Мұзтауының тығыздығын  $920 \text{ кг/м}^3$ , судың температурасын  $0^\circ\text{C}$  деп алыңдар.
2. Температурасы балқу нүктесіне жеткен  $100 \text{ кг}$  темірді балқытуға қанша энергия жұмсалады?
3. Температурасы балқу нүктесіне жеткен  $12,5 \text{ т}$  мұзды еріту үшін қанша жылу мөлшері жұмсалады?
4. Температурасы  $20^\circ\text{C}$ , массасы  $10 \text{ кг}$  суға тамшылата отырып,  $5 \text{ кг}$  балқыған қорғасынды құйса, судың температурасы қанша градусқа көтеріледі? Ортамен жылу алмасу ескерілмейді. Анықтамалық әдебиеттер мен кестелердегі физикалық шамалардың мөндерін пайдаланыңдар.
5. Балқыту пешіне температурасы  $20^\circ\text{C}$ , массасы  $2000 \text{ кг}$  шойынды тиеп салады. Оны балқыту үшін қанша жылу мөлшері жұмсалады? Осы жылудың мөлшерімен  $0^\circ\text{C}$ -де тұрған мұздың қанша массасын ерітуге болады?
6. Массасы  $0,5 \text{ т}$  мұзды еріту үшін қанша керосин жағу керек? Мұздың бастапқы температурасы  $-10^\circ\text{C}$ , қондырғының ПӘК-і  $60\%$ . Мұздың тығыздығы  $920 \text{ кг/м}^3$ .



## Эксперименттік зерттеу

1. Тостағанға су құйып, мұз кесегін салыңдар (мұз кесегін мұздатқыштан алуға болады). Мұздың суға бататынына, не батпайтынына көңіл аударыңдар.
2. Мектептің шеберханасында не болмаса физика зертханасында үлкендердің көмегімен қалайы немесе қорғасынды балқытып алыңдар да, оған кішігірім металл кесегін салыңдар. Әр металл өз балқымасына бата ма, батпай ма? Көңіл аударыңдар.

### №2 зертханалық жұмыс

#### Мұздың меншікті балқу жылуын анықтау

**Жұмыстың мақсаты:** жылу балансы теңдеуін практикада қолдану дағдысын игерту.

**Жабдықтар:** таразы, термометр, калориметр, мұз кесегі, сүзгі қағаз, шәйнек (бүкіл сынып үшін).

**Жұмыс барысы.** 1. Таразыда калориметрдің ішкі ыдысының  $m_k$  массасын өлшеңдер.

2. Калориметрге су құйыңдар да, суы бар ыдысты таразыға тартып  $m$  массасын анықтаңдар; судың массасын табыңдар:

$$m_{cy} = m - m_k.$$

3. Суы бар ыдысты калориметрдің сыртқы ыдысының ішіне қойып, судың  $t_{cy}$  температурасын өлшендер.

4. Мұз кесегін сүзгі қағазбен құрғатып алып, суға салыңдар.

5. Термометрмен суды мұз ерігенше араластыра отырып, калориметрдің ең төменгі  $t^{\circ}\text{C}$  температурасын тіркеңдер.

6. Суды ыдысымен таразыға қайта тартып, мұздың  $m_m$  массасын анықтаңдар.

7. Өлшеулер мен есептеулердің нәтижелерін кестеге түсіріңдер:

$m_k$ , кг	$m_{cy}$ , кг	$t_{cy} = t_k$	$t$	$m_m$

8. Жылу балансының  $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$  теңдеуін пайдаланып, мұздың меншікті жылусыйымдылығын анықтаңдар. Мұндағы:

$Q_1 = c_k m_k (t_k - t)$  – калориметр ыдысының берген жылуы;

$Q_2 = c_{cy} m_{cy} (t_{cy} - t)$  – судың берген жылуы;

$Q_3 = \lambda m_m$  – мұзды балқытуға кеткен жылу;

$Q_4 = c_y m_m (t - t_{балқу})$  – мұздан шыққан судың алған жылуы.

9. Қорытынды жасаңдар.

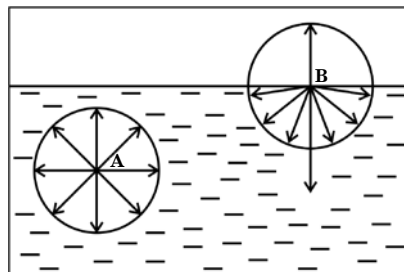
## §11.

### БУЛАНУ ЖӘНЕ КОНДЕНСАЦИЯ. ҚАНЫҚҚАН ЖӘНЕ ҚАНЫҚПАҒАН БУЛАР

1. Заттардың агрегаттық күйлерінің өзгеруіне сұйықтардың буға айналу процесі де жатады. Сұйықтардың буға (газ тәріздес күйге) айналуының екі тәсілі бар: бірі – *булану*, екіншісі – *қайнау*.

*Сұйықтың буға айналу құбылысы бу түзілу деп аталады. Ал булану деп сұйық бетінде орын алатын бу түзілу процесін айтады.*

Булану процесінде сұйықтың молекуласы оның бетінен босап шығып, бу түзеді. Газ молекулаларындай емес, сұйық молекулаларының арасында едәуір тартылыс күштері сақталады (сурет 2.4). Сұйықтың ішкі А молекуласын басқа молекулалар жан-жағынан бірдей күшпен тартады. Сондықтан сұйық ішіндегі молекулаларға әрекет ететін қорытқы күш нөлге теңеледі де, олар кез келген бағытта



Сурет 2.4. Сұйық молекулалары

еркін қозғалуға мүмкіндік алады. Ал сұйық бетінде орналасқан  $B$  молекулаға әрекет ететін күштер бірін-бірі теңгермейді. Молекуланы төмен қарай тартатын күш оны жоғары қарай тартатын күштен әлдеқайда артық. Өйткені сыртқы ортадағы ауаның тығыздығы сұйыққа қарағанда өте аз. Сондықтан  $B$  молекуласын сұйықтың сыртына қарай тартатын күш оны ішке қарай тартатын күштен кем болады. Ендеше, «Бу түзілу процесі кезінде сұйық молекулалары оның беткі қабатынан қалай босап шығады?» деген сұрақ туындайды.

Шынында да, молекула беткі қабаттан босап шығуы үшін белгілі бір  $A$  жұмысын атқару қажет. Мұндай жұмысты жылдамдықтары үлкен молекулалар ғана  $\Delta U$  ішкі энергия өсімшесі есебінен істей алады ( $A = \Delta U$ ). Олай болса, жылдамдықтары үлкен, кинетикалық энергиялары аса мол молекулалар ғана сұйықтан шығып кете алады да, оның орташа кинетикалық энергиясын төмендетеді. Сөйтіп, булану процесінде дене ішкі энергиясын кемітіп, бірте-бірте салқындай бастайды. Ендеше, булану әрдайым жылу жұтылу процесімен жалғаса жүреді. Сондықтан *бірдей массада будың ішкі энергиясы оның өз сұйығының ішкі энергиясынан артық болады:*

$$U_{бу} > U_{сұйық} (m = const).$$

Ішкі энергияның кему құбылысын суға шомылып шыққаннан кейін денеміздің салқындауынан сезінеміз. Бұл құбылысты практикада қолданудың қарапайым мысалы ретінде сүтті салқындату амалын айтуға болады. Сүт құйылған ыдыс суға жартылай батырылып, сыртынан борпылдақ қыш қаптамамен жабылады. Беті үлкен қыш қаптаманың бойындағы капиллярлық түтікшелермен көтерілген су тез буланып, оның ішкі жағын салқындатады. Лайықты қыш қаптама табылмаса, басқа да қалың материалдарды (мысалы, киіз немесе жабағы жүнін) қолдануға болады.

2. Булануды қарқынды жүргізу үшін бірнеше шарттарды орындау қажет.

**Біріншіден,** булану сұйықтың беткі қабатында жүзеге асатындықтан *сұйық бетінің ауданы мейлінше үлкен болуы шарт.* Оған көлемдері бірдей суды жайпақ ыдысқа және жіңішке мойынды құтыға құйып, бақылау арқылы көз жеткізе аламыз.

**Екіншіден,** *сұйықтың температурасының жоғары болуы шарт.* Оның себебі: температура өскен сайын молекулаларының жылдамдығы артып, олардың кинетикалық энергиялары молаяды да, сұйықтың ішкі энергиясы өседі. Өскен ішкі энергия есебінен сұйық бетінен босап шығатын молекулалардың да сандары арта түседі.

*Үшіншіден*, бу молекулаларын сұйық бетінен алып кетіп отыратын *конвекция туғызу шарт*. Расында да, желді күні жайған киім тынық күнгі жайған киімнен тезірек кебеді.

3. Булануға қарама-қарсы процесс те орын алады: бу молекулаларының біразы хаостық қозғалыс барысында сұйыққа қайта оралады.

***Будың сұйыққа айналу құбылысын конденсация деп атайды.***

Молекулалар булану барысында қанша жылу жұтса, сонша жылуды конденсация кезінде бөліп шығарады. Тұман мен жауын бұлтының пайда болуы, шықтың түсуі конденсация салдары болып табылады.

4. Егер сұйық жабық ыдыста болып, оның біраз көлемі бос қалса, булану процесінің көрінісі біршама өзгереді. Әуелі сұйық бетінен ұшып шығатын молекулалардың саны сұйыққа қайта оралатын молекулалар санынан артық болады. Бұл кезде будағы молекулалардың концентрациясы артады. Одан кейін сұйыққа кері қайтатын молекулалар саны одан шығатын молекулалар санына бірте-бірте жақындай бастайды. Ақыр соңында уақыт бірлігінде қанша молекула буланса, сонша молекула сұйыққа қайта оралатын күйге жетеді. Мұндай күйді *сұйық пен будың динамикалық тепе-теңдігі* дейді.

***Қаныққан бу деп өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдік күйге жеткен буды айтады.***

*Қаныққан бу концентрациясы мен тығыздығы ең үлкен бу болып табылады.* Сондықтан қаныққан бу сұйық бетіне ең үлкен қысым түсіреді.

Қаныққан буға байланысты эксперименттік зерттеулерден екі қорытынды туындайды:

1) *бірдей температурадағы әртүрлі сұйықтардың динамикалық тепе-теңдіктегі буларының тығыздықтары (молекулаларының будағы концентрациясы) әртүрлі болады;*

2) *тұрақты температурада қаныққан будың сұйық бетіне түсіретін қысымы өзгермей тұрақты сақталады.*

5. Буланудың қарқыны конденсациялану қарқынынан артық болған жағдайда пайда болған бу қанықпаған бу болып табылады. Қанықпаған бу қасиеті жағынан газдарға жақындай түседі.

***Қанықпаған бу деп өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікке жетпеген буды айтады.***

6. Ғарыштан түсірілген көптеген фотосуреттер (сурет 2.5) Жер шарының негізгі үш қабатын бақылауға көмектеседі. Бұларға *атмосфера, гидросфера және литосфера* қабаттары жатады.

Зерттеулер көрсетіп отырғандай, Жерді қоршаған мұхиттар мен басқа да су көздерінің беттерінен әр тәулік сайын жеті мың текше

км ( $7\,000\text{ км}^3$ ) су буланады. Соншама судың мөлшері жауын-шашын түрінде қайта оралады. Ауаның конвективтік қозғалысына ілесіп жоғары көтерілген бу тропосфераның суық аймағына жетеді. Көтерілу жолында бу қаныққан дәрежеге жетіп, конденсациялана бастайды да, тұмандықтар мен жауын тамшыларынан тұратын бұлттар тізбегін түзеді.

Жалпы массасы  $7\,000\text{ км}^3$  су массасына теңелетін атмосферадағы будың конденсациялану барысында орта есеппен төулігіне ғаламат мол  $1,6 \cdot 10^{22}$  Дж жылу бөлінеді. Бұл барлық адамзаттың бір төулікте өндіретін энергиясынан ондаған мың есе көп.

Сонымен, Жерді қоршаған атмосфера мен гидросфера арасында үздіксіз зат (су) алмасуларымен қатар, энергия (конвекция және ұзынтолқынды сәулелік-жылулық энергия) алмасулары да орын алады. Сөйтіп, қоршаған орта үшін судың булануы мен конденсациялануы климаттық өзгерістер мен ауа райы құбылыстарының қалыптасуына зор ықпалын тигізеді.

Күн жүйесіндегі планеталардың ішінде тек Жерде ғана гидросфералық қабат бар. Оның негізгі бөлігін мұхиттар (94%) құрайды. Мұхиттардың сулары Жер бетінің 71%-ын жауып жатыр.

Адамзат үшін тұщы су қорының маңызы орасан зор. Алайда өзендер мен көлдердегі және жасанды суқоймаларындағы тұщы су қоры барлық гидросфераның тек 0,6%-ын ғана құрайды. Саналы адамзат ұрпағының саны еселеп өссе де, өзендер мен көлдердің ластануы төзбестік жағдайға жетті. Сондықтан экологиялық мәдениетімізді көтеріп, су көздерін тұрмыстық және өндірістік қалдықтардан қорғау – әр адамның қасиетті борышы.



Сурет 2.5. Ғарыштан түсірілген Жер шары



### Сұрақтар

1. Булану деп қандай процесті айтады? Булану құбылысын қалай түсіндіруге болады?
2. Неліктен булануда жылу жұтылады? Оны практикада не үшін қолданады?
3. Булану қарқынын арттыру үшін қандай шарттарды орындау қажет?
4. Конденсация деп қандай құбылысты айтады? Мысалдар келтіріңдер.
5. Қаныққан бу деп қандай буды айтады? Бірдей температурада әртүрлі сұйықтардың қаныққан буларының қысымдары бірдей бола ма? Түсіндіріңдер.

6. Қанықпаған бу деп қандай буды айтады? Планетамызға тигізетін булану процестерінің рөлі қандай? Мысалдар келтіріңдер.
7. Жер шарын қандай қабаттар қоршайды? Басқа планеталарға қарағанда Жер шарының ерекшелігі неде?



### Эксперименттік зерттеу

Бос шыны ыдысты мейлінше жайдақ ағаш астаушадағы суға орналас-тырыңдар. Ыдыстың  $1/3$  бөлігіне тез буланғыш сұйық (мысалы, эфир) құйыңдар. Эфирдің үстінде конвекция туғызып, резеңке сорғымен ауаны жылдамдатып айдандар. Аздаған уақыттан кейін шыны ыдыстың сыртқы бөлігінде қырау пайда болып, түбінің астындағы жайдақ суда мұз қабыршақтарының түзілгеніне көз жеткізіңдер.



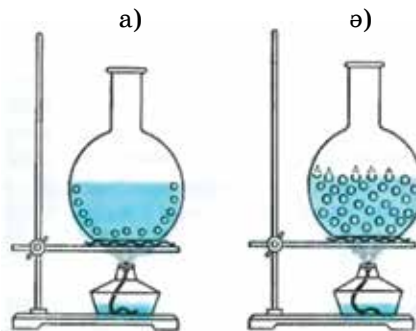
### Теориялық зерттеу

Жоғарыдағы эксперименттің барысын және байқалған құбылыстарды рет-ретімен баяндап жазыңдар; орын алған құбылыстарға теориялық талдаулар жасай отырып, эксперимент нәтижелерін түсіндіріңдер.

## §12.

### ҚАЙНАУ. МЕНШІКТІ БУЛАНУ ЖЫЛУЫ. ҚАЙНАУ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ СЫРТҚЫ ҚЫСЫМҒА ТӘУЕЛДІЛІГІ

1. Бу түзілудің бірінші тәсілі *булану* процесін қарастырдық. Енді бу түзілудің екінші тәсілі *қайнау* процесін эксперимент жасап зерттейік. Зертханалық шыны колбаға су құйып қыздырайық та, температурасын термометрмен өлшей отырып, қайнау процесінің барысын қадағалайық (сурет 2.6). Әу баста судың температурасы көтеріліп, біраздан соң колбаның жоғарғы жағы тұмандана бастайды. Бұл булану қарқынының артқанын білдіреді. Қыздыруды жалғастыра берсек, колбаның ішкі сумен түйіскен бетінде көпіршіктер пайда болып, олардың жоғары қарай көтерілгенін көреміз (сурет 2.6, а). Біраздан соң көпіршіктер судың бүкіл көлемінде пайда болып, сұйықтың бетіне шыққандары жаппай жарыла бастайды да (сурет 2.6, ә), іштеріндегі буды сыртқа шығарады. Бұл кезде қайнап жатқан сұйықтың температурасы өсуін доғарады да, сұйықтың **бетінде** де, ішкі **көлемінде** де қарқынды бу түзілу орын алады.



Сурет 2.6. Қайнау

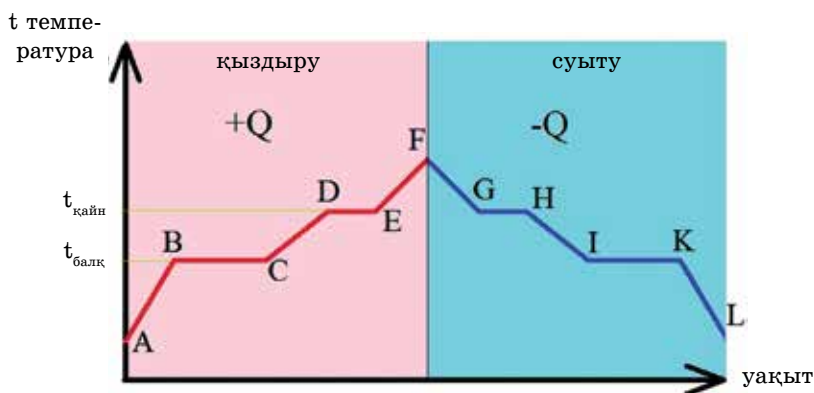
**Қайнау деп сұйықтың бетінде ғана емес, оның ішкі көлемінде де бу көпіршіктері түрінде жүзеге асатын қарқынды бу түзілу процесін айтады.**

**Қайнау температурасы деп сұйық қайнағанда шамасын өзгертпей тұрақты сақтайтын температураны айтады.**

2. «Экспериментте байқалған көпіршіктер қайдан пайда болды? Неге жоғары көтеріледі? Не себепті сұйықтың бетіне шыққанда жарылады?» деген сұрақтардың жауабын іздестірейік. Жердің атмосфералық және гидросфералық қабаттарының арасында диффузиялық әрі конвекциялық зат алмасулары үздіксіз жүріп жатады: ауада жауын бұлттары, ал суда ауа молекулаларының еріген түрдегі көзге көрінбейтін микрокөпіршіктері жетерліктей. Су жәндіктері мен жануарлары ауаның осындай еріген микрокөпіршіктерімен демалуға бейімделген. (Қыс айларында өзендер мен көлдердің бетін мұз құрсағанда ауа-оттек жетіспей, балықтардың жаппай қырылатынын да білеміз). Сонымен, температура көтерілгенде судағы микрокөпіршіктер де, оларға қосылған судың булары да көлемдерін ұлғайта бастайды. Газ бен будың тығыздықтары судың тығыздығынан кем болғандықтан, көлемдері ұлғая түскен көпіршіктер Архимед заңына сәйкес жоғары көтеріледі. Көпіршіктер сұйықтың бетіне шыққанда жарылады, өйткені олардың ішіндегі жоғары температурадағы газ бен будың қысымы сыртқы атмосфералық қысымнан әлдеқайда артық болады.

Жоғарыда сипаттаған эксперименттің нәтижелері, сондай-ақ күнделікті өмірлік тәжірибелер қайнау құбылысына байланысты бірнеше қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

**Біріншіден, сұйық қайнап жатқан кезде оның температурасы өзгермей тұрақты сақталады** (графикте ВС кесіндісі, сурет 2.7).



Сурет 2.7. Зат күйінің өзгеру графигі



*Екіншіден, бірдей жағдайда әртүрлі сұйықтың қайнау температуралары әртүрлі болады.*

*Үшіншіден, сұйықтың қаныққан буының қысымы атмосфералық қысыммен теңескенде немесе одан сәл асқанда қайнау басталады.*

3. Сұйықтың қайнау температурасы сыртқы қысымға тәуелді өзгереді. Мысалы, қалыпты атмосфералық қысымда ( $p = 10^5 \text{ Па}$ ) су  $100^\circ\text{C}$ -де қайнайды. Егер қысымды төмендете берсек, судың да қайнау температурасы төмендей береді. Мысалы, 32 гПа қысымда су  $24^\circ\text{C}$ -де қайнайды, қысым 6 гПа болғанда  $0^\circ\text{C}$ -де қайнайды.

Сұйықтардың төменгі қысымда кез келген температурада қайнау қасиеті практикада, мысалы, қант шығару өндірісінде қолданылады. Қант қызылшасын ұнтақтап суға салып, оның бойындағы қант молекулаларын диффузиялық жолмен ерітеді. Одан кейін сүзгіден өткен ерітіндіні суынан арылтып, таза қант кристалын алу үшін қайнатады. Қантты судан ажыратудың осы кезеңінде оны *төменгі қысымда қайнату технологиясы* қолданылады. Мұндай технологияда ерітінді төменгі температурада қайнағандықтан, қант күйіп кетпей, сапалық қасиетін сақтап қалады.

Қысым өскен сайын сұйықтардың қайнау температуралары да жоғарылай береді. Мысалы, *автоклав* деп аталатын қондырғыларда су  $200^\circ\text{C}$ -де қайнайды. Автоклавтарды химия және тамақ өнеркәсіптерінде кең қолданады. Медицинада ота жасайтын құрал-жабдықтарды стерилизациялау мақсатында және қағаз шығару фабрикаларында ағаштарды жұмсартып өңдеу үшін пайдаланады. Тұрмыста қолданыс тапқан астағамдарды жылдам пісіретін ыдыстардың қақпақтары қысымды реттеуге арналған клапандармен жабдықталған. Мұндай ыдыстарда тамақты 2000 гПа (2 атм) қысымда  $120^\circ\text{C}$ -де пісіреді.

4. Эксперименттік зерттеулер қайнау температурасында сұйықты буландыруға шығындалатын жылудың мөлшері оның массасына тура пропорционал өсетіндігін көрсетті:

$$Q \sim m.$$

Сонымен қатар эксперимент массалары бірдей әртүрлі сұйықтарды қайнау температураларында буландыруға шығындалатын жылу мөлшерінің бірдей болмайтынын да көрсетті. Бұдан әртүрлі сұйықтарды буландыруға шығындалатын жылудың мөлшері олардың тегіне байланысты әртүрлі болады деген қорытынды шығады. Физикада мұндай байланысты білдіретін шаманы *меншікті булану жылуы* деп атайды да,  $r$  таңбасымен белгілейді. Сөйтіп, қайнау температурасында сұйықты

буландыруға шығындалатын жылудың мөлшері оның меншікті булану жылуына да тура пропорционал өседі:

$$Q \sim r.$$

Жоғарыдағы екі өрнекті біріктіріп, төмендегі формуланы аламыз:

$$Q = r \cdot m.$$

Бұл формуламен массасы  $m$  сұйықты қайнау температурасында бұға айналдыруға қажет болатын жылудың мөлшерін анықтайды.

Жоғарыдағы формуладан меншікті булану жылуын анықтап, оның физикалық мағынасын аша аламыз:  $r = Q/m$ .

**Меншікті булану жылуы деп тұрақты қайнау температурасында заттың бір өлшем массасын бұға айналдыруға қажетті жылудың мөлшерін айтады.**

Бірліктердің Халықаралық жүйесінде меншікті булану жылуы Дж/кг бірлігімен өлшенеді.

Эксперименттік зерттеулер заттың меншікті булану жылуының оның меншікті конденсациялану жылуына тең екендігін анықтады. Жоғарыдағы графикте (сурет 2.7) меншікті булану жылуы EF кесіндісімен, ал меншікті конденсациялану жылуы FG кесіндісімен бейнеленген.

5. Заттардың булану және конденсациялану процестерін зерттеуге арналған эксперимент нәтижелерінен мынадай қорытындылар туындайды.

*Зат буланған кезде қанша жылу мөлшерін алған болса, сол зат конденсациялану барысында сонша жылу мөлшерін бөліп шығарады:*

$$Q_{\text{булану}} = Q_{\text{конден}} \quad (m = \text{const}).$$

*Булану температурасы кезіндегі заттың бу күйіндегі ішкі энергиясы сондай заттың сұйық күйдегі ішкі энергиясынан артық болады:*

$$U_{\text{бу}} > U_{\text{сұйық}} \quad (m = \text{const}).$$

Жоғарыда қарастырған эксперименттік зерттеулердің бәрі де табиғаттың әмбебап іргелі заңы – энергияның сақталу және айналу заңының заттардың агрегаттық күйлерінің өзгеруі барысында да мүлтіксіз орындалатынын дәлелдейді.

### Есеп шығару мысалдары

**1-есеп.** Ыдыста температурасы  $18^\circ\text{C}$ , массасы  $3,5$  кг су бар. Суға температурасы  $100^\circ\text{C}$  бу жібергенде оның массасы  $3,7$  кг-ға өсті, ал темпера-

турасы  $52^{\circ}\text{C}$ -ге көтерілді. Судың меншікті булану жылуын анықтаңдар. Ыдыстың жылусыйымдылығы және сыртқы ортамен жылу алмасуы ескерілмейді.

Берілгені	ХБЖ	Есеп мазмұнын теориялық талдау
$m_1 = 3,5 \text{ кг}$ $m_2 = 3,7 \text{ кг}$ $t_1 = 18^{\circ}\text{C}$ $t = 52^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{бy}} = t_{\text{cy}} = 100^{\circ}\text{C}$ $m_{\text{бy}} = m_{\text{cy}} = 0,2 \text{ кг}$ $c_1 = c_2 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$ <hr/> $r = ?$		<p>Будың конденсациясы кезінде бөлінетін жылу: <math>Q_{\text{бy}} = r \cdot m_{\text{бy}}</math>.</p> <p><math>100^{\circ}\text{C}</math>-дегі ыстық судың берген жылуы: <math>Q_1 = c_1 m_{\text{cy}} (t_{\text{cy}} - t)</math>.</p> <p>Ыдыстағы судың алған жылуы: <math>Q_2 = c_2 m_1 (t - t_1)</math>.</p> <p>Жылу балансының теңдеуі: <math>Q_{\text{бy}} + Q_1 = Q_2</math>.</p>

### Шешуі:

Будың  $100^{\circ}\text{C}$ -де ыстық суға айналғандағы берген жылуы:

$$Q_{\text{бy}} = r \cdot m_{\text{бy}} = 0,2r.$$

Ыстық судың  $52^{\circ}\text{C}$ -ге дейін суығанда берген жылуы:

$$Q_1 = c_1 m_{\text{cy}} (t_{\text{cy}} - t) = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,2 (100 - 52) = 40\,128 \text{ Дж}.$$

Ыдыстағы судың алған жылуы:

$$Q_2 = c_2 m_1 (t - t_1) = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 3,5 (52 - 18) = 497\,420 \text{ Дж}.$$

Жылу балансының теңдеуіне ( $Q_{\text{бy}} + Q_1 = Q_2$ ) мәндерін қойып, меншікті булану жылуын анықтаймыз:  $0,2r + 40\,128 = 497\,420$ ;  $0,2r = 457\,292 \text{ Дж}$ .

$$r = 2,29 \text{ МДж}/\text{кг} \approx 2,3 \text{ МДж}/\text{кг}.$$

*Жауабы:*  $r = 2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$ .

**2-есеп.** Газ плитасындағы массасы  $0,2 \text{ кг}$  алюминий шәйнектің ішінде температурасы  $18^{\circ}\text{C}$ , массасы  $3,0 \text{ кг}$  су бар. Суды қайнатып, оның  $10\%$ -ын буға айналдыру үшін жағылған газдың массасы мен көлемін анықтаңдар. Газ плитасының ПӘК-і  $70\%$ . Табиғи газдың тығыздығы  $0,75 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Берілгені	ХБЖ	Есеп мазмұнын теориялық талдау
$m_1 = 0,2 \text{ кг}$ $m_2 = 3,0 \text{ кг}$ $\eta = 70\%$		<p>Массасы <math>m</math> кг газ жанғанда бөлінетін жылу: <math>Q_{\text{ж}} = q \cdot m</math>.</p>

$t_1 = 18^\circ\text{C}$ $t_2 = 100^\circ\text{C}$ $t_{\text{бу}} = 100^\circ\text{C}$ $m_{\text{бу}} = 0,1 \cdot 3,0 = 0,3 \text{ кг}$ $c_1 = 0,92 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ $c_2 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ $r = 2,25 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$ $q = 49 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$ $\rho = 0,72 \text{ кг}/\text{м}^3$ <hr/> $m - ? \quad V - ?$	<p>Пайдалы жылу:</p> $Q_{\text{п}} = \eta \cdot Q_{\text{ж}} = \eta \cdot q \cdot m.$ <p>Шөйнектің алған жылуы:</p> $Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1).$ <p>Судың алған жылуы:</p> $Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1).$ <p>Булануға жұмсалған жылу:</p> $Q_{\text{бу}} = r \cdot m_{\text{бу}}$ <p>Жылу балансының теңдеуі:</p> $Q_{\text{п}} = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{бу}}$ <p>Жанған газдың көлемі: <math>V = m/\rho.</math></p>
--	---

### Шешуі:

Пайдалы жылу мөлшері:  $Q_{\text{п}} = \eta q m = 0,7 \cdot 49 \cdot 10^6 m = 34,3 \cdot 10^6 m.$

Шөйнектің алған жылуы:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1) = 0,92 \cdot 10^3 \cdot 0,2 (100 - 18) = 15\,088.$$

Судың алған жылуы:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1) = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 3,0 (100 - 18) = 1\,028\,280.$$

$$\text{Булану жылуы: } Q_{\text{бу}} = r \cdot m_{\text{бу}} = 2,25 \cdot 10^6 \cdot 0,3 = 675\,000.$$

Жылу балансының теңдеуіне ( $Q_{\text{п}} = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{бу}}$ ) мәндерін қойып, жағылған газдың массасын анықтаймыз:

$$34,3 \cdot 10^6 m = 15\,088 + 1\,028\,280 + 675\,000;$$

$$34,3 \cdot 10^6 m = 1\,718\,368 \approx 1,7 \cdot 10^6; \quad m = 0,05 \text{ кг} = 50 \text{ г}.$$

$$\text{Жағылған газ көлемі: } V = m/\rho = 0,05/0,72 = 0,069 \text{ м}^3 = 69 \text{ литр}.$$

$$\text{Жауабы: } m = 50 \text{ г}; V = 69 \text{ л}.$$



### Сұрақтар



1. Қайнау деп қандай процесті айтады? Қайнау құбылысын қалай түсіндіруге болады?
2. Бу түзілудің неше тәсілдері бар және олардың ерекшеліктері қандай?
3. Қайнау температурасы деп қандай температураны айтады? Қайнау құбылысына байланысты қандай эксперименттік қорытындылар жасалды?
4. Қайнау температурасы мен қысымның арасында қандай байланыс бар және оның практикалық маңызы қандай?
5. Меншікті булану жылуы деп қандай жылуды айтады және оның физикалық мағынасы қандай?
6. Заттың агрегаттық күйлерінің қандай процестері энергияның сақталу және айналу заңдарының көріністері болып табылады?



## Жаттығу 2.2

1. Ашық ыдыстағы массасы 10 л, температурасы  $20^{\circ}\text{C}$  суды бұға айналдыру үшін қанша жылу жұмсау керек?
2. Массасы 5 кг су  $100^{\circ}\text{C}$ -ден  $0^{\circ}\text{C}$ -ге дейін суынғанда қанша жылу бөлінеді?
3. Температурасы  $-15^{\circ}\text{C}$ , массасы 2 кг мұзды  $100^{\circ}\text{C}$ -де бұға айналдыру үшін қанша жылу қажет? Меншікті булану жылуы  $2,26 \text{ МДж/кг}$ . Осы процестің графигін сызыңдар: абсцисса өсіне берілген (есептелген) жылу мөлшерлерін, ордината өсіне заттың температурасын салыңдар.
4. Ыдыста температурасы  $20^{\circ}\text{C}$  болатын 2,8 л су бар. Ыдыстағы суға температурасы  $460^{\circ}\text{C}$ , массасы 3 кг болат кесегін салады. Су  $60^{\circ}\text{C}$ -ге дейін қызады және оның бір бөлігі бұға айналады. Бұға айналған судың массасын табыңдар. Ыдыстың жылусыйымдылығы ескерілмейді. Су мен болаттың жылусыйымдылықтары:  $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}$ ;  $460 \text{ Дж/(кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}$ ; судың меншікті булану жылуы  $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ .
5. Температурасы  $0^{\circ}\text{C}$  болатын 10 кг мұз салынған ыдысқа температурасы  $90^{\circ}\text{C}$ , массасы 3 кг ыстық су құйған. Қоспаның температурасы қандай болады? Мұз толық ери ме? Толық ерімесе, оның қандай бөлігі қатты күйін сақтайды? Ыдыстың жылусыйымдылығы ескерілмейді.
6. Тосқауылға соғылған оқтың жартысы балқып кетуі үшін оның кинетикалық энергиясының  $60\%$ -ы шығындалады. Қорғасын оғы қандай жылдамдықпен тосқауылға соғылған? Оқтың тосқауылға соғылғанға дейінгі температурасы  $27^{\circ}\text{C}$ . Қорғасынның меншікті *жылусыйымдылығы*  $130 \text{ Дж/(кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}$ ; меншікті балқу жылуы  $2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$ ; балқу температурасы  $327^{\circ}\text{C}$ .
7. Алюминий және қорғасын кесектері бірдей биіктіктен құлады. Құлау соңындағы соққыда бұлардың қайсысы ең жоғары және неше есе артық температура алады? Денелердің құлағандағы энергияларының барлығы да оларды қыздыруға жұмсалды деп есептеңдер.



## Эксперименттік зерттеу

1. Ауа райын бақылап, байқаған құбылыстарыңды күнделікке жазып отыруға дағдыланыңдар. Жаз айларында ауаның температурасын қалың нөсердің алдында және соңында өлшеп, нөсерден кейін ауаның салқындайтынына көз жеткізіңдер.
2. Қатты қызған үтікті төңкеріп ұстап, горизонталь табанына су тамшысын тамызыңдар. Тамшы тамған бойда жоғары қарай допша атылып, қайта төмен түседі де, үтіктің ыстық табаны бойымен жылдам аққанын көріңдер.



## Теориялық зерттеу

Жоғарыдағы эксперименттің барысын және байқалған құбылыстарды рет-ретімен баяндап жазыңдар; орын алған құбылыстарға теориялық талдаулар жасай отырып, эксперимент нәтижелерін түсіндіріңдер.

## Екінші тараудағы ең маңызды түйіндер

1. Балқу – заттың қатты күйден сұйық күйге өту процесі.
2. Балқу температурасы – заттың балқыған кездегі тұрақты температурасы.
3. Қатаю (кристалдану) – заттың сұйық күйден қатты күйге өту процесі.
4. Қатаю (кристалдану) температурасы – заттың қатаю процесі жүретін кездегі тұрақты температурасы.
5. Кристалл зат қандай температурада балқыса, сол температурада қатайды:

$$T_{\text{қат}} = T_{\text{бал}}.$$

6. Балқу жылуы – тұрақты температурада затты балқытуға жұмсалатын жылу:

$$Q = \lambda m.$$

7. Меншікті балқу жылуы – кристалл заттың бір өлшем массасын балқу температурасында балқытуға жұмсалатын жылу мөлшері:

$$\lambda = \frac{Q}{m}.$$

8. Булану – сұйық бетінде орын алатын бу түзілу процесі.
9. Конденсация – будың сұйыққа айналу құбылысы.
10. Молекулалар булану барысында қанша жылу жұтса, сонша жылуды конденсация кезінде бөліп шығарады:

$$Q_{\text{бу}} = Q_{\text{кон}}.$$

11. Қаныққан бу – өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте тұрған бу.
12. Қанықпаған бу – өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікке жетпеген бу.
13. Қайнау – сұйықтың бетінде ғана емес, оның ішкі көлемінде де бу көпіршіктері түрінде жүзеге асатын қарқынды бу түзілу процесі.
14. Қайнау температурасы – сұйық қайнағанда тұрақты сақталатын температура.

15. Булану жылуы – тұрақты қайнау температурасында затты буландыруға жұмсалатын жылу:

$$Q = r m.$$








16. Меншікті булану жылуы – тұрақты қайнау температурасында заттың бір өлшем массасын буға айналдыруға қажетті жылудың мөлшері:

$$r = \frac{Q}{m}.$$

### III ТАРАУ

## ТЕРМОДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

#### ОҚУШЫЛАР МЕНГЕРУГЕ ТИІСТІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МАҚСАТТАР:

-  термодинамиканың бірінші заңының мағынасын түсіндіру;
-  термодинамиканың екінші заңының мағынасын түсіндіру;
-  жылу қозғалтқыштарындағы энергияның түрленуін сипаттау;
-  іштен жану қозғалтқышының, бу турбинасының жұмыс істеу принципін сипаттау;
-  жылу қозғалтқышының пайдалы әрекет коэффициентін анықтау;
-  жылу қозғалтқыштарын жетілдіру жолдарын ұсыну;
-  жылу машиналарының қоршаған ортаның экологиясына әсерін бағалау.



*Бұл тарауда оқушылар терең игеруге міндетті алдыңғы бетте көрсетілген бағдарламалық оқу мақсаттарының мазмұны мен мағыналары ашылады; сонымен қатар әр оқушының есінде ұзақ сақталуға тиісті мына физикалық ұғымдар қарастырылады: «термодинамиканың бірінші заңы», «термодинамиканың екінші заңы», «энергияның түрленуі», «іштен жану қозғалтқыштары», «бу турбины», «жылу қозғалтқышының пайдалы әрекет коэффициенті».*

**Тараудағы физика терминдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі минимумы**

Қ а з а қ ш а	О р ы с ш а	А ғ ы л ш ы н ш а
Термодинамиканың бірінші заңы	Первый закон термодинамики	The first law of thermodynamics
Термодинамиканың екінші заңы	Второй закон термодинамики	The second law of thermodynamics
Жылулық қозғалтқыштар	Тепловые двигатели	Thermal Motors
Іштен жану қозғалтқыштары	Двигатели внутреннего сгорания	Internal combustion engines
Бу (газ) турбиналары	Паровые (газовые) турбины	Steam (gas) turbines
Жылу қозғалтқышының пайдалы әрекет коэффициенті	Коэффициент полезного действия теплового двигател	Coefficient of efficiency of the heat engine

**§13.**

**ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ.  
ГАЗ БЕН БУДЫҢ ЖҰМЫСЫ**

1. Жоғарыдағы тарауларда қарастырған жылулық қозғалыстардың жекелеген заңдылықтары өртүрлі жүйедегі энергия түрленулерін зерттейтін іргелі бір теорияның салдарлары болып табылады.

**Термодинамика** деп аталатын жалпыға ортақ бұл іргелі теория заттардың молекулалық микроқұрылымын қарастырмай, энергияның бір түрден екінші түрге өту шарттарын сандық тұрғыдан сипаттайды. «Термодинамика» сөзі гректің «therme» – «жылу» және «dynamis» – «күш» сөздерінен құралған. Кез келген теориялық ілім сияқты термодинамиканың да өзіне тән зерттеу пәні бар.

**Термодинамика табиғаты әртүрлі құбылыстарда орын алатын энергия түрленуінің жалпыға ортақ заңдылықтарын зерттейді.** Ондай құбылыстарға механикалық, жылулық, электрлік, сәулелік т.б. құбылыстар жатады.

Адамдардың үздіксіз жұмыс істей алатын «мәңгі қозғалтқыш» жасау талаптарының үнемі сәтсіздікке ұшырауы және жылулық құбылыстарға байланысты басқа да көптеген эксперименттік зерттеулер термодинамиканың тәжірибелік негіздерін құрайды. Тәжірибелер мен эксперименттік зерттеулерде ашылған жекелеген заңдылықтар *термодинамика заңдарына* біріктіріліп, «мәңгі қозғалтқыштарды» жасау үшін босқа тер төгуден құтқарды.

**2. Термодинамиканың бірінші заңы** механикалық, жылулық, электрлік, химиялық және басқа да процестер орын алатын жүйелер үшін энергияның сақталу және айналу заңының жалпылама көрінісі болып табылады. Бұл жалпылама заң қарастырып отырған жүйенің ішкі энергиясын өзгертетін *екі тәсілге* негізделіп тұжырымдалады. Алдыңғы тарауларда денелердің ішкі энергиясын екі тәсілмен өзгертуге болатынын айтқан едік. Енді жоғарыда аталған екі тәсілді термодинамикалық көзқарас тұрғысынан сипаттайық.

**Бірінші тәсіл** бойынша жүйенің энергиясы сырттан немесе іштен **жұмыс істеу** арқылы өзгереді. Дәлірек айтқанда: жүйенің энергиясы сыртқы күштердің атқарған жұмысы арқылы өзгереді. Немесе жүйенің энергиясы сыртқы денелердің орындарын ауыстыру үшін жүйенің өзі істейтін жұмысы арқылы өзгереді.

**Екінші тәсіл** бойынша жүйенің энергиясы жүйеге **жылу беру** немесе жүйеден **жылу алу** арқылы өзгереді. Мұндай жағдайда сыртқы денелер орындарын өзгертпейді, яғни ешқандай жұмыс істелмейді.

Жылулық құбылыстарға байланысты алдыңғы тарауда қарастырылған эксперименттік материалдар мен теориялық талдаулардан мынадай қорытынды туындайды:

**Жүйенің энергиясын өзгертетін сыртқы күштердің  $A'$  жұмысы мен оған берілген  $Q$  жылудың қосындысы жүйенің ішкі энергиясының өсімшесіне тең:**

$$\Delta U = A' + Q.$$

Денеге берілген  $Q$  жылу және жүйенің істеген  $A$  жұмысы оң таңбамен алынады да, ал сыртқы күштердің  $A'$  жұмысы теріс таңбаланады ( $A' = -A$ ). Олай болса, жоғарыдағы теңдікті мына түрде жаза аламыз:

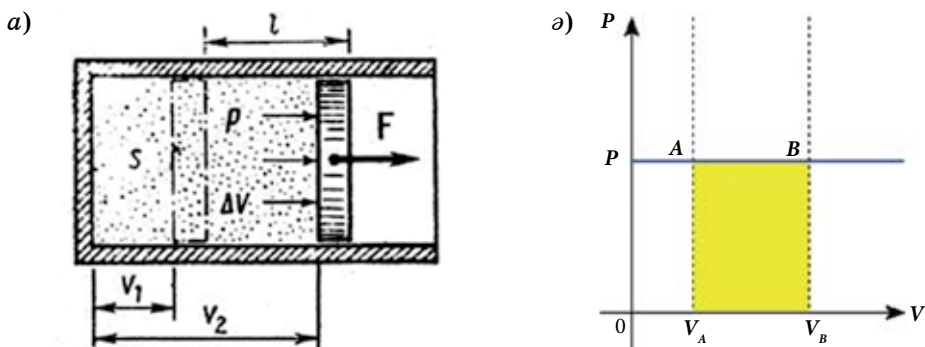
$$\Delta U = -A + Q \text{ немесе } Q = \Delta U + A.$$

Соңғы теңдік бойынша **термодинамиканың бірінші заңы** былайша тұжырымдалады:

**Жүйеге берілген жылу жүйенің ішкі энергиясын молайтуға және сыртқы күштерге қарсы жұмыс істеуге шығындалады:**

$$Q = \Delta U + A.$$

Жүйенің (мысалы, газдың) ішкі энергиясын өзгертуге қатарынан екі тәсіл бір уақытта қолданылса ( $Q = \Delta U + A$ ), онда сырттан берілген  $Q$  жылу жүйенің ішкі  $\Delta U$  энергиясын өсіреді; сонымен қатар сыртқы күштерге қарсы  $A$  жұмыс істеледі (газдың көлемі ұлғаяды, сурет 3.1).



Сурет 3.1. Газ ұлғая отырып, жұмыс істейді

Термодинамиканың бірінші заңының салдарлары да бар. Мысалы, жүйенің ішкі энергиясын өзгерту бір ғана тәсілмен жүзеге асуы мүмкін. Айталық, жүйе жұмыс істемесе ( $A = 0$ ), онда барлық берілген жылу жүйенің ішкі энергиясын молайтуға жұмсалады ( $Q = \Delta U$ ). Ал егер жылу сырттан берілмесе ( $Q = 0$ ), онда  $A = -\Delta U$ . Мұндай жағдай сыртқы күштердің жұмыс істейтінін және газдың көлемінің кішірейетінін білдіреді.

**3. Жылуды сырттан алмайтын ( $Q = 0$ ) «мәңгі қозғалтқыш» жасау үшін ондай қозғалтқыш тек өзінің ішкі энергиясын кеміту арқылы ғана жұмыс істеуі керек ( $A = \Delta U > 0$ ).** Алайда ішкі энергия қоры таусылған кезде оның өсімшесі нөлге теңеледі ( $\Delta U = U_1 - U_2 = 0$ ). **Ал жұмыс тек энергия өзгерісінің өлшемі ( $A = \Delta U > 0$ ) екенін білеміз.** Ендеше, энергия өзгерісі нөлге теңелгенде ( $\Delta U = 0$ ) ешқандай қозғалтқыш жұмыс істей алмайды. Сөйтіп, термодинамиканың бірінші заңы «мәңгі қозғалтқыш» жасау мүмкіндігін жоққа шығарады.

**4. Сонымен, кез келген термодинамикалық жүйе (мысалы, қозғалтқыш) жұмыс істеуі үшін оның ішіндегі жұмыстық дене деп аталатын газға сырттан жылу беру керек.** Отын жанғанда оның энергиясы жылу

алмасу жолымен газға беріледі. Температурасы өсіп, көлемі ұлғайған газ сыртқы денені қозғап, жұмыс істей алады. Көлемі ұлғайған газдың істеген жұмысын нақты анықтау үшін төменде сипатталған тәжірибеге жүгінейік.

Термодинамикалық жүйе ретінде цилиндр ішінде поршеньмен тұйықталған газды алайық (сурет 3.1, *а*). Поршень үйкеліссіз қозғала алады. Сондықтан газға сырттан да, іштен де түсетін қысым өзгермей тұрақты сақталады ( $p = \text{const}$ ). Газға біраз жылу мөлшерін берсек, температура жоғарылап, газ ұлғая бастайды да, поршень  $l$  аралығына жылжиды.

Термодинамиканың бірінші заңына сәйкес, жанған отынның энергиясы газдың ішкі энергиясын өсіруге және сыртқы күштерге қарсы істелетін газдың жұмысына шығындалады:

$$A = Fl.$$

Газдың қысымы тұрақты ( $p = \text{const}$ ) болғандықтан, поршеньге әрекет ететін күш мына формула бойынша табылады:  $F = pS$ , мұндағы  $S$  – поршеннің ауданы. Ендеше, газдың істеген жұмысы:

$$A = pSl,$$

мұндағы  $Sl$  – ұлғайған көлем өсімшесі.

Газдың бастапқы және соңғы көлемдерін  $V_1$  және  $V_2$  деп белгілеп, төмендегі түрлендіруді аламыз:

$$Sl = V_2 - V_1 = \Delta V.$$

Сөйтіп, газдың істеген жұмысы мына формуламен анықталады:

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V.$$

Бұл формула тұрақты қысымда ( $p = \text{const}$ ) өтетін *изобаралық* деп аталатын процесті сипаттайды.

Сонымен, газдың істеген жұмысы былайша тұжырымдалады:

***Газдың тұрақты қысымда температурасы өсіп, көлемі изобаралық ұлғайғанда сыртқы күштерге қарсы істейтін жұмысы оның көлемінің өсімшесі мен қысымының көбейтіндісіне тең:***

$$A = p\Delta V.$$

**5.** Изобаралық процестегі газдың жұмысын график түрінде көрсетейік (сурет 3.1, *ә*). Суреттегі изобаралық процесс ( $p = \text{const}$ )  $AB$  кесіндісімен бейнеленеді. Газдың көлемі  $V_B - V_A = \Delta V$  шамасына өзгереді. Газдың атқарған  $A = p\Delta V$  жұмысы сары түспен боялған биіктігі  $OP$ , табанының ұзындығы  $\Delta V$  болатын тік төртбұрыштың ауданына тең болады.

Изобаралық процесс үшін термодинамиканың бірінші заңы мына формуламен өрнектеледі:

$$Q = \Delta U + A = \Delta U + p\Delta V.$$



### Сұрақтар



1. Термодинамика деп қандай теориялық ілімді айтады? Термодинамика нені зерттейді?
2. Термодинамика заңдары қандай зерттеулерге негізделген? Жүйенің энергетикалық күйін қандай тәсілдермен өзгертуге болады?
3. Термодинамиканың бірінші заңы қалай тұжырымдалады және қандай формуламен өрнектеледі? Оның қандай салдарлары бар?
4. Термодинамиканың бірінші заңына сүйеніп, «мәңгі қозғалтқыш» жасау мүмкіндігін қалай жоққа шығаруға болады?
5. Термодинамикалық жүйеде газдың (будың) жұмыс жасайтынын қандай тәжірибе негізінде және қандай теориялық формулалармен түсіндіруге болады?



### Жаттығу 3.1

1. Газға 5 кДж жылу мөлшері берілгенде, ол 2 кДж жұмыс атқарды. Газдың ішкі энергиясы қалай өзгерді?
2. Газға 7 кДж жылу мөлшері берілгенде, ол 10 кДж жұмыс атқара алатындай процесс мүмкін бе? Мұндай жағдайда газдың ішкі энергиясында, температурасында нендей өзгерістер болар еді?
3. Газ өзіне берілген жылу мөлшеріндей жұмыс істей алатын процесс мүмкін бе? Мұндай процесте газдың ішкі энергиясы туралы не айтуға болады?
4. Газ 5 МДж жұмыс істеп, ішкі энергиясын 2 МДж-ге кемітті. Осы процесте газға қанша жылу мөлшері берілген?
5. Газға 500 Дж жылу мөлшері берілгенде оның ішкі энергиясы 100 Дж-ге кеміді. Газ қандай жұмыс істеді?

§14.

## ЖЫЛУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ҚАЙТЫМСЫЗДЫҒЫ. ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ЕКІНШІ ЗАҢЫ

1. Термодинамиканың бірінші заңы энергияның сақталу және айналу заңын сипаттайды. Нақтырақ айтар болсақ, бұл заң: 1) *энергияның өзгеріссіз сақталатындығын*, 2) *жоқтан пайда болмайтындығын*, 3) *жоғалып кетпейтіндігін және* 4) *бір түрден екінші түрге айналуының* сипаттайды. Алайда термодинамиканың бірінші заңы жылудың (энергияның) бір денеден екінші денеге өту бағытына ешқандай шектеу

қоймайды. Ал бақылаулар мен тәжірибелер табиғаттағы процестердің өту бағыттарында белгілі бір шектеулердің бар екендігін көрсетеді.

**2. Тәжірибе мыналарды айғақтайды:** энергия жылу алмасу жолымен ыстық денеден салқын денеге қарай өз бетімен өте алады; ал кері бағытта өз бетімен өте алмайды. Бұдан *жылу алмасу процесі қайтымсыз* деген қорытынды жасаймыз.

Сол сияқты құлаған тастың механикалық энергиясы оның ішкі энергиясына айнала алады, ал кері процесс – ішкі энергия өз бетімен механикалық энергияға айнала алмайды. Бір литр газ ғарыш кеңістігінде ұлғайып, вакуумға сейіле алады, ал вакуумнан қайта бір литр газ көлеміне келе алмайды. Диффузия кезінде бір заттың бөлшектері екінші заттың бөлшектерінің араларына еніп орналаса алады, ал олар өз беттерімен бұрынғы ортасына қайта орала алмайды. Тұз немесе қант өз алдына суда ери алады, ал өз бетімен қайта ерітіндіден бөліне алмайды. Алайда бұл тұз бен қантты ерітіндіден бөліп алуға болмайды дегенді білдірмейді. Бөліп алуға болады, бірақ мұндай процесс өз бетінше емес, тек мәжбүрлеу жолымен ғана жүзеге асады.

Міне, осы мысалдардың барлығы да табиғатта орын алатын кез келген процестердің қайтымсыздығын көрсетеді.

*Қайтымсыздық процесі бүкіл Ғаламды қамтитын әмбебап процесс болып табылады.* Расында да, қайтымсыздық процесі өсімдіктер мен жануарлар дүниесіне де, қоғамдық өмір мен әлеуметтік салаларда да, жақындағы планеталар мен қиырдағы жұлдыздарда да орын алады. Сондықтан қайтымсыздық процесі табиғатта орын алатын тағы бір іргелі де әмбебап заңдардың көрінісі болып табылады.

**3. Термодинамиканың екінші заңы деп қайтымсыздық процестеріне негізделген табиғат заңдарын айтады.**

Бұл заң табиғатта өз бетімен өте алатын процестердің бағытын *тура бағыт* деп, ал өз бетімен өте алмайтын процестердің бағытын *кері бағыт* деп ажыратуға мүмкіндік береді. Термодинамиканың екінші заңы тура бағытта өз бетімен өтетін процестерге шектеу қоймайды, тек процестердің өз бетімен кері бағытта өтпейтіндігін көрсетіп, оған шектеу қояды. Қайтымсыз процестер тура бағытта ерікті түрде өз бетімен жүреді; ал оны кері бағытта жүзеге асыру үшін оған сыртқы денелер тарапынан қосымша мәжбүрлеуші қарекет қажет болады.

**4. Ғылыми әдебиеттерде термодинамиканың екінші заңы екі түрлі нұсқада айтылып тұжырымдалады.** Көптеген өмірлік тәжірибелер мен жылулық құбылыстарда байқалған қайтымсыздық құбылыстарын жан-

жақты зерделей отырып, Р. Клаузиус 1850 жылы өз қорытындысын қысқаша постулат түрінде тұжырымдады. **Клаузиус постулаты** деп аталып кеткен бұл тәжірибелік қорытынды *термодинамиканың екінші заңын* тұжырымдаудың алғашқы тарихи нұсқасы болатын. Ол былайша оқылады:

***Жалғыз ғана нәтижесі – энергияны салқын денеден жылырақ денеге өткізе алатын процестің жүзеге асуы мүмкін емес.***

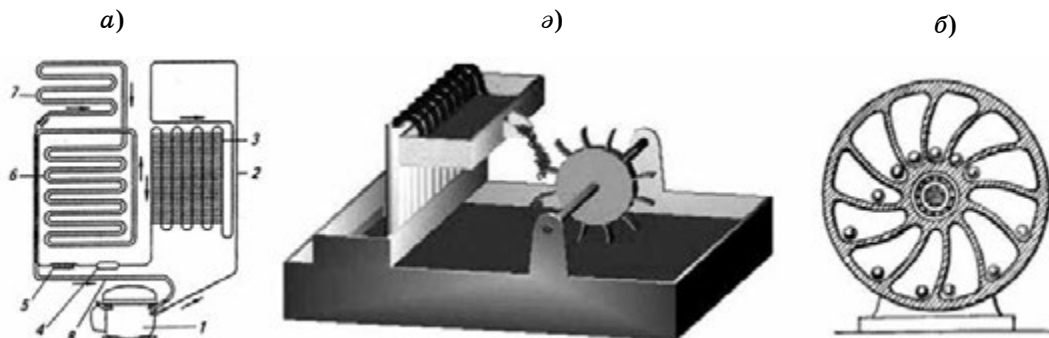
Бұл тұжырымдаманың физикалық мағынасы мынаған саяды. Термодинамиканың екінші заңы энергияның өз бетімен салқын денеден жылырақ денеге өтуіне шек қояды. Ал еріксіз мәжбүрлеу жолымен салқын дененің бойындағы энергиясын шым-шымдап алып, жылырақ денеге өткізуге шек қоймайды. Яғни энергияны салқын денеден жылырақ денеге өткізудің басқа амалдарының барлығын аңғартады. Осындай амалдарға, мысалы, суытқыш машиналардың жұмыс істеу принциптері жатады. Суытқыштар сыртқы күштердің жұмысы арқылы энергияны салқын денеден алып, жылы ортаға өткізе алады.

**5. Суытқыш машинаның жұмыс істеу принципі** сұйықтың жылдам буланған кезде ішкі энергиясын азайтатын құбылысқа негізделген. Енді осы құбылыстың негізінде энергияны салқын денеден жылырақ денеге қалай өткізуге болатынын толығырақ баяндайық.

Денелердің молекулалары өртүрлі жылдамдықпен қозғалатынын білеміз. Жылдам қозғалатын молекулалар салқын денелерде де бар. Салқын денелердің жылдам молекулаларына сырттан көмек беру арқылы температурасы жоғарырақ денеге өткізіп жіберуге болады. Ол үшін сыртқы күштер жұмыс жасаулары қажет. Нақ осындай жұмыстар суытқыштарда жасалады. Суытқыш қондырғыларының жұмыс істеу принципін түсіну үшін төмендегі қарапайым сұлбаны қарастырайық (сурет 3.2, а).

Жұмыстық дене ретінде өте жылдам буланатын зат алынады. Мысалы, жұмыс денесінің қызметін аммиак (қайнау температурасы  $-33,4^{\circ}\text{C}$ ) немесе фреон (қайнау температурасы  $-29,8^{\circ}\text{C}$ ) атқарады. Буландырғыштың ирек түтікшелерінде (7) фреон төменгі қысымда өте тез буланады. Булану барысында салқындай түскен фреон мұздатқыш және салқындатқыш камераларды орай орналасқан ирек түтікшелердің (7 және 6) қабырғаларынан олардың ішкі энергиясын азайтып жұтады. Сөйтіп, камералардағы азық-түліктің де ішкі энергиялары жылу алмасу жолымен салқын фреонға өтіп жұтылады. Энергияны жұтқан фреонның буы ирек түтікшелерден компрессор (1)





Сурет 3.2: а) суытқыш; б-в) «мәңгі қозғалтқыштардың» кейбір түрлері

арқылы сорылып алынады да, конденсаторға (2) айдалады. Конденсаторда фреонның буы жұтқан энергиясын жылу қабылдағыш (3) арқылы сыртқы ортаға шығарып, қайта сұйық күйге ауысады. Сұйық фреон қайтадан шүмектер (4 және 5) арқылы имек түтікшеге жетіп, тез буланады да, барлық процесс тағы да қайталанады. Процесс қайталанып отыру үшін компрессор электр қозғалтқыш арқылы жұмыс жасайды. Сөйтіп, электр жүйесіндегі энергия есебінен жылу салқынырақ денеден (мұздатқыш камерасынан) жылырақ денеге (сұйылтқышқа, одан сыртқы ортаға) өтеді.

6. Термодинамиканың екінші заңы ішкі энергияның механикалық энергияға түрленуіне шек қояды. Бұл өзін қоршаған ортадағы денелерді үнемі салқындату жолымен ғана жұмыс істейтін машиналар жасауға болмайды дегенді білдіреді. Сөйтіп, екінші заң сыртқы ортаның энергиясын жұтып, оны үнемі салқындату арқылы жұмыс жасайтын «мәңгі қозғалтқыштар» жасау мүмкіншілігіне шек қояды.

Осылайша, термодинамиканың екі заңы да «мәңгі қозғалтқыштар» жасау мүмкіншілігін жоққа шығарады. Бірінші заңға негізделіп жоққа шығарылатын қозғалтқышты *бірінші текті «мәңгі» қозғалтқыш* деп атайды. Бірінші заң жоқ нәрседен энергия алып, жұмыс жасайтын машиналар шығаруға болмайтындығын көрсетеді (сурет 3.2, а-б).

Екінші заңға негізделіп жоққа шығарылатын қозғалтқышты *екінші текті «мәңгі» қозғалтқыш* деп атайды. Екінші заң бір денені салқындату жолымен ғана жұмыс жасайтын машиналар шығаруға болмайтындығын көрсетеді. Сонымен, көп жағдайда термодинамиканың екінші заңын қысқа түрде былайша тұжырымдайды:

***Екінші текті «мәңгі» қозғалтқыш жасау мүмкін емес.***



## Сұрақтар

1. Термодинамиканың бірінші заңы энергияның сақталу және айналу заңының қандай қырларын сипаттайды? Энергияның жылу процесстеріндегі өту бағыттары жөнінде не айтады?
2. Табиғаттағы жылу алмасу процесінің қайтымсыздығын қандай құбылыстар айғақтайды? Не себептен процестердің қайтымсыздығын Ғаламдық құбылыс деп санайды?
3. Термодинамиканың екінші заңы деп қандай заңдарды айтады?
4. Клаузиус постулаты қалай тұжырымдалады? Оның физикалық мағынасы нені білдіреді?
5. Тоңазытқыштың жұмыс істеу принципі қандай физикалық құбылысқа негізделген? Сұлбасын салып түсіндіріңдер.
6. Термодинамиканың екінші заңы қысқаша қалай тұжырымдалады? Бірінші және екінші текті «мәңгі» қозғалтқыштар деп қандай қозғалтқыштарды айтады және олар не себепті жұмыс істей алмайды?



## Практикалық тапсырма

Үй тоңазытқышының арт жағындағы сұйылтқыш конденсатордың торларына қолдарыңды абайлап жанастырып, оның температурасы мен бөлме температурасының айырмашылығын сезініңдер. Қайсысының температурасы жоғары болғанын дәптерлеріңе жазып алыңдар.



## Теориялық зерттеу

«Үй тоңазытқышының мұздатқышындағы температура қалай реттеледі?» деген сұраққа жауап жаза отырып, сұйылтқыш конденсатор мен бөлме температурасының айырмашылығын түсіндіріңдер.

## §15.

## ЖЫЛУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ

1. Ғалымдардың энергияның жаңа көздерін ашуы, өнертапқыштардың сан түрлі жылу қозғалтқыштарын ойлап табуы адамзат өркениетінің соңғы ғасырларда қарыштап дамуын қамтамасыз етті. Мысалы, *бу машиналары* мен *іштен жанатын қозғалтқыштардың* арқасында XIX ғасырдан бастап өнеркәсіп қарқынды дами бастады.

Барлық жылулық машиналар құрылымдарының сан алуандығына қарамастан, *жылу қозғалтқыштары* және *суытқыш қондырғылар* деп екі түрге бөлінеді. Суытқыш қондырғылардың жұмыс істеу принциптерін жоғарыда қарастырдық (§14, сурет 3.2, а). Енді жылулық

қозғалтқыштардың кейбір түрлерін қысқаша сипаттап, жұмыс жасау принциптеріне тоқталайық.

**2. Жылу қозғалтқыштары деп отынның ішкі энергиясын механикалық энергияға айналдырып, сол арқылы жұмыс жасайтын қондырғыларды айтады.**

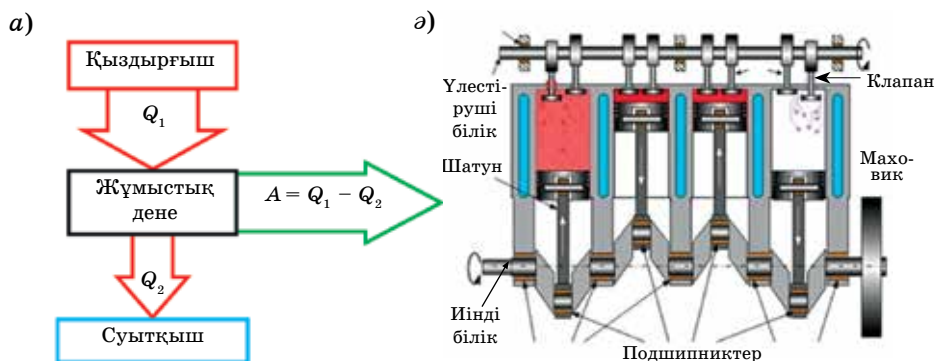
Барлық жылу қозғалтқыштарының құрылымдары үш негізгі бөліктен тұрады. Оларды *қыздырғыш*, *жұмыстық дене* және *суытқыш* деп атайды (сурет 3.3, а). Қыздырғышта отын энергиясы босайды; жұмыстық дене ретінде бу немесе газ пайдаланылады, босаған энергияның біраз бөлігі будың (газдың) істейтін жұмысына шығындалады; суытқыш пайдаланусыз қалған артық энергияны қабылдайды. Осылайша, термодинамиканың бірінші заңы ( $Q_1 = A + Q_2$ ) жылу қозғалтқыштарында нақты көрініс табады.

**3. Жылу қозғалтқыштарына іштен жанатын қозғалтқыштар (ІЖҚ) жатады.**

**Іштен жанатын қозғалтқыштар деп цилиндр немесе камера ішінде жанған отыннан шығатын газдың жәрдемімен жұмыс жасай алатын қозғалтқыштарды айтады.**

Іштен жанатын қозғалтқыштардың көп тараған түрі *төрт тактілі*, *төрт поршенді іштен жанатын қозғалтқыш* (сурет 3.3, ә) болып табылады. Цилиндрдегі поршеннің жоғарыдан төменге қарай немесе керісінше қозғалысының арақашықтығын *поршеннің жүрісі* немесе қозғалтқыштың *тактысі* деп атайды.

Қозғалтқышта газ жұмыс жасау үшін бір поршень төрт жүріс жасайды, яғни төрт такт қажет. Сондықтан мұндай қозғалтқыштар *төрт тактілі* деп аталады. Сонымен, поршеннің төрт жүрісінің біреуінде ғана газ жұмыс істейді. Поршеннің мұндай жүрісін *жұмыстық жүріс* дейді.



Сурет 3.3. Жылу қозғалтқышының негізгі бөліктері

Поршеннің қалған үш жүрісінде жұмыс істелмейді, олар тек келесі жұмыстық жүріске даярлық жасайтын қосалқы жүрістер болып табылады.

4. Енді төрттактілі, төртпоршенді іштен жанғыш қозғалтқыштың (сурет 3.3, ә) бір мезгілде әр поршенінің қандай жүріс (такт) жасайтынын қарастырайық. Суреттен көріп отырғанымыздай, оң жақтағы 1-цилиндрдің поршені төмен қарай қозғала бастағанда, оның оң қапталындағы клапан ашылады да, жанғыш қоспа цилиндрдің ішіне қарай сорыла бастайды. Поршеннің бұл жүрісін **сору** жүрісі деп атайды. Бұл кезде 2-поршень жоғары көтеріліп, жанғыш қоспаны қысады. Поршеннің бұл жүрісін **сығу** жүрісі деп атайды. Осы сәтте 3-поршендегі қоспа электр ұшқыны арқылы қопарыла жанады да, үлкен қысымда пайда болған газ поршенді төмен қарай қозғап, жұмыс жасайды. Поршеннің бұл жүрісін **жұмыстық жүріс** деп атайды. Ал 4-поршень жоғары көтеріліп, жұмыс істеген газды сол қапталда ашылған клапан арқылы сыртқа шығарады. Поршеннің бұл жүрісін **шығару** жүрісі деп атайды.

Міне, осылайша қозғалтқыштың бір толық циклі мына төрт процесстен: **сору**, **сығу**, **жұмыс** және **шығару** жүрістерінен тұрады. Әр поршень кезегімен осы жүрістерді (тактілерді) қайталап отырады. Әрбір толық цикл өткен сайын қозғалтқыштың әйтеуір бір цилиндріндегі газ кезектесіп жұмыс жасайды.

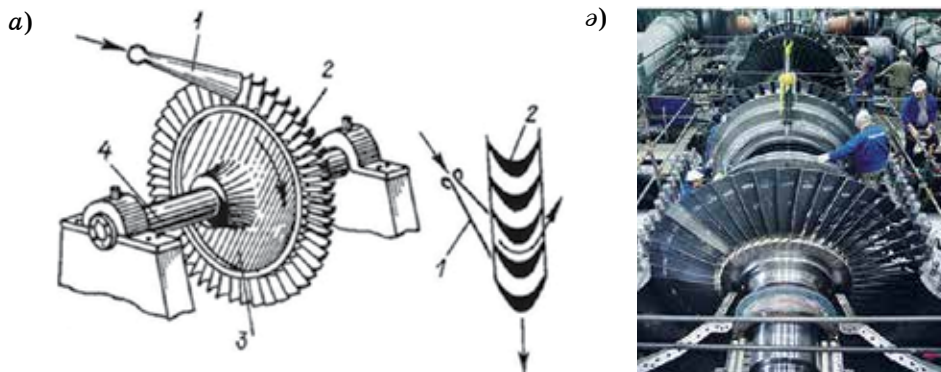
5. Жоғарыда сипатталған қозғалтқыш бензин немесе газбен жұмыс істей алады. Сонымен қатар іштен жанатын төрттактілі қозғалтқыштардың ауыр және арзандау жанармайлармен (керосин, мұнай, дизель отыны) жұмыс істейтін түрлері де бар. Оларға **іштен жанатын төрттактілі дизель қозғалтқыштары** жатады. Оның ерекшелігі мынаған саяды: 1-такт ішінде жұмыс цилиндріне жанғыш қоспа емес, ауа сорып алынады. Поршень кері қозғалатын 2-такт кезінде цилиндрдегі ауа жылдам сығылып, адиабаттық процесс орын алады. Сөйтіп, тез сығылған ауаның температурасы 2-тактының соңында 700–1000°C шамасына жетеді. Осы кезде оған форсункалардың жәрдемімен дизель отынын тозаңдатып бүркеді. Тозаңдатылған дизель отыны жоғары температураның салдарынан өздігінен тұтанып, цилиндр ішінде бензинге қарағанда ұзағырақ жанады. Сол себепті дизель қозғалтқыштарында электр ұшқынын беретін свечалар орнатылмайды. Бұдан кейінгі тактілерде, іштен жанатын бензинді қозғалтқыштардағы сияқты **жұмыс** және **шығару** жүрістері орындалады.

6. Жылу қозғалтқыштарының тағы бір түрі – **бу және газ турбиналары**. Бу (газ) турбиналары жылу және атом электр стансыларында отынның ішкі энергияларын электр энергиясына түрлендіретін

генераторлардың роторларын айналдыру үшін қолданылады. Іштен жанатын қозғалтқыштардан өзгеше турбиналарда поршень мен шатун және иінді білік қолданылмайды.

**Бу немесе газ турбиналары деп қызған будың (газдың) жәрдемімен поршень мен шатунсыз және иінді біліксіз айнала алатын қозғалтқыштарды айтады.**

Қарапайым бу турбинасының негізгі жұмысшы бөлігі ротор болып табылады (сурет 3.4, а). Ротор-диск (3) білікке (4) бекітілген. Бу қазанында жоғары қысымда пайда болған бу сопло (1) деп аталатын арнайы түтіктер арқылы ротордың қалақшаларына (2) бағытталады. Соплоларда жоғары қысымдағы бу ұлғаяды да, қысымын төмендетеді, есесіне бу ағынының жылдамдығы артады.



Сурет 3.4: а) бу турбинасы; ә) көпсатылы бу турбинасы

Бу турбинасын айналдырып, жұмыс істеп шыққан будың кинетикалық энергиясы біршама азайғанмен, оның қуаты әлі де болса бірнеше роторларды айналдыруға жетеді. Сондықтан бу турбиналарының ПӘК-ін көтеру үшін олардың роторларын бір-біріне жалғастыра қосып, көпсатылы турбиналар түрінде жинайды (сурет 3.4, ә). Көпсатылы турбиналарда бу температурасы  $100^{\circ}\text{C}$ -ге таяу төмендегенге дейін бір сатыдан келесі сатыға өтіп, жұмыс жасай береді. Мұндай көпсатылы турбиналар Екібастұз жылу электр стансысында да қолданыс тапқан.

Бу турбиналарының артықшылығына мыналар жатады: жылдам айналысатындығы, ықшамдылығы, пайдалы әрекет коэффициентінің едәуір жоғарылығы (40%-ға дейін). Кемшіліктеріне мыналар жатады: инерттілігі, яғни тыныштық күйінен шығаруға немесе тоқтатуға едәуір уақыт кетеді, айналу жылдамдығын реттеу мүмкіншілігінің шектеулігі, кері жүрісінің (айналысының) жоқтығы.



## Сұрақтар

1. Жылу қозғалтқыштарының адамзат өркениетін дамытудағы рөлі қандай?
2. Жылу қозғалтқыштары деп қандай қозғалтқыштарды айтады? Олардың барлығына ортақ қандай бөліктері бар?
3. Төрттактілі іштен жанатын қозғалтқыш қалай жұмыс істейді?
4. Іштен жанатын дизель қозғалтқыштарының ерекшеліктері қандай?
5. Бу немесе газ турбиналары деп қандай қозғалтқыштарды айтады және олар қалай қозғалыс жасайды? Олардың қандай артықшылықтары мен кемшіліктері бар?



## Практикалық тапсырма

Сурет 3.3, ө бойынша іштен жанатын қозғалтқыштың толық циклі кезінде солдан оңға қарай орналасқан №1–№4 цилиндрлердің поршендерінің қандай жүріс жасайтынын кестеге жазып көрсетіңдер.

Цилиндр реті	Толық циклдегі поршеннің жүрістерінің аталуы (сору, сығу, жұмыс, шығару)			
№1				
№2				
№3				
№4				



## Эксперименттік зерттеу

Мүмкіндігіне қарай ата-анаңмен және туысқандарыңмен бірлесе отырып, төменде көрсетілген зерттеу тапсырмаларын орындаңдар:

- 1) Қандай да бір көлік құралының іштен жанатын қозғалтқышының сыртқы және ішкі құрылымымен танысыңдар; оның суытқыш жүйесінің құрылысына, маховигі мен иінді білігінің және оталдырғыш тетіктерінің түр-түстеріне, сондай-ақ шатун мен поршенге және поршеннің сақиналарына мұқият зер салып, атқаратын қызметтеріне көңіл аударыңдар;
- 2) Қозғалтқыштарды жөндейтін арнайы шеберханаларға сынып балаларымен бірге экскурсия жасап, жоғарыда аталған бөліктердің қызметтерімен толығырақ танысыңдар; жөндеуші шеберлер мен мамандарға қоятын сұрақтарыңды алдын ала даярлап, олардан жауап алуды жоспарлаңдар.

## §16.

ЖЫЛУ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫНЫҢ  
ПАЙДАЛЫ ӘРЕКЕТ КОЭФФИЦИЕНТІ

1. Барлық жылу қозғалтқыштарының жұмыстық денесі қыздырғыштан алған  $Q_1$  жылу мөлшерінің бәрін пайдалы жұмысқа жұмсай алмайды. Оның белгілі бір  $Q_2$  бөлігі босқа шығындалып, суытқышқа (сыртқы ортаға) беріледі. Сондықтан газдың ұлғайған кездегі істейтін жұмысына оған берілген жылудың тек  $A = Q_1 - Q_2 = \Delta Q$  бөлігі ғана жұмсалады. Қозғалтқыштардың жанған отынның ішкі энергиясын механикалық энергияға айналдыру тиімділігін сипаттау үшін *жылу машинасының пайдалы әрекет коэффициенті* ұғымы енгізіледі.

**Жылу машинасының пайдалы әрекет коэффициенті (ПӘК-і) деп оның жасаған пайдалы жұмысының жылытқыштан алған жылу мөлшеріне қатынасын айтады:**

$$\eta = \frac{(Q_1 - Q_2)}{Q_1} = \frac{A_{\text{пай}}}{Q_1}.$$

Бұл формула машинаның қыздырғыштан алған жылудың қандай бөлігін пайдалы жұмысқа жұмсайтынын білдіреді. Пайдалы жұмыс үлкен болған сайын, яғни бөлшектің алымы бөліміне жақындаған сайын қозғалтқыштың үнемділігі де арта түседі.

2. Практикада қолданыс тапқан барлық жылу қозғалтқыштарының ПӘК-і жоғары емес, тіпті 40%-ға да жетпейді. Оған себеп: жұмыстық дене (бу немесе газ) жанған отыннан алған энергиясын толығымен механикалық энергияға түрлендіре алмайды. Өйткені жұмыс істеп болған будың (газдың) суытқышқа шығардағы температурасы едәуір жоғары күйінде сақталады. Мысалы, бу турбинасының ең соңғы басқышынан шыққан будың температурасы 100°C-ден жоғары болады. Ал іштен жанатын қозғалтқыштардың цилиндрлерінен газ 500–600°C-де шықса, газ турбиналарынан 400–500°C-де шығады. Көріп отырғандай, бу (газ) отынның ішкі энергиясының өзі жұтқан біраз бөлігін сыртқы ортаға шығарып тастайды.

Сөйтіп, жанған отынның ішкі энергиясын толығымен механикалық энергияға айналдыру іс жүзінде мүмкін емес. Оның біраз бөлігі сыртқы ортаға тарайтындықтан пайдалы жұмыс істеуге қатыспайды. Мұндай қорытынды кез келген жылу машиналары үшін ортақ қорытынды болып табылады.



3. Жоғарыдағы қорытындыға 1824 жылы француз ғалымы С. Карно келген болатын. Ол жылу машиналарының ПӘК-ін абсолют температуралар арқылы табудың оңтайлы жолын ұсынды. Егер ыстық дененің (қыздырғыштың) абсолют температурасы  $T_1$ , ал салқын дененің (суытқыштың) температурасы  $T_2$  болса, онда машинаның ең үлкен (максимум) ПӘК-і мына формуламен анықталады:

$$\eta_{\text{макс}} = \frac{(T_1 - T_2)}{T_1}.$$

Температураның көрсетілген мәндерінде бұдан да жоғарырақ ПӘК алу мүмкін емес. Практикада кездесетін шынайы жағдайлардың бәрінде де жылу тек пайдалы жұмыс істеуге ғана емес, басқа да нәрселерге (мысалы, әртүрлі кедергілерді жеңуге) шығындалады. Сондықтан машиналардың ПӘК-і олардың Карно формуласымен анықталатын ең үлкен теориялық мәндерінен кіші болады:

$$\eta_{\text{прак}} < \eta_{\text{макс}}.$$

4. *Қозғалтқыштардың, ПӘК-ін көтерудің* негізгі үш бағытын көрсетуге болады.

**Біріншіден**, Карно формуласынан көрініп тұрғандай, газдың (будың) жұмыс атқаруға дейінгі (яғни ұлғайғанға дейінгі)  $T_1$  температурасын мейлінше көтеріп, жұмыстан кейінгі (ұлғаю соңындағы)  $T_2$  температурасын барынша кеміту амалдарын табу керек. Екінші сөзбен айтқанда, қыздырғыштың температурасын мейлінше көтеріп, суытқыштың температурасын мейлінше төмендету қажет.

**Екіншіден**, пайдаланатын отынның камераларда (цилиндрлерде) толық жануын қамтамасыз ететін технологияларды тауып, өндіріске енгізу керек. Кері жағдайда отын шала жанып, босқа зиянға айналады; қара қошқыл түтін мен улы газдарды көптеп шығарып, қоршаған ортаны ластайды.

**Үшіншіден**, энергияның үйкеліс күштерін жеңуге кететін шығындарын азайту жолдарын іздестіру керек.

Көтерілген мәселелерді тиімді шешу үшін аса жоғары және төмен температураларға шыдамды материалдар жасау проблемалары да көкейкесті күйінде қала береді.



#### Сұрақтар

1. Қыздырғыштан алынатын жылу мөлшерін толығымен механикалық энергияға түрлендіруге бола ма? Неге?

2. Жылу қозғалтқышының (машинасының) пайдалы әрекет коэффициенті (ПӘК-і) деп нені айтамыз?
3. Жылу қозғалтқышының пайдалы әрекет коэффициентінің төмен болуының негізгі себебі қандай?
4. Жылу қозғалтқышының пайдалы әрекет коэффициентінің ең жоғарғы мәні қалай анықталады? Неге жылу қозғалтқышының ПӘК-і іс жүзінде 100%-ға жақындай алмайды?
5. Жылу қозғалтқышының ПӘК-ін көтеруде ұстанатын негізгі жол қандай?



### Жаттығу 3.2

1. Температурасы  $7^{\circ}\text{C}$  болатын 4,4 т суды  $100^{\circ}\text{C}$ -ге дейін қыздырған. Осы судың 10%-ын буға айналдыру үшін жылу қазандығында массасы қандай мұнайды жағу керек?
2. Қуаты 8 кВт, ПӘК-і 11% мотоцикл 1 сағатта неше литр бензин шығындайды?
3. 100 кВт қуат өндіретін бу турбинасының жұмысы үшін бу қазанына 960 т таскөмірін жағады. Осы бу турбинасы қондырғысының ПӘК-ін анықтаңдар.
4. Жұмыс істеп тұрған қыздырғыш машинасының оттығында 0,8 л керосин қалды. Оны толық жағып, температурасы  $10^{\circ}\text{C}$  массасы белгісіз суды қайнау нүктесіне жеткізген. Судың көлемін анықтаңдар. Қыздырғыштың ПӘК-і 40%.
5. Егер қуаты 55 кВт машина бір сағатта 0,31 кг бензин жұмсайтын болса, онда оның ПӘК-і қандай болды?



### Теориялық зерттеу

1. Қандай да бір іштен жанатын қозғалтқыштың паспорты бойынша (немесе жүргізушінің куәлігіндегі мәліметтерді пайдаланып) оның *қуатын, орташа жылдамдығын және 100 км-ге жұмсайтын жанармай шығынын* дәптерлеріңе жазып алыңдар.
2. Жазып алған деректерге сүйеніп, қозғалтқыштың паспортына сәйкес келетін теориялық ПӘК-ін анықтаңдар.
3. Жоғарыдағы мәліметтерге қоса жүргізушіден 100 км-ге жұмсайтын нақты жанармай шығынын біліп алып, қозғалтқыштың іс жүзіндегі ПӘК-ін анықтаңдар.
4. Қозғалтқыштың іс жүзіндегі ПӘК-ін теориялық мәнімен салыстырып, айырмасы болса, оның себеп-салдарын анықтаңдар; әрі жүргізушіні де хабардар етіңдер.

## §17.

**ЖЫЛУ МАШИНАЛАРЫН ПАЙДАЛАНУДАҒЫ  
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕР**

1. Адамзат өркениетін дамытуда жылу машиналары орасан зор рөл атқарды, өлі де атқарып келеді және атқара беретін болады. Алайда өркениет дамуының жаңа кезеңінде кезек күттірмей шешілуге тиісті екі көкейтесті проблема туындады. Оның бірі – жер қойнауындағы табиғи қазба отындардың күрт азаюына байланысты туындаған мәселе. Ал екіншісі – жылу машиналары мен қондырғылардың қоршаған ортаны ластауынан туындаған экологиялық мәселе, «Аталған проблемалар адамзатты не үшін алаңдатады?» деген сұраққа жауап берейік.

2. Жылу қозғалтқыштарының барлық түрлерінің пайдалы әрекет коэффициенттері іс жүзінде 40%-дан аспайды. Өйткені олардың барлығы да атмосфераға жұмыс газын ыстық күйінде шығарады. Мысалы, дизельді де, бензинді қозғалтқыштар да атмосфераға жұмыс газын ыстық күйінде (500–600°C шамасында) шығарады. Мұндай процесс олардың ПӘК-ін төмендетеді. Сондықтан бензинді қозғалтқыштардың ПӘК-і 20–25%, ал дизельді қозғалтқыштарында 30–36%-дан аспайды. Осылайша, оларды жүргізуге жұмсалатын әрбір 100 л жанармайдың 70–80 литрі бостан-бос сыртқы ортаға шығарылып, төңіректі ластайды. Мұндай жағдай жылу қозғалтқыштарының барлық түрлерінде орын алады.

Сонымен қатар тіршілік иелеріне аса қажетті ауадағы оттегі газын да орасан мол мөлшерде шығындайды. Мысалы, бір ғана реактивті ұшақтың қозғалтқышы 5 сағат ішінде жану процесіне 45 тонна оттекті жұмсап, одан да көп мөлшерде зиянды жану өнімдерін атмосфераға таратады. Ал бір зымыран ұшқанда оттегі шығыны да, қоршаған ортаға тарайтын зиянды заттар да ұшақтағы мөлшермен салыстырғанда мыңдаған-миллиондаған есе артып түседі. Сол сияқты жүздеген миллион басқа да жылу машиналары мен қондырғылар жанармай мен оттегі газын шығындап, сонша мөлшердегі зиянды жану қалдықтарымен төңіректі ластайды.

Өнеркәсіп салалары мен жылу электр стансыларында да орасан мол мөлшерде оттегі пен органикалық отын түрлері шығындалады. Олардың пештері мен басқа да қондырғыларындағы отын толық жанбай, қоршаған ортаға күл аралас қоқыстар шығарылып, ал ауаға көмірқышқыл газы, күкірт және азот тотықтары мол мөлшерде тарайды. Күкірт және азот тотықтары атмосферадағы су буларымен химиялық байланысқа түсіп, күкірт және азот қышқылдарының тамшыларынан тұратын аса зиянды

бұлт түзеді. Оның салдарынан улы да қышқыл жаңбыр жауып, адамдар мен жануарлар да, ауылшаруашылық дақылдары мен бау-бақшалар да, дала өсімдіктері мен ормандар да үлкен зиян шегеді.

Орта есеппен әрбір 25 жыл сайын ауаға адам айтса нанғысыз  $345 \cdot 10^9$  (345 миллиард) тонна көмірқышқыл газы тарайды. Сөйтіп, көмірқышқыл газының ауадағы концентрациясы жылдан-жылға молайып, ал оттег газының мөлшері керісінше азайып келеді. Көмірқышқыл газының ауадағы концентрациясының молаюы «*жылыжай эффектін*» туғызып, Жер бетінде қалыптасқан жылу балансының табиғи жүрісін бұзып, температураның жасанды көтерілуіне әкелді. Оның кесірінен көмірқышқыл газын жұтып, оттег шығаратын планетамыздың жасыл өкпесі ормандар өртеніп, тау жоталары мен Солтүстік Мұзды мұхиттағы және Антарктикадағы алып мұз жоталары қарқынды ери бастады. Сөйтіп, планетамыздың кей өңірлерінде құрғақшылық орын алып, ал кей жерлерде алапат дауылдар соғып, құйынды жаңбырлар ойран сала бастады. Оның үстіне көптеген аралдар мен құрлықтағы ойпаттарды топан су басу қаупі күн тәртібіне енгізілді.

3. Сонымен, жылу қозғалтқыштарының пайдалы әрекет коэффициенттерінің төмендігі салдарынан адамзат өркениетінің даму тарихы барысында (негізінен соңғы екі ғасыр шамасында) бүкіл өндірілген отынның 2/3 бөлігі босқа рәсуа болды. Планетамыздың ластануы, жылу алмасудың табиғи балансының бұзылуы шекті жағдайға жетті. Оның үстіне энергияны пайдаланудың қазіргі қарқыны сақталған жағдайда жер қойнауындағы газ бен мұнайдың қоры 30 жыл шамасында, ал көмірдің қоры 150–200 жыл ішінде таусылып бітетіні белгілі болды.

4. Жоғарыда сипатталған мәселелерді шешуде Қазақстан Астанасында «Болашақ энергиясы» тақырыбына ұйымдастырылған халықаралық EXPO–2017 көрмесі (сурет 3.5) дәуірлік тарихи маңызы бар оқиға болды.

EXPO–2017 көрмесі «Болашақтың энергиясын» жасақтаудың мына негізгі *үш бағытына басымдық* беруді көздейді:

- экологиялық таза *жаңартылатын энергия* көздерін (күн, жел) пайдаланатын техника мен технологияларға басымдық беру;
- Жер-ананың өкпесі – *жасыл энергия* көздерін (ормандар мен өсімдік түрлерін) қорғау және олардың энергетикалық әлеуетін үнемдеп пайдаланатын техника мен технологияларға басымдық беру;
- жаңартылмайтын *қазба отын энергия* көздерін (көмір, мұнай, газ, шымтезек, жанғыш тақтатас) үнемдеп пайдаланатын техника мен технологияларға басымдық беру.



Сурет 3.5. Астанадағы EXPO–2017 қалашығы

EXPO–2017 көрмесі аясында көрсетілген *бірінші басымдық* мына дерекке негізделеді: жел энергиясын қоспағанның өзінде жыл сайын Жер шарының әрбір текше метріне  $1,36 \text{ кВт/м}^2$  Күн энергиясы түседі. Міне, осы әрбір текше метрге түсетін Күн энергиясының тек  $0,2 \text{ Вт/м}^2$  бөлігін ғана игере алатын техникалар мен технологияларды жасай алсақ, онда адамзат қоғамы энергетика мәселесін де, экология мәселесін де түбегейлі шешкен болар еді.

*Екінші және үшінші басымдықтар* негізгі зерттеу жұмыстарын ауаны ластамайтын, пайдалы әрекет коэффициенттері жоғары, өрі энергияны үнемдеп пайдаланатын қозғалтқыштар мен қондырғылар шығаруға бағыттайды.



### Сұрақтар

1. Жылу машиналары көмегімен адамзат өркениетін дамыту барысында қандай проблемалар туындады?
2. Жылу қозғалтқыштарын қолдануға байланысты қандай мәселелер адамзат қоғамын алаңдатып отыр?
3. Қазба отын қорларының жылдам азаюының басты себептері қандай?



4. Астанада өткен халықаралық EXPO–2017 көрмесі қандай тақырыпқа арналды? Неге?



5. EXPO–2017 көрмесі болашақтың энергиясын жасақтаудың қандай бағыттарына басымдық береді? Неге?



### Практикалық тапсырма

1. Ақпарат көздерін, солардың бірі – Интернет желілерін пайдаланып, EXPO–2017 көрмесіндегі Қазақстанның ұлттық павильонында «болашақтың энергиясына» арналған материалдарды саралай оқып, қандай көкейкесті мәселелерді көтергенін анықтаңдар.
2. Көтерілген төрт көкейкесті тақырыптардың ішінен біреуін таңдап, қысқаша реферат жазыңдар.
3. Жазған еңбектеріңді бірлесе отырып (үйірме мәжілістерінде, семинарлар мен конференцияларда) талқылап, үздіктерін қабырға газеттерінде жариялаңдар.



## Үшінші тараудағы ең маңызды түйіндер

**1. Термодинамиканың бірінші заңы.** Жүйе күйінің өзгеру процесінде оған берілген жылу жүйенің ішкі энергиясын молайтуға және сыртқы күштерге қарсы жұмыс істеуіне шығындалады:

$$Q = \Delta U + A.$$

**2. Газдың жұмысы.** Газдың тұрақты қысымда температурасы өсіп, көлемі изобаралық ұлғайғанда сыртқы күштерге қарсы істейтін жұмысы қысым мен көлемнің өсімішесінің көбейтіндісіне тең:

$$A = p\Delta V.$$

**3. Термодинамиканың екінші заңы (Клаузиус постулаты):**

Нәтижесі тек қана салқын денеден жылырақ денеге өтетін энергия болатын процесс мүмкін емес немесе екінші текті «мәңгі» қозғалтқыш жасау мүмкін емес.

**4. Жылу қозғалтқыштары** – отынның ішкі энергиясын механикалық энергияға айналдырып, сол арқылы жұмыс жасайтын қондырғылар.

**5. Іштен жанатын қозғалтқыштар** – цилиндр немесе камера ішінде жанған отыннан шығатын газдың жәрдемімен жұмыс жасай алатын қондырғылар.

**6. Бу немесе газ турбиналары** – қызған будың (газдың) жәрдемімен поршень мен шатунсыз және иінді біліксіз айнала алатын қозғалтқыштар.

**7. Жылу машинасының пайдалы әрекет коэффициенті (ПӘК-і)** – оның пайдалы жасаған жұмысының қыздырғыштан алған жылу мөлшеріне қатынасы:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q} = \frac{A_{\text{пай}}}{Q_1}.$$

**8. Карно формуласы (жылу машинасының ең үлкен ПӘК-і):**











$$\eta_{\text{макс}} = \frac{(T_1 - T_2)}{T_1}.$$



## IV ТАРАУ

# ЭЛЕКТРСТАТИКА НЕГІЗДЕРІ

### ОҚУШЫЛАР МЕҢГЕРУГЕ ТИІСТІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МАҚСАТТАР:

-  электр зарядын сипаттау;
-  үйкеліс және әсер (индукция) арқылы денені электрлендіру;
-  электрленудің оң және теріс түріне мысалдар келтіру;
-  электр зарядының сақталу заңын түсіндіру;
-  Кулон заңын есептер шығаруда қолдану;
-  электр өрісі және оның күштік сипаттамасы ұғымдарының физикалық мағынасын түсіндіру;
-  біртекті электрстатикалық өрістегі зарядқа әсер етуші күшті есептеу;
-  электр өрісін күш сызықтар арқылы кескіндеу;
-  потенциалдар айырымының және потенциалдың физикалық мағынасын түсіндіру;
-  конденсаторлардың құрылысын және қолданылуын сипаттау.

Бұл тарауда оқушылар терең игеруге міндетті алдыңғы бетте көрсетілген бағдарламалық оқу мақсаттарымен қатар, әр оқушының есінде ұзақ сақталуға тиісті мына физикалық ұғымдар қарастырылады: «электрлену», «электр заряды», «электр зарядының сақталу заңы», «Кулон заңы», «электр өрісі», «потенциалдар айырымы», «электр конденсаторы».

**Тараудағы физика терминдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі минимумы**

Қ а з а қ ш а	О р ы с ш а	А ғ ы л ш ы н ш а
Электр заряды	Электрический заряд	Electric charge
Электр зарядының сақталу заңы	Закон сохранения электрического заряда	The law of conservation of electric charge
Кулон заңы	Закон Кулона	The Coulomb Law
Электр өрісі	Электрическое поле	Electric field
Электр өрісінің кернеулігі	Напряженность электрического поля	Electric field strength
Өрістің потенциалы	Потенциал поля	Potential of the field
Потенциалдар айырымы	Разность потенциалов	Potential Difference
Конденсатордың электр сыйымдылығы	Электрическая ёмкость конденсатора	The capacitance of the capacitor

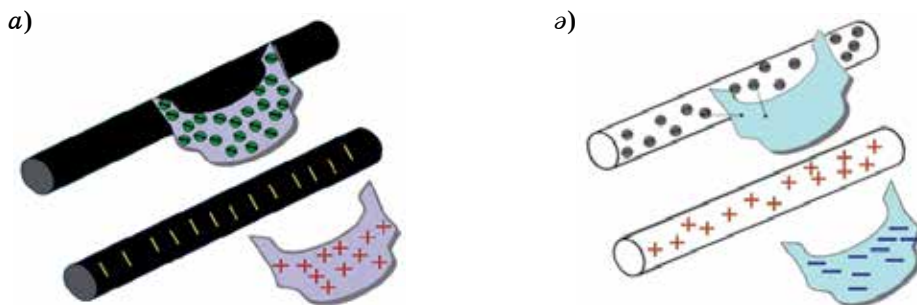
**§18.**

**ДЕНЕЛЕРДІҢ ЭЛЕКТРЛЕНУІ. ЭЛЕКТР ЗАРЯДЫ.  
ӨТКІЗГІШТЕР МЕН ДИЭЛЕКТРИКТЕР**

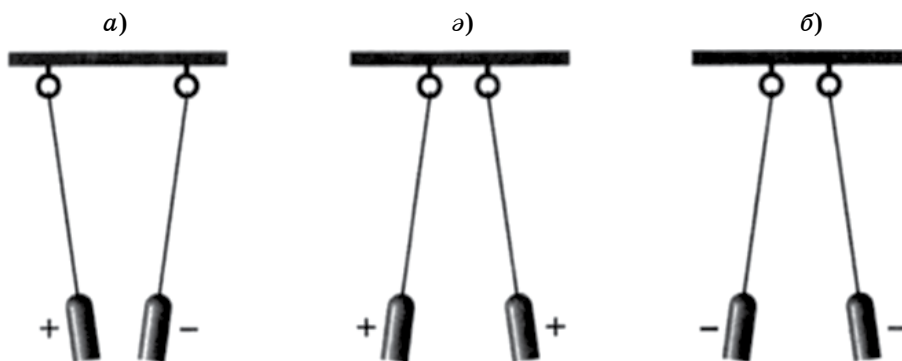
1. Егер пластмасса тарақпен шашты тарап, қағаздың ұсақталған қиындыларына жақындатсақ, олар тараққа тартыла бастайды. Сол сияқты зертханадағы эбонит немесе шыны таяқшаларын киімге немесе басқа бір материалға үйкесек, оларға да қағаз қиындылары тартылып жабысады. Заттардың *янтарьға* (қатайған ағаш *шайырына*) тартылатын құбылысын ертедегі грек ғұламалары *электрлену* деп атаған. Өйткені *янтарь* грек тілінде *электр* немесе *электрон* деп аталады. Міне, сондықтан, басқа заттардың янтарьға ұқсап, өздеріне әртүрлі қиқымдарды тарту құбылысы олардың *янтарлануы*, яғни *электрленуі* деп аталып кетті;

ал араларында пайда болатын күш **электр күші** деген атаумен ғылым тарихына енді.

**2. Денелерді үйкеліс арқылы электрлендіру.** Тәжірибелер денелерді жанастырып, бір-біріне үйкегенде олардың *электрленуінің екі түрі* болатынын көрсетеді (сурет 4.1). Оған төменде сипатталған тәжірибелер арқылы көз жеткізе аламыз. Жұқа металл үлбірінен жасалған екі жеңіл цилиндрді бір-бірінен алшақтау ілейік (сурет 4.2). Эбонит таяқшасын жібек матаға үйкелеп электрлендірейік те (сурет 4.1, а), цилиндрдің біреуіне эбонитті, екіншісіне жібек матаны жанастырайық. Сонда цилиндрлер бір-біріне тартыла бастайды (сурет 4.2, а). Ал егер екі цилиндрге де электрленген матаны жанастырсақ, олар бір-бірінен алшақтайды (сурет 4.2, ә). Нақ осындай көрініс екі цилиндрге электрленген эбонит таяқшасын жанастырғанда да орын алады (сурет 4.2, б). Енді эбонитті жібекке, шыныны қағазға үйкелеп (сурет 4.1, ө), цилиндрдің біреуіне эбонитті, екіншісіне шыны таяқшаны жанастырайық. Бұл жағдайда да цилиндрлер бір-біріне тартылады (сурет 4.2, а).



Сурет 4.1. Үйкеліс арқылы заттарды электрлендіру



Сурет 4.2. Электрленген денелердің әрекеттесулері

Сонымен, тәжірибелер, *біріншіден*, эбонит таяқшада бір түрлі, ал шыны таяқшада екінші түрлі электрленудің пайда болғанын көрсетеді; *екіншіден*, бірдей электрленген денелердің бір-бірінен тебілетінін, ал әртүрлі электрленген денелердің бір-біріне тартылатынын дәлелдейді.

*Әртүрлі денелерді бір-біріне жанастырып үйкелеу жолымен электрлендіру амалын жанастырып үйкеліс арқылы электрлендіру тәсілі деп атайды.*

**3. Денелерді әсер (индукция) арқылы электрлендіру.** Денелерді электрлендірудің басқа тәсілі де бар. Оған көз жеткізу үшін тағы бір тәжірибеге жүгінейік. Бір ұшына металл табағы бекітілген, екінші ұшына екі қағаз тілшесі жапсырылған металл шыбығын шыны колбаның мойнынан өткізіп бекітейік (сурет 4.3). Мұндай аспап *электроскоп* деп аталады. Қағазға үйкелеу арқылы электрленген шыны таяғын металл табаққа жақындатып, жанастырмай ұстап тұрсақ, металл шыбығының екінші ұшындағы қағаз тілшелер бір-бірінен алшақтай бастайды. Ендеше, бұл құбылыс қағаз тілшелерінің бір түрлі электрленгенін білдіреді. Сонымен, денелерді бір-біріне жанастырып үйкемей-ақ электрлендіре алатынымызға көз жеткіздік.



Сурет 4.3. Электроскоп

*Денелерді бір-біріне жанастырмай электрлендіру әсер арқылы (немесе индукция арқылы) электрлендіру деп атайды.*

**4.** Денелердің электрленуі туралы физика ғылымының тарихи дамуының әр кезеңінде жасалған көптеген тәжірибелерден төменде көрсетілген қорытындылар туындап, ұғымдар қалыптасты.

*Біріншіден*, екі денені электрлендіру *жанастыру тәсілі* арқылы немесе *индукция тәсілі* арқылы жүзеге асады.

*Екіншіден*, денелер екі түрлі электрленеді. Шыныда пайда болатын электр *оң (+)*, ал эбонитте пайда болатын электр *теріс (-) электр заряды* деп аталды.

*Үшіншіден*, *аттас зарядтар бір-бірін тебеді, әртатас зарядтар бір-бірін тартады.*

*Төртіншіден*, зарядталмаған денелерге қарағанда зарядталған денелерде жаңа қасиет – *бір-бірімен әрекеттесу қасиеті* пайда болады.

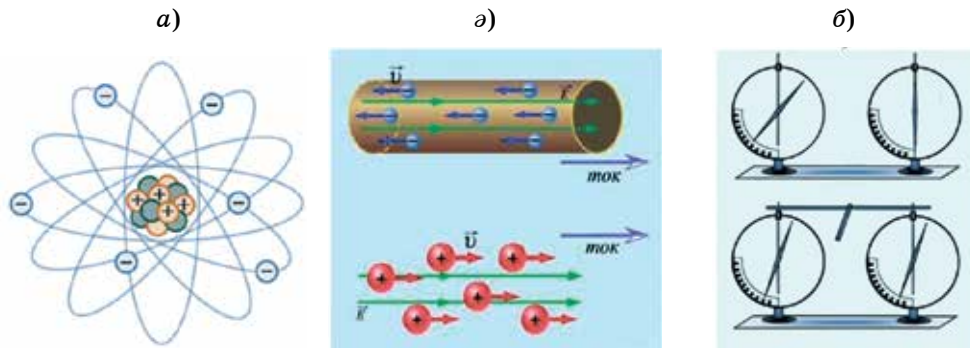
**5. Электр заряды да масса** сияқты материяның ажырамас қасиеті болып табылады. Массаны *m* әрпімен белгілегеніміз сияқты электр зарядының шамасын *q* әрпімен белгілейді. Халықаралық бірліктер

жүйесінде заряд бірлігіне **кулон (Кл)** алынады (оның мағынасы келесі тақырыпта ашылады). **Масса** материяның заттық түрін сипаттайтын шама болса, **заряд** материяның екінші түрі болып табылатын **өрістік түрін** сипаттайтын шама. Расында да, химиялық элементтердің атомдарын алатын болсақ, олар материяның заттық қасиеттерін де, өрістік қасиеттерін де иеленеді. Қалыпты жағдайда атомдар электр қасиеттерін білдірмейді. Ондай атомдарды бейтарап атомдар деп атайды. Алайда атомдардың (денелердің де) бейтарап болуы оларда электр зарядтары жоқ дегенді білдірмейді; тек оң зарядтар ( $+q$ ) мен теріс зарядтардың ( $-q$ ) абсолют шамаларының теңгеріліп тұрғанын ғана білдіреді ( $|+q| = |-q|$ ). Расында да, мысал ретінде көміртектің бейтарап атомын алатын болсақ (сурет 4.4, а), оның ядросындағы алты протонның оң зарядын сыртқы қабаттағы алты электронның теріс зарядтары теңгеріп тұрады. Денелерді үйкеген кезде ең сыртқы қабаттағы электрондар атомдардан оңай ажырайды. Егер бейтарап атом бір электронынан айырылып қалса, онда ол *оң зарядты ионға*, ал босаған электронды қосып алған басқа бейтарап атом *теріс зарядты ионға* айналады. Міне, осылайша денелердің біреуінде оң зарядтар, екіншісінде теріс зарядтар басым болып, олар екі түрлі электрленеді.

Келесі тақырыптарда қарастыратын электрлік және магниттік құбылыстардың барлығы да электр зарядтарының шынайылығының, қозғалысының және өзара әрекеттесулерінің көріністері болып табылады. Сондықтан электр зарядына мынадай анықтама бере аламыз:

**Электр заряды деп материяның заттық түрімен байланысқан электр және магнит өрістерін туғызатын оның айрықша қасиетін айтады.**

**6. Зарядталған бөлшектерді (электрондар мен иондарды) өз бойларынан өткізе алатын да, алмайтын да денелер мен заттар бар.**



Сурет 4.4: а) көміртек атомы; б) өткізгіш; в) электроскоптар

Электр зарядын өткізетін немесе өткізбейтін денелерді анықтау үшін тағы да тәжірибеге жүгінейік. Электр зарядын өлшейтін екі градуирленген электроскоп алып (сурет 4.4, б), оларды бір-біріне жақын орналастырайық. Олардың біреуін зарядтайық та, оны металл шыбық арқылы екіншісімен жалғастырып, тілшелерінің қозғалысына зер салайық. Сонда зарядталған электроскоптың зарядының азайғанын, ал оның есесіне екінші электроскоптың сонша зарядты иеленгенін көреміз. Бұдан металл шыбығының бойымен *зарядталған бөлшектердің* бір электроскоптан екінші электроскопқа өткенін көреміз.

**Өткізгіштер деп электр тогын (бағытталған еркін зарядтарды) өз бойынан өткізе алатын заттарды айтады.**

*Металдар* (сурет 4.4, ә) мен *тұздардың судағы ерітінділері, қыш-қылдар мен сілтілер, көмір мен мыс купоросы* жақсы өткізгіштер болып табылады.

7. Жоғарыдағы тәжірибені металл шыбығының орнына шыны шыбығын пайдаланып, қайта жасап көрейік. Бұл жолы зарядталған электроскоп зарядын өзгеріссіз сақтап, ал екіншісі бейтарап қалпында тұра береді.

**Диэлектриктер (немесе оқшаулағыштар) деп электр тогын өз бойларынан өткізбейтін заттарды айтады.**

Диэлектриктерге каучук, фарфор, шыны, кварц, плексиглас, резеңке, керосин т.б. өртүрлі майлар жатады.

Өртүрлі диэлектриктердің электрлік қасиеттері *диэлектрлік өтімділік* деп аталатын физикалық шамамен сипатталады. Ол туралы келесі тақырыпта түсінік беріледі.

Сонымен қатар өткізгіштер мен диэлектриктердің аралық қасиеттерін иеленетін *шала өткізгіштер* де бар. Оларға *германий, кремний, селен* т.б. жатады.

Шала өткізгіштер заманауи цифрлы технологияда, Күн энергиясын электр энергиясына айналдыру өндірісінде кең қолданылады. Қазақстанның «Болашақтың энергиясы» бағдарламасына сәйкес Қарағандыда 2017 жылы шала өткізгішке жататын кремний шығаратын зауыт іске қосылды.



### Сұрақтар

1. Заттардың электрленуі және электр күші деген атаулар қалай пайда болды және нені білдіреді?
2. Жанастыру арқылы электрлендіру тәсілі деп қандай тәсілді айтады?
3. Индукция арқылы электрлендіру тәсілі деп қандай тәсілді айтады?
4. Электрлену құбылысына қатысты тәжірибелерден қандай қорытындылар жасалды? Электр заряды деп қандай шаманы айтады?
5. Өткізгіштер мен диэлектриктер және шала өткізгіштер деп қандай заттарды айтады?

**Практикалық тапсырма**

Капрон немесе пластмасса қақпағы бар литрлік шыны банкі алып, электроскоп жасаңдар да, оны зерттеу жұмыстарыңда пайдаланатын болыңдар. Қақпақтың центрі арқылы қатаң сым өткізіп, оның банкі ішіндегі ұшын тік бұрыш жасап иіңдер. Сымның иілген ұшына конфетті немесе шоколадты ораған станиол қағазынан жеңіл екі тілшік жасап, жіппен бекітіңдер. Ортасынан сым өткізілген қақпақпен банкінің аузын жабыңдар.

**Эксперименттік тапсырма**

Төмендегі үш тәжірибені жасаңдар.

1. Балалардың үрленген екі шарын алып, газетке үйкелеңдер. Оларды ұзын жібек жіпке байлап, қатарластыра іліп қойыңдар. Олардың бірібірінен тебілетініне көз жеткізіңдер.
2. Пластмасадан жасалған сызғышты немесе тарақты сукноға үйкелеп электрлендіріп алыңдар да, краннан немесе шәйнектен сызаттап аққан суға жақындатыңдар. Сызаттап аққан су сызғышқа (тараққа) қарай тартылатынын көріңдер.
3. Балалардың үрленген шарын алып, газетке үйкелеңдер де, бөлме төбесіне жақындатыңдар. Шардың төбеге жабысып, ұзақ тұратынын, одан кейін төмен түсетінін бақылаңдар.

**Теориялық тапсырма**

Жоғарыдағы тәжірибелерде байқалған құбылыстарға теориялық талдаулар жасап, қысқаша түсіндіретін реферат жазыңдар да, өзара талқылаңдар.

**§19.****ЭЛЕКТР ЗАРЯДЫНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ. ҚОЗҒАЛМАЙТЫН ЗАРЯДТАРДЫҢ ӨЗАРА ӨРЕКЕТТЕСУІ. КУЛОН ЗАҢЫ**

1. Эбонит таяқшасын жүннен жасалған матаға үйкегенде таяқша теріс, ал мата оң зарядталатынын көрдік (сурет 4.1, а). Электрметр (градуирленген электроскоп) арқылы эбонит пен матаның зарядтарын жеке-жеке өлшегенде олардың абсолют шамалары тең болып шықты:

$$|-q_{\text{эбонит}}| = |+q_{\text{жүн}}|.$$

Сол сияқты шыны таяқшаны қағазға үйкегенде шыныда пайда болған оң заряд (сурет 4.1, ә) пен қағаздағы теріс зарядтың абсолют шамаларының да тең екенін электрметр айғақтайды:  $|+q_{\text{шыны}}| = |-q_{\text{қағаз}}|$ .



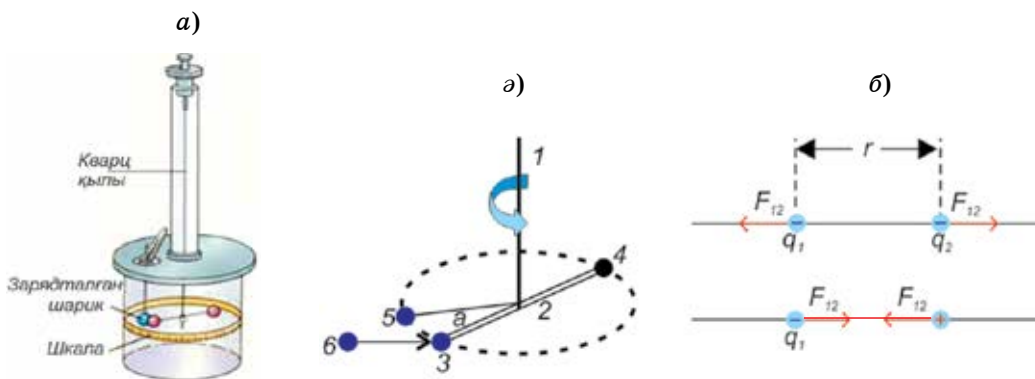
Көптеген тәжірибелер электр зарядының жоқтан пайда болмай-тынын және жоғалып кетпейтінін, тек жанасатын тұйық денелердің арасында өзара бөліске түсетінін көрсетеді. Сонымен, сыртқы ортамен әрекеттеспейтін тұйық жүйедегі денелердің зарядтарының бөлінісі табиғаттың тағы бір әмбебап заңы **зарядтардың сақталу заңына** негізделеді. Бұл заң былайша тұжырымдалады:

**Тұйық жүйедегі денелердің электр зарядтарының абсолют шамаларының қосындысы өзгеріссіз сақталады:**

$$|q_1| + |q_2| + \dots + |q_n| = \text{const.}$$

2. Қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесу заңдылығын француз ғалымы Ш. Кулон 1785 жылы ашты. Эксперименттік зерттеулер үнемі қозғалыста болатын зарядтардың өзара әрекеттесуі қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесуінен өзгеше болатынын көрсетті. Ол жөнінде жоғары сыныптарда оқитын боласындар. 8-сыныпта тек Кулонның тәжірибе жүзінде ашқан қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесу заңдылығын қарастырамыз.

Кулон электр зарядтарының өзара әрекеттесу күшін табу үшін өзі жасап шығарған *бұралма таразыны* пайдаланды (сурет 4.5, а). Таразының жіңішке серпімді кварц қылына (1) өте жеңіл шыны күйенте (2) горизонталь ілінген (сурет 4.5, ә). Оның бір ұшына беті алтынның буына жұқалап қақталған жеңіл шарик (3), ал екінші ұшына қарсы салмақ (4) орнатылған. Дәл сондай екінші шарик (5) таразының қақпағына вертикаль оқшаулағыш (диэлектрик) шыбық арқылы берік бекітілген. Біртекті  $q$  заряды бар үшінші шарикті бір-біріне түйісіп тұрған алтын шариктерге жанастырғанда олар бірдей мөлшерде зарядталады ( $q_1 = q_2$ ). Аттас зарядтармен зарядталған екі шарик бірін-бірі тебеді де, күйентенің



Сурет 4.5: а) Кулон таразысы; ә–б) зарядтардың әрекеттесу күштері

ұшына орналасқан шарик (3)  $\alpha$  бұрышына бұрылып, серпімді кварц қылын бұрап ширатады. *Зарядтардың өзара тебілу күші ширатылған кварц қылының серпімділік күшіне теңелгенде* алтын шариктер (3 және 5) белгілі бір  $r$  арақашықтықта нық орналасады.

Кулон тәжірибені сан рет қайталай жасап,  $\alpha$  бұрышын да, екі зарядтың  $r$  арақашықтығын да өлшеп отырды. Сөйтіп, ол өлшенген шамалар арқылы зарядтардың өзара әрекеттесу күшін (яғни ширатқан кварц қылының серпімділік күшін) есептеп бағалай алды. Тәжірибелердің нәтижелері тыныштықтағы *электр зарядтарының өзара әрекеттесу күші олардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал* болатынын көрсетті:

$$F \sim \frac{1}{r^2}.$$

3. Бұдан кейін Кулон зарядталған денелердің өзара әрекеттесу күштерінің олардың *зарядтарының шамаларына* тәуелділігін анықтады. Ол үшін Кулон зарядтарды өзгертіп отырудың өте ұтымды қарапайым тәсілін қолданды. Ол алтынмен қапталған шариктердегі алғашқы зарядтардың шамаларын 2, 4, 8 т.б. есе азайту үшін дәл сондай заряды жоқ басқа шарикті (6) пайдаланды. Мұндай заряды жоқ шарикті зерттелетін шариктерге (3 және 5) жанастырғанда олар алдыңғы жолдағы зарядтарын 2 есеге кемітіп отырады.

Осылайша, шамалары әртүрлі зарядтарды пайдаланып жүргізген тәжірибелердің нәтижелері тыныштықтағы *электр зарядтарының өзара әрекеттесу күші олардың зарядтарының көбейтіндісіне тура пропорционал* болатынын көрсетті:

$$F \sim q_1 q_2.$$

Қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесу күшінің олардың арақашықтығы мен зарядтарына тәуелділігінің экспериментте ашылған заңы – **Кулон заңы** деп аталады. Кулон заңы тек көлемдері өте кішкентай зарядталған денелер үшін орындалады. Арақашықтықтарымен салыстырғанда көлемдерін ескермеуге болатын зарядталған денелерді нүктелік зарядтар деп атайды. Сондықтан Кулон заңы былайша тұжырымдалады:

*Вакуумда орналасқан қозғалмайтын екі нүктелік зарядтың өзара әрекеттесу күші олардың зарядтарының көбейтіндісіне тура пропорционал да, арақашықтығының квадратына кері пропорционал:*

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\varepsilon r^2}.$$

Формуладағы  $k$  – пропорционалдық коэффициенттің шамасы мынаған тең:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}.$$

Пропорционалдық коэффициент шамасын Кулон заңын бейнелейтін жоғарыдағы өрнекке қойып, Халықаралық бірліктер жүйесіндегі **Кулон формуласын** аламыз:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2},$$

мұндағы  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$  электр тұрақтысы деп аталатын шама.

4. Егер нүктелік зарядтар вакуумда емес, басқа бір диэлектрик ортада орналасқан болса, онда мұндай ортадағы нүктелік зарядтардың кулондық әрекеттесу күші мына формула бойынша табылады:

$$F_{\text{ор}} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r^2},$$

мұндағы  $\varepsilon$  – *ортаның диэлектрик өтімділігі* деп аталатын физикалық шама.

Зарядтардың вакуумдағы  $F$  әрекеттесу күшін олардың диэлектриктік ортадағы  $F_{\text{ор}}$  әрекеттесу күшіне бөліп, берілген ортаның диэлектриктік өтімділігін табамыз:  $\varepsilon = F/F_{\text{ор}}$ .

Бұл қатынас, біріншіден, диэлектрик өтімділіктің өлшемсіз шама екенін білдіреді; екіншіден, зарядтардың берілген ортадағы әрекеттесу күшінің сондай аралықта вакуумдағы әрекеттесу күшінен қанша есе кем болатынын көрсетеді. Ортаның диэлектрик өтімділігі экспериментте анықталып, кесте түрінде беріледі. Мысалы, вакуумның (ауаның да) диэлектрик өтімділігі бірге тең ( $\varepsilon = 1$ ), судың диэлектрик өтімділігі  $\varepsilon_{\text{сү}} = 81$  т.б.

5. Әрекеттесетін нүктелік зарядтардағы **Кулон күші** оларды қосатын түзудің бойында жатады (сурет 4.5, б). Аттас зарядтарға әрекет ететін күштер зарядтарды ажыратуға тырысады, сөйтіп, олар бір-бірінен тебіледі. Өраттас зарядтарға әрекет ететін күштер зарядтарды біріктіруге тырысады, сөйтіп, олар бір-бірін тартады.

Халықаралық бірліктер жүйесінде заряд бірлігіне **кулон (Кл)** алынады дедік. Қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесу күштерінің формуласы белгілі болғаннан кейін *кулон бірлігінің физикалық мағынасын* ашуға болады.

**Бір кулон заряд деп вакуумда 1 м арақашықтықта орналасқан екі бірдей нүктелік денелердің арасында  $9 \cdot 10^9$  Н күшке тең электрлік әрекет тудызатын зарядтың шамасын айтады.**

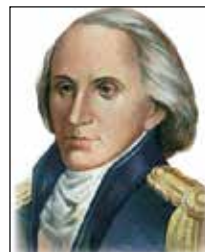


#### Ғылым мен техниканың даму тарихынан

Зарядтардың өзара әрекеттесу заңын 1785 жылы Кулон баспасөз құралдарында жариялады. Содан бері бұл заң – Кулон заңы деп аталады. 1774 жыл шамасында зарядтардың өзара әрекеттесу заңының осындай нұсқасын ағылшын ғалымы Г. Кавендиш тапқан екен. Алайда оның алған нәтижелері ақпарат көздерінде жарияланбай, 100 жылдан аса уақыт белгісіз күйінде қалады. Сәулелердің толқын түрінде тарайтынын өзінің электрмагниттік өріс теориясында дәлелдеген ағылшынның ұлы ғалымдарының бірі Дж. К. Максвелл архивтен Кавендиштің қолжазбасын тауып, кеш те болса, оны 1879 жылы жариялады. Кавендиш – айтулы экспериментатор-ғалым еді. Ол Ньютонның 1666 жылдар шамасында ашқан Бүкіләлемдік тартылыс заңындағы гравитациялық тұрақтыны өзі жасаған аса сезімтал бұралма таразыны қолданып, тәжірибеде алғаш анықтаған болатын.



Г. Кавендиш  
(1731–1810)



Шарль Кулон  
1736–1806



#### Сұрақтар

1. Зарядтардың сақталу заңы қалай тұжырымдалады?
2. Қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесу заңын кім ашты? Бұл заң қалай оқылады және қалай өрнектеледі?
3. Кез келген орта үшін Кулон заңы қалай жазылады? Ортаның диэлектрлік өтімділігі нені білдіреді?
4. Аттас, өраттас зарядтардың арасындағы кулон күштері қалай бағытталады?
5. «Кулон» бірлігінің физикалық мағынасын қалай түсіндіруге болады?



#### Жаттығу 4.1

1. Зарядтары 1 кулоннан болатын екі нүктелік заряд вакуумда бір-бірінен 1 км арақашықтықта орналасса, олар қандай күшпен әрекеттеседі?
2. Зарядтары  $10^{-4}$  кулоннан болатын екі нүктелік заряд вакуумда бір-бірінен 1 м арақашықтықта орналасса, олар қандай күшпен әрекеттеседі?
3. Зарядтары  $2,3 \cdot 10^{-6}$  және  $3,5 \cdot 10^{-5}$  Кл болатын екі нүктелік заряд вакуумда бір-бірінен 1,7 см арақашықтықта орналасқан. Олар қандай күшпен әрекеттеседі?



4. Екі нүктелік  $q_1$  және  $q_2$  заряды бір-бірінен  $L$  арақашықтықта орналасқан. Олардың арақашықтығы  $0,5$  м-ге қысқарса, әрекеттесу күштері екі есе өседі.  $L$  арақашықтығын табыңдар.



5 Бір-бірінен  $20$  см арақашықтықта орналасқан оң зарядталған екі дененің зарядтары  $1,6 \cdot 10^{-9}$  Кл және  $0,4 \cdot 10^{-9}$  Кл. Оларды қосатын түзудің бойында үшінші  $-0,5 \cdot 10^{-9}$  Кл нүктелік теріс заряд орналасқан. Осы заряд тепе-теңдігін сақтау үшін екінші денеден қандай қашықтықта орналасады?

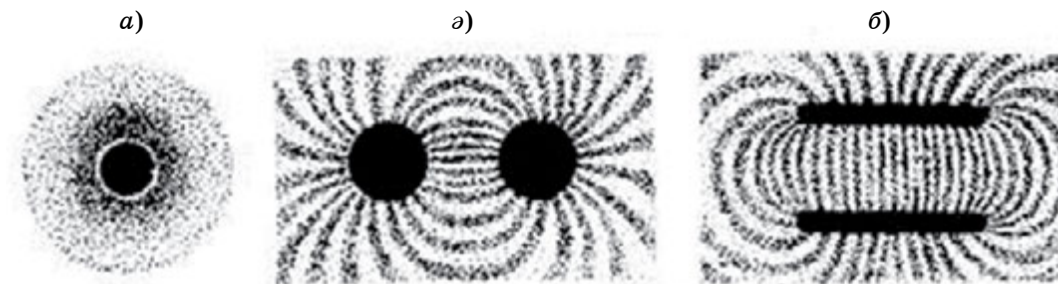
## \$20.

## ЭЛЕКТР ӨРІСІ. ЭЛЕКТР ӨРІСІНІҢ КЕРНЕУЛІГІ

1. Кулон заңы зарядтардың өзара әрекеттесу күшін сандық жағынан сипаттайды. Алайда *«мұндай әрекеттесудің табиғаты не?»* дейтін орынды сұраққа жауап бере алмайды. Енді осындай сұрақтардың жауабын іздестіріп көрейік. Ол үшін әдеттегідей тәжірибелерге жүгініп, орын алатын құбылыстарға зер салайық.

Өте майда ұсақталған қағаз үгінділерін горизонталь шыны бетіне біркелкі жайып, орта тұсына дөңгелек металл өткізгішті орналастырайық та, оны электрофор машинасының көмегімен зарядтайық. Сонда горизонталь беттегі дөңгелек металл өткізгішке қағаз қиқымдары жан-жағынан жақындай түсіп, жабыса бастайды. Қағаз үгінділерінің зарядталған дөңгелек металдың жақын төңірегінде тығыз, ал одан алыстаған сайын сирек орналасқанын көреміз (сурет 4.6, а).

Бұдан кейін қағаз қиқымдарын қайта шыны бетіне біркелкі жайып, дөңгелек екі металл өткізгішті бір-біріне таяу орналастырайық та, электрофор машинасымен біреуін оң, екіншісін теріс зарядтайық. Бұл жолы қағаз үгінділері әртатас зарядтармен зарядталған екі дөңгелек өткізгішті бір-біріне «аспалы көпірмен» жалғастырып орналасады (сурет 4.6, ә).



Сурет 4.6. Зарядталған денелердің төңірегіндегі электр өрісі

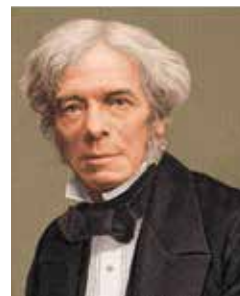
Келесі жолы қағаз үгінділерін тағы да біркелкі жайып, горизонталь бетке екі металл шыбықты параллель орналастырайық. Егер екі өткізгіштің бірін электрофор машинасының жәрдемімен оң, ал екіншісін теріс зарядтасақ, мұндай жағдайда да қағаз үгінділері екі өткізгіштің араларында (сурет 4.6, б) белгілі бір ретпен орналасады. Өткізгіштердің орта тұстарында параллель жолақтар, ал шеткі ұштарында реттеле иілген жолақтар пайда болады.

2. Тәжірибелерден нені көріп сезіндік? Біріншіден, ең бастысы, зарядталған қозғалмайтын денелердің төңірегіндегі қағаз үгінділерінің белгілі ретпен бағыттала қозғалысқа келгенін көрдік. Ал *қозғалыс – материяның ақиқат бар екендігін білдіретін ажырамас қасиеті*. Біздің сезім мүшелеріміз материяның тек заттық түрін ғана қабылдай алады. Мысалы, бірін-бірі тартатын әраттас зарядтарды қатты созылған резеңкемен немесе серіппемен жалғастырып қойсақ, онда біздің сезім мүшелеріміз материяның бұл екі заттық түрін қабылдай еді. Сөйтіп, резеңке де, серіппе де әраттас зарядтарды бір-біріне тартады дер едік. Алайда бұл арада резеңке де, серіппе де жоқ, тек бағытталған реттелген қозғалыс бар. Ендеше, *материяның заттық түрінен басқа, біздің сезім мүшелеріміз тікелей қабылдай алмайтын, оның тағы бір белгісіз түрі бар* деген қорытынды жасай аламыз.

*Қозғалмайтын зарядтардың төңірегінде пайда болатын материяның айрықша түрін электрстатикалық өріс (қысқаша электр өрісі) деп атайды.*

3. Материяның заттық түріне мүлдем ұқсамайтын оның айрықша басқа түрін *электр өрісі* деп алғаш атаған ағылшынның ұлы ғалымдары Майкл Фарадей және оның көзқарасын теорияда дамытушы Джеймс Клерк Максвелл болатын. Сонымен, материяның айрықша түрі болатын электр өрісін *көрнекі түрде қалай бейнелеуге болады және қандай физикалық шамалармен сипатталады?* деген сұрақтарға жауап берейік.

Фарадей электр өрісін көрнекі түрде бейнелеп көрсету үшін *күш сызықтары* деген ұғым енгізді. **Күш сызықтары** деп қандай да бір өрісті көрнекі түрде бейнелеу үшін ойша созылған сызықтар жүйесін айтады. Күш сызықтарын салғанда белгілі бір шарттарды орындау қажет. Мысалы, электр өрісін күш сызықтарымен бейнелегенде олардың тәжірибеде алын-



М. Фарадей  
(1791–1867)

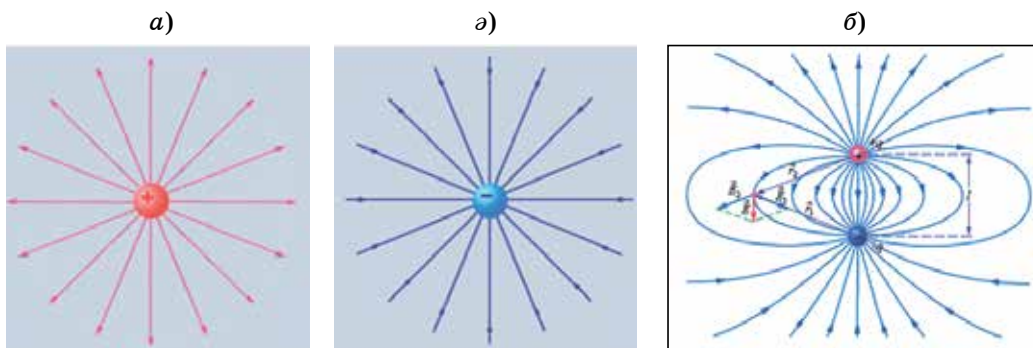


Дж. Максвелл  
(1831–1879)



ған көрінісіне (сурет 4.6) мейлінше жақын сызықтар түрінде салынуы көзделеді. Яғни күш сызықтарының жиілігі зарядтарға жақындаған сайын, өрістің күшейгенін білдіріп, арта түсуі керек. Оған қоса күш сызықтарының бағыттары да көрсетілді. Қағаз үгінділерінің өраттас зарядтарда тұйықталатынын ескеріп, электрстатикалық өрістің күш сызықтары оң зарядтан шығады, теріс зарядқа еніп тұйықталады деп келісілді.

Осы талаптарға орай жеке нүктелік зарядтың электр өрісін бейнелейтін күш сызықтары (сурет 4.7 *а* және *ә*) зарядтан алыстаған сайын жиілігі азаятын радиал сызықтар түрінде салынды. Өраттас қос зарядтардың электр өрісі де (сурет 4.7, *б*) тәжірибедегі көрініске ұқсас (сурет 4.6, *ә*) күш сызықтары арқылы бейнеленді. Сол сияқты өраттас зарядталған параллель екі өткізгіштің арасындағы электр өрісінің күш сызықтары (сурет 4.8, *а*) да тәжірибеде алынған көрініске (сурет 4.6, *б*) сәйкес орналастырылды. Сонымен қатар барлық жағдайларда да оң зарядтан шығып, теріс зарядпен тұйықталатын электр өрісінің күш сызықтарының бағыттары да көрсетілді.



Сурет 4.7. Нүктелік зарядтардың электр өрісінің күш сызықтары

4. Енді электр өрісін сипаттайтын физикалық шамаларды анықтайық. Ол үшін кез келген  $q$  нүктелік зарядтың туғызған электр өрісінің қасиеттерін, сынақ зарядтарын пайдаланып зерттеп көрейік. **Сынақ заряды деп өрісін елеуге болатын оң нүктелік зарядты айтады.**

Нүктелік  $q$  зарядтан  $r$  қашықтықта орналасқан нүктені таңдап алайық та, сол нүктеге  $q_{1c}$ ,  $q_{2c}$  т.б. сынақ зарядтарын кезегімен орналастырайық. Сынақ зарядтарының  $q$  зарядпен әрекеттесу күштерін Кулон заңы бойынша анықтайық:

$$F_1 = \frac{qq_{1c}}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad F_2 = \frac{qq_{2c}}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$



Бұл теңдіктерден кулон күштерінің сынақ зарядтарға қатынастарын табайық:

$$\frac{F_1}{q_{1c}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad \frac{F_2}{q_{2c}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Бұл қатынастардың барлығы да тұрақты бір шамаға тең болып шықты:

$$\frac{F_1}{q_{1c}} = \frac{F_2}{q_{2c}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \text{const.}$$

Көріп отырғанымыздай, сынақ зарядтарын кез келген  $q_c$  нүктелік зарядымен алмастырсақ та,  $F$  кулондық күштің  $q_c$  зарядына қатынасы тұрақты сақтала береді:  $F/q_c = \text{const.}$  Электр өрісіне енгізілген кез келген  $q_c$  зарядқа тәуелсіз болатын осы ерекше тұрақтыны *өрісті сипаттайтын айрықша шама – электр өрістің кернеулігі* деп атап,  $E$  әрпімен таңбалайды.

*Электр өрісінің кернеулігі деп кулондық күштің өріске енгізілген кез келген нүктелік зарядқа қатынасымен анықталатын физикалық шаманы айтады:*

$$E = \frac{F}{q_c}.$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде кернеулік *Ньютонның кулонға қатынасымен (Н/Кл)* өлшенеді.

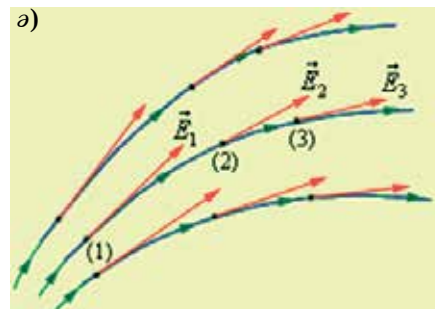
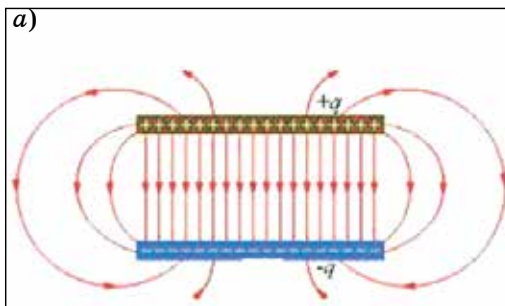
5. Электр өрісі кернеулігінің физикалық мағынасын кеңірек ашайық. Кез келген күш секілді  $F$  кулон күші де векторлық шама. Ендеше, оған пропорционал кернеулік ( $E = F/q_c$ ) те векторлық шама болып табылады. Расында да,  $q_c = 1$  болса,  $E = F$  теңдігі шығады. Міне, сондықтан кулон күшімен бағытталған  $E$  кернеулік векторын *электр өрісінің күштік сипаттамасы* деп атайды.

Электр өрісінің берілген нүктедегі  $E$  кернеулік векторы әрдайым сол нүктеден өтетін күш сызығына жанама болып орналасады (сурет 4.8, ә).

*Электр өрісінің кернеулік векторының бағыты мен шамасы өзгермесе, ондай өріс біртекті (тұрақты) өріс деп аталады.*

Біртекті (тұрақты) өріске параллель орналасқан әртаттас зарядтармен зарядталған екі өткізгіштің арасындағы электр өрісі мысал бола алады (сурет 4.8, а).

6. Вакуумда орналасқан нүктелік  $q$  зарядтың электр өрісінің кернеулігін анықтайық. Ол үшін одан  $r$  қашықтықтағы нүктеге кез



Сурет 4.8. Тұрақты (а) және айнымалы (ә) электр өрістерінің күш сызықтары

келген  $q_c$  сынақ зарядын орналастырып, екі зарядтың әрекеттесу күшін Кулон заңы бойынша табамыз:

$$F = \frac{q_c q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Бұдан вакуумдағы нүктелік зарядтың электр өрісінің кернеулігі мына формуладан табылады:

$$E = \frac{F}{q_c} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Сонымен, *вакуумдағы нүктелік зарядтың электр өрісінің кернеулігі өрісті туғызатын зарядтың модуліне тура пропорционал және өріс көзінен кернеулігі анықталатын нүктеге дейінгі арақашықтықтың квадратына кері пропорционал шама болып табылады.*

7. Кеңістіктің берілген нүктесінде электр өрісін бір емес, бірнеше  $q_1, q_2, \dots, q_n$  нүктелік зарядтар туғызсын делік. Онда әр нүктелік зарядқа өрістің  $E_1, E_2, \dots, E_n$  кернеулік векторлары сәйкес келеді. Олай болса, берілген нүктедегі электр өрісінің теңәсерлі  $E$  кернеулік векторы осы нүктеде әр зарядтың туғызған өрістерінің кернеулік векторларының қосындысы арқылы анықталады:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n.$$

Мұндай векторлық қосынды *электр өрістерінің суперпозиция (қабаттасу) принципі* деп аталады.

### Есеп шығару мысалдары

**1-есеп.** Сутек атомы электроны орбитасының радиусы  $5 \cdot 10^{-11}$  м. Атом ядросы мен электронның өзара әрекеттесу күшін есептеңдер.

Атом ядросының электрон орбитасында туғызатын өрісінің кернеулігін анықтаңдар.

Берілгені	ХБЖ	Есеп мазмұнын теориялық талдау
$r = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ <hr/> $F = ?$ $E = ?$	$r = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ $q_p = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $q_{\text{я}} = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} =$ $= 9 \cdot 10^9 (\text{Н} \cdot \text{м}^2) / \text{Кл}^2$ $e = \pm 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	<p>Сутек ядросы оң зарядты бір протоннан тұрады. Оны теріс зарядты бір электрон айнала қозғалады. Протон мен электронды вакуумда орналасқан нүктелік зарядтар деп қарастырамыз. Өйткені олар – элементар бөлшектер, зарядтары да ең кіші <i>элементар зарядқа</i> тең:</p> $ -q_p  =  q_e  = \pm e.$ <p>Ядро мен электронның өзара әрекеттесу күшін вакуум үшін жазылған Кулон формуласы бойынша анықтаймыз:</p> $F = k \frac{q_p q_e}{r^2}.$ <p>Ядроның электрон орбитасында туғызатын өрісінің кернеулігі:</p> $E = \frac{F}{q_e}.$

**Шешуі:**

$$F = \frac{k \cdot q_p q_e}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 (\text{Н} \cdot \text{м}^2)}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл})^2}{(5 \cdot 10^{-11} \text{ м})^2} = 9,3 \cdot 10^{-8} \text{ Н}.$$

$$E = \frac{F}{q_e} = \frac{9,3 \cdot 10^{-8} \text{ Н}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 5,8 \cdot 10^{11} \text{ Н/Кл}.$$

**Жауабы:**  $F = 9,3 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$ ;  $E = 5,8 \cdot 10^{11} \text{ Н/Кл}$ .

**2-есеп.** Шамалары  $q_1 = 8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$  және  $q_2 = -3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$  болатын екі зарядтың арақашықтығы 0,1 м. Зарядтарды қосатын түзудің бойында теріс зарядтың сыртында одан 0,1 м арақашықтықта орналасқан А нүктесіндегі екі зарядтың туғызатын өрісін анықтаңдар.

Берілгені	ХБЖ	Есеп мазмұнын теориялық талдау
$q_1 = 8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ $q_2 = -3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ $r_1 = 0,1 \text{ м}$ $r_2 = 0,1 \text{ м}$	$k = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} =$ $= 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$	<p>А нүктесі екі зарядты қосатын түзудің бойында <math>q_2</math> зарядының сырт жағында орналасқан. А нүктесінен <math>q_1</math> заряды <math>r = r_1 + r_2</math> арақашықтықта орналасқан. А нүктеде <math>q_1</math> зарядының тудырған электр өрісінің кернеулігі:</p> $E_1 = k \frac{q_1}{r^2}.$ <p>А нүктеде <math>q_2</math> зарядының тудырған электр өрісінің кернеулігі:</p> $E_2 = k \frac{q_2}{r^2}.$ <p><math>E_1</math> және <math>E_2</math> кернеулік векторлары бір түзудің бойында бір-біріне қарама-қарсы бағытталады. Есептің шарты бойынша осы екі вектордың <i>теңәсерлі E векторын</i> табу керек. 7-сынып физикасында қарама-қарсы орналасқан векторлардың <i>теңәсерлі векторының модулі</i> олардың модульдерінің айырымына тең, ал <i>бағыты</i> модулі үлкен вектормен бағыттас болатыны айтылған. Ендеше:</p> $E = E_2 - E_1.$

**Шешуі:**

$$E_1 = k \cdot q_1 / r^2 = 9 \cdot 10^9 (\text{Н} \cdot \text{м}^2) / \text{Кл}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} / (0,2 \text{ м})^2 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл}.$$

$$E_2 = k \cdot q_2 / (r_2)^2 = 9 \cdot 10^9 (\text{Н} \cdot \text{м}^2) / \text{Кл}^2 \cdot 3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} / (0,1 \text{ м})^2 = 2,7 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл}.$$

$$E = E_2 - E_1 = 2,7 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл} - 1,8 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл} = 0,9 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл}.$$

**Жауабы:**  $E = 0,9 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл};$

*E кернеулік векторы  $q_2$  теріс зарядқа қарай бағытталған.*

**Сұрақтар**

1. Электр өрісінің ақиқаттығын қандай тәжірибелер дәлелдейді?
2. Электр өрісі деп нені айтады және ол ақиқаттығын қалай көрсете алады? Мысал келтіріңдер.
3. Электр өрісі көрнекі түрде қалай сипатталады? Біртекті электр өрісі дегеніміз қандай өріс?
4. Электр өрісінің кернеулігі деп қандай физикалық шаманы айтады және оның ерекшелігі неде? Сынақ заряды дегеніміз қандай заряд?
5. Электр өрісінің кернеулігінің физикалық мағынасы қандай? Біртекті электр өрісі деп қандай өрісті айтады?
6. Нүктелік зарядтың электр өрісінің кернеулігі қандай формуламен анықталады?
7. Электр өрістерінің суперпозиция принципі деп нені айтады?

**Жаттығу 4.2**

1. Зарядтары  $q$  және  $-q$  болатын екі нүктелік заряд бір-бірінен  $r$  арақашықтықта орналасқан. Оларды қосатын түзудің тең ортасында орналасқан нүктедегі екі зарядтың туғызған электр өрісінің кернеулігін сызып көрсетіңдер және жалпы түрде есептеп шығарыңдар.
2. Вакуумда орналасқан  $-2,7 \cdot 10^{-6}$  кулон нүктелік заряд берілген. Осы зарядтың 1 см арақашықтықта туғызған электр өрісінің кернеулігін анықтаңдар. Зарядтың өрісін суретке салып, кернеулік векторының орналасуын (басталу нүктесін және бағытын) көрсетіңдер.
3. Нүктелік заряд 3 см арақашықтықта кернеулігі  $4 \cdot 10^6$  Н/Кл электр өрісін туғызады. Оның зарядының шамасы қандай? Зарядтың өрісін суретке салып, кернеулік векторының орналасуын (басталу нүктесін және бағытын) көрсетіңдер.
4. Оқшауланған нүктелік зарядтың 1 м арақашықтықтағы өрісінің кернеулігі 32 Н/Кл. Осы өрістің зарядтан 8 м арақашықтықтағы кернеулігін анықтаңдар.

**§21.**

**ЭЛЕКТР ӨРІСІНІҢ ПОТЕНЦИАЛЫ.  
ПОТЕНЦИАЛДАР АЙЫРЫМЫ. КОНДЕНСАТОР  
ЖӘНЕ ОНЫҢ ЭЛЕКТР СЫЙЫМДЫЛЫҒЫ**

1. Кернеулігі  $E$  электр өрісіне енгізілген  $q$  нүктелік зарядқа да немесе зарядталған кез келген денеге де өріс  $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$  күшпен әрекет етеді. Осы күштің әрекетінен дене бір орыннан екінші орынға жылжиды. Ендеше, электр өрісі жұмыс істеуге қабілетті өріс болып табылады.

Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде электр өрісінің мынадай тамаша қасиеті анықталды: *біртекті электрстатикалық өрісте зарядтың орын ауыстырғанда істелген жұмыс заряд қозғалысының траекториясына тәуелді емес, тек жолдың бастапқы және соңғы нүктелерінің орналасуларына ғана тәуелді.*

7-сынып физикасында айтылғандай, мұндай қасиет байқалатын кез келген өріс **потенциалдық өріс** деп аталады. Жердің тарту күші өрісінде белгілі бір биіктіктен құлаған дененің істейтін жұмысы да оның қозғалыс траекториясына тәуелсіз анықталатын. Ендеше, жердің төңірегіндегі *тарту өрісі* сияқты зарядтың төңірегіндегі *әрекеттесу өрісі* де **потенциалдық өріс** болып табылады. Сондықтан потенциалдық өрістерде атқарылатын жұмыстар да бір-біріне ұқсас формулалармен сипатталады.

2. 7-сыныпта *Жердің потенциалдық өрісінде атқарылған А жұмыс потенциалдық энергияның өзгерісіне (айырымына) тең* болатынын төмендегі формуламен көрсеткен едік:

$$A = E_{n1} - E_{n2}.$$

Бұл формуладағы  $E_{n1} = mgh_1$  мен  $E_{n2} = mgh_2$  шамалары массасы  $m$  дененің Жер бетінен  $h_1$  және  $h_2$  биіктіктегі потенциалдық энергиясы болатынын айтқанбыз.

Жоғарыдағы формуланы потенциалдық электр өрісінің  $q$  зарядты қозғағанда жасаған жұмысын табу үшін пайдаланамыз. Алайда электр өрісінің кернеулігін  $E$  өрпімен белгілегендіктен, өрістегі зарядтың потенциалдық энергиясын басқаша  $W$  өрпімен таңбалайық. Сонда  $q$  зарядты екі нүкте арасында қозғағанда электрстатикалық өрістің атқаратын жұмысы мына формуламен анықталады:

$$A = W_1 - W_2,$$

мұндағы:  $W_1$  мен  $W_2$  – зарядтың 1 және 2-нүктедегі потенциалдық энергиясы.

3. Жоғарыдағы теңдікті мүшелері  $q$  зарядқа бөлейік:

$$\frac{A}{q} = \frac{W_1}{q} - \frac{W_2}{q}.$$

Бұл өрнектегі әр қатынас белгілі бір физикалық ұғымды анықтайды.  $\frac{A}{q}$  қатынасы бір өлшем зарядқа шаққандағы өрістің атқарған жұмысы болып табылады. Әдетте, бұл қатынасты *кернеу* деп атайды да,  $U$  өрпімен белгілейді.

**Кернеу деп зарядты орын ауыстырғанда электр өрісінің атқарған жұмысының осы зарядтың модуліне қатынасын айтады:**

$$U = \frac{A}{q}.$$

$\frac{W}{q}$  түріндегі қатынастарды **өрістің потенциалы** деп атап,  $\varphi$  әрпімен белгілейді.

**Өрістің потенциалы деп өріске енгізілген оң бірлік зарядтың потенциалдық энергиясын айтады:**

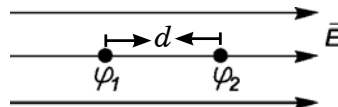
$$\varphi = \frac{W}{q}.$$

Формуладан көрініп тұрғандай, **потенциал өрістің энергетикалық сипаттамасы болып табылады.**

$\frac{W_1}{q} - \frac{W_2}{q}$  түріндегі қатынастар айырымын өрістің 1 және 2-нүктелері арасындағы **потенциалдар айырымы** немесе **кернеу** деп атайды.

Электр өрісінің екі нүктесі арасындағы (сурет 4.9) потенциалдар айырымын  $U = \Delta\varphi$  немесе  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  таңбаларымен белгілейді.

**Өрістің потенциалдар айырымы деп бірлік зарядқа келетін өрістің потенциалдық энергиясының өзгерісін айтады:**



Сурет 4.9

$$\frac{A}{q} = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде потенциалдар айырымы **вольтпен (В)** өлшенеді:

**1 вольт = 1 джоуль/1 кулон; 1 В = 1 Дж/1 Кл.**

Жоғарыдағы белгілеулерді пайдаланып, соңғы өрнекті мына түрде жаза аламыз:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \text{ немесе } A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU.$$

Бұдан мынадай қорытынды туындайды: **зарядты бір нүктеден екінші нүктеге ауыстырғанда электрстатикалық өрістің атқарған жұмысы осы зарядтың сан шамасын екі нүкте арасындағы потенциалдар айырымына көбейткенге тең.**

**4. Сонымен, электр өрісі екі физикалық шамамен: электр өрісінің кернеулігімен және потенциалдар айырымымен** сипатталады. Электр өрісінің кернеулігі ( $E = F/q$ ) – **векторлық шама** (сурет 4.9);



ол өрістің **күштік сипаттамасы** болып табылады. Электр өрісінің потенциалдар айырымы ( $\varphi_1 - \varphi_2 = A/q$ ) – **скалярлық шама**; ол өрістің **энергетикалық сипаттамасы** болып табылады.

Өрісті сипаттайтын бұл екі шаманың арасында тығыз байланыс бар. Осы байланысты анықтайық. Біртекті электр өрісіндегі екі нүктенің потенциалдары  $\varphi_1$  және  $\varphi_2$ , ал арақашықтығы  $d$  болсын (сурет 4.9). Потенциалы  $\varphi_1$  болатын электр өрісінің 1-нүктесіне  $q$  оң зарядын енгізсек, өрістің  $F$  күші оны өрістің бағытымен қозғай бастайды. 7-сынып физикасындағы жұмыстың формуласын пайдаланып, қозғалған  $q$  заряд 2-нүктеге жеткен кездегі өрістің істеген жұмысын мына формуламен табамыз:

$$A = Fd, \text{ мұндағы } F = Eq.$$

Бұл формулалардан атқарылған жұмысты өрістің  $E$  кернеулігі арқылы анықтаймыз:  $A = Eqd$ .

Екінші жағынан, өрістің істеген жұмысы  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  потенциалдар айырымы арқылы да анықталады:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU.$$

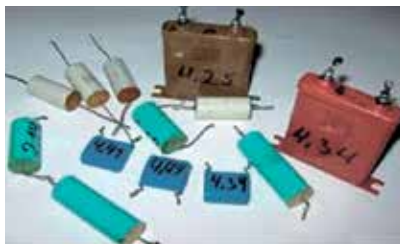
Жоғарыдағы екі теңдіктің сол жақтары өзара тең. Ендеше, олардың оң жақтары да тең болады:

$$Eqd = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU \text{ немесе}$$

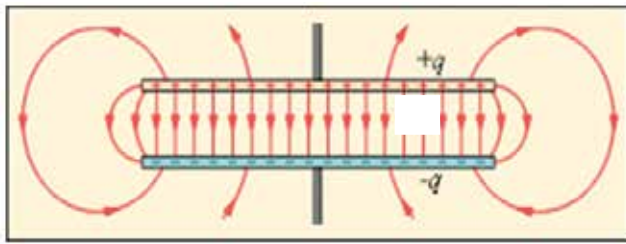
$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{\Delta\varphi}{d} = \frac{U}{d}.$$

**5. Техникалық қондырғыларда және электронды-цифрлы жүйелерде** әраптас электр зарядтарын жинақтап сақтау үшін **конденсатор** деп аталатын арнайы жабдықтар қолданылады (сурет 4.10). **Конденсатор – аралары диэлектрикпен бөлінген екі өткізгіштен тұратын жүйе**. Өткізгіштердің пішіндеріне қарай конденсаторлар **жазық, цилиндрлік, сфералық** деп аталады. Мысалы, диэлектрикпен бөлінген екі жазық параллель өткізгіштен тұратын жүйе жазық конденсатор (сурет 4.11) деп аталады. Өткізгіштерді конденсатордың **астарлары** деп атайды.

Конденсатордың астарларын  $q_1$  зарядпен зарядтап, астарлардың арасындағы  $U_1 = \Delta\varphi_1$  кернеуді (потенциалдар айырымын) арнайы құрал – **потенциометрмен** өлшеп отырайық. Келесі жолы астарларды  $q_2$  зарядпен зарядтап, оған сәйкес келетін  $U_2$  кернеуін анықтайық. Тәжірибені осы ретпен жалғастырып,  $\frac{q_1}{U_1}, \frac{q_2}{U_2}, \frac{q_3}{U_3}$  т.с.с. қатынастарын бір-бірімен



Сурет 4.10. Конденсаторлар



Сурет 4.11. Жазық конденсатор

салыстырсақ, берілген конденсатор үшін олардың барлығы да тұрақты бір шамаға тең болатынын көреміз:

$$\frac{q_1}{U_1} = \frac{q_2}{U_2} = \frac{q_3}{U_3} = \text{const.}$$

*Зерттеп отырған нақты конденсаторды сипаттайтын осы тұрақты қатынасты конденсатордың сыйымдылығы деп атайды да, C әрпімен белгілейді.*

*Конденсатордың электр сыйымдылығы деп конденсатор зарядының оның астарлары арасындағы кернеуге (потенциалдар айырымына) қатынасымен анықталатын физикалық шаманы айтады:*

$$C = \frac{q}{U},$$

мұндағы:  $q$  – конденсатордың бір астарындағы (өткізгішіндегі) зарядтың абсолют шамасы,  $U = \varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi$  – астарлар арасындағы кернеу (потенциалдар айырымы). Халықаралық бірліктер жүйесінде конденсатордың электр сыйымдылығы *фарадпен* ( $\Phi$ ) өлшенеді:

$$1 \text{ фарад} = 1 \text{ кулон}/1 \text{ вольт}; 1 \Phi = 1 \text{ Кл}/1 \text{ В.}$$

*Кез келген өткізгіштің электр сыйымдылығы деп өткізгіш зарядының оның потенциалына қатынасымен анықталатын физикалық шаманы айтады:*

$$C = \frac{q}{\varphi}.$$

**6. Жазық конденсатордың электр сыйымдылығы тәжірибеде анықталған.** Тәжірибелердің нәтижелері жазық конденсатордың сыйымдылығы оның астарларының *ауданы* мен *арақашықтығына* және астарлардың арасындағы *диэлектриктің материалына байланысты* екендігін көрсетті. Бұл байланыс былайша тұжырымдалады:

**Жазық конденсатордың электр сыйымдылығы оның астарының ауданына және астарлар арасындағы ажыратқыш заттың диэлектриктік өтімділігіне тура пропорционал, ал астарлардың арақашықтығына кері пропорционал:**

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d},$$

мұндағы:  $\varepsilon$  – ажыратқыш заттың диэлектриктік өтімділігі (кестелерден табылады);  $\varepsilon_0$  – электр тұрақтысы;  $S$  – бір астардың ауданы;  $d$  – астарлардың арақашықтығы.



### Сұрақтар



1. Потенциалдық өріске қандай өрістер жатады? Ерекшеліктері қандай?
2. Кернеу және потенциалдар айырымы деп қандай физикалық ұғымдарды айтамыз? Олар қандай формулалармен өрнектеледі? Немен өлшенеді?
3. Электр өрісі қандай физикалық шамалармен сипатталады? Олардың арасындағы байланыс қандай формуламен өрнектеледі?
4. Конденсаторлар не үшін қолданылады, ортақ құрылымдары қандай?
5. Конденсатордың электр сыйымдылығы деп қандай физикалық шаманы айтады және ол қандай бірлікпен өлшенеді?
6. Жазық конденсатордың электр сыйымдылығы қалай анықталған және қандай шамаларға тәуелді?



### Жаттығу 4.3



1.  $4 \cdot 10^{-9}$  Кл зарядтан 10 және 20 см арақашықтықта орналасқан екі нүктенің арасындағы потенциалдар айырымын анықтаңдар.
2.  $2,6 \cdot 10^{-7}$  Кл зарядты өрістің бір нүктесінен екінші нүктесіне дейін жылжытқанда өріс  $13 \cdot 10^{-5}$  Дж жұмыс атқарады. Осы өріс нүктелерінің потенциалдар айырымы қандай?
3. Сыйымдылығы  $10^{-6}$  фарад болатын конденсаторға  $4,4 \cdot 10^{-4}$  Кл заряд беру үшін оны қандай кернеуге дейін зарядтайды?
4. Сыйымдылығы 0,02 мкФ жазық конденсатордың заряды  $10^{-8}$  Кл. Конденсатор астарларының арақашықтығы 5 мм. Олардың арасындағы өрістің кернеулігі қандай?
5. 20 нКл зарядты потенциалдары 700 В нүктеден 200 В нүктеге дейін жылжытқанда өріс қандай жұмыс атқарады?
6. Потенциалы 6000 В нүктеден  $3 \cdot 10^7$  м/с жылдамдықпен ұшып шыққан электрон өріс бойымен қозғалады. Электронның жылдамдығы нөл болатын нүктенің потенциалын табыңдар. Электронның массасы  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг; заряды  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

### Төртінші тараудағы ең маңызды түйіндер

1. **Электр зарядының сақталу заңы.** Тұйық жүйедегі денелердің электр зарядтарының абсолют шамалары сақталады:

$$|q_1| + |q_2| + \dots + |q_n| = \text{const.}$$

2. **Кулон заңы – нүктелік екі зарядтың өзара әрекеттесу күшін анықтайды:**

$$F = k \frac{q_n q_o}{r^2}.$$

3. **Электр өрісі – материяның айрықша түрі.**

4. **Электр өрісінің кернеулігі – электр өрісінің күштік сипаттамасы болып табылатын векторлық шама, яғни өрістің бірлік зарядқа әрекет ететін күші:**

$$E = \frac{F}{q}.$$

5. **Біртекті электр өрісі – барлық нүктелерінің кернеуліктері бірдей болатын өріс.**

6. **Электр өрісінің потенциалы – электр өрісінің энергетикалық сипаттамасы болып табылатын скалярлық шама, яғни өріске енгізілген оң бірлік зарядтың потенциалдық энергиясы:**  $\varphi = \frac{W}{q}.$

7. **Электр өрісінің жұмысы – зарядты бір орыннан екінші орынға жылжытқанда өрістің атқарған жұмысы:**  $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU.$

8. **Электр өрісінің кернеуі – өрістің екі нүктесінің арасындағы потенциалдар айырымы:**

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi.$$

9. **Электр өрісінің кернеулігі мен кернеуі (потенциалдар айырымы) арасындағы байланыс формуласы:**

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d}.$$

10. **Өткізгіштің электр сыйымдылығы – өткізгіш зарядының оның потенциалына қатынасымен анықталатын физикалық шама:**  $C = \frac{q}{\varphi}.$










11. **Жазық конденсатордың электр сыйымдылығы:**

$$C = \frac{\varepsilon_o \varepsilon S}{d}.$$

## V Т А Р А У

## ТҰРАҚТЫ ЭЛЕКТР ТОГЫ

## ОҚУШЫЛАР МЕНҒЕРУГЕ ТИІСТІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МАҚСАТТАР:

-  электр тогы ұғымын және электр тогының пайда болу шарттарын түсіндіру;
-  электр сызбасын графикалық бейнелеуде электр тізбегі элементтерінің шартты белгілерін қолдану;
-  кернеудің физикалық мағынасын, өлшем бірлігін түсіндіру;
-  электр тізбегіндегі ток күші мен кернеуді анықтау;
-  тұрақты температурада өткізгіштің вольт-амперлік сипаттамасын графикалық түрде бейнелеу және түсіндіру;
-  эксперимент деректерін жинақтау, талдау және өлшеу және қателіктерін ескеріп жазу;
-  тізбек бөлігі үшін Ом заңын есептер шығаруда қолдану;
-  кедергінің физикалық мағынасын, өлшем бірлігін түсіндіру;
-  есеп шығаруда өткізгіштің меншікті кедергісі формуласын қолдану;
-  өткізгіштерді тізбектей жалғаудың заңдылықтарын экспериментте анықтау;
-  өткізгіштерді параллель жалғаудың заңдылықтарын экспериментте анықтау;
-  өткізгіштерді тізбектей және параллель жалғауда тізбек бөлігі үшін Ом заңын қолданып, электр тізбектеріне есептеулер жүргізу;
-  жұмыс және қуат формулаларын есептер шығаруда қолдану;
-  Джоуль–Ленц заңын есептер шығаруда қолдану;
-  эксперимент көмегімен электр тогының жұмысы мен қуатын анықтау;
-   $\text{кВт} \cdot \text{сағ}$  өлшем бірлігін қолданып, электр энергиясының құнын практика жүзінде анықтау;
-  металл өткізгіштердегі электр тогын және оның кедергісінің температураға тәуелділігін сипаттау;
-  қысқа тұйықталудың пайда болу себептерін және алдын алу амалдарын түсіндіру;
-  сұйықтардағы электр тогын сипаттау.

Бұл тарауда оқушылар терең игеруге міндетті алдыңғы бетте көрсетілген бағдарламалық оқу мақсаттарымен қатар, әр оқушының есінде ұзақ сақталуға тиісті мына негізгі физикалық ұғымдар қарастырылады: «электр тогы», «ток күші және кернеу», «тізбек бөлігі үшін Ом заңы», «өткізгіштерді тізбектей және параллель жалғау», «жұмыс және қуат», «Джоуль–Ленц заңы», «сұйықтардағы электр тогы», «Фарадей заңы».

### Тараудағы физика терминдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі минимумы

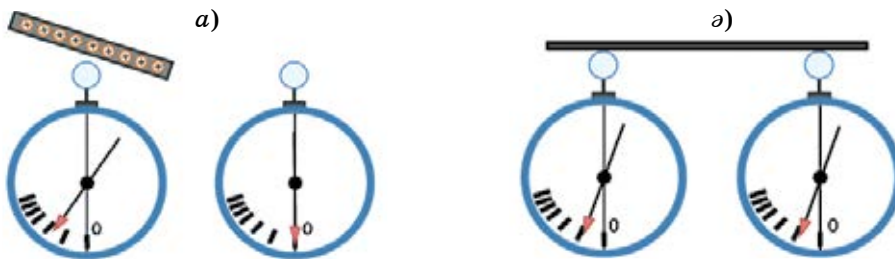
Қ а з а қ ш а	О р ы с ш а	А ғ ы л ш ы н ш а
Электр тогы	Электрический ток	Electricity
Электр тогының күші	Сила электрического тока	Force of electric current
Электр кернеуі	Электрическое напряжение	Electrical voltage
Тізбектің бөлігі үшін Ом заңы	Закон Ома для участка цепи	Ohm's law for the chain segment
Электр тогының жұмысы	Работа электрического тока	Work of electric current
Электр тогының қуаты	Мощность электрического тока	Power of electric current
Джоуль – Ленц заңы	Закон Джоуля – Ленца	Law of Joule-Lenz
Электролиз	Электролиз	Electrolysis

## §22.

### ЭЛЕКТР ТОГЫ. ТОК КӨЗДЕРІ. ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚҰРАМДАС БӨЛІКТЕРІ

1. Адамзат өркениетінің қарыштап дамуы электр тогын тұрмыста және техникада пайдаланумен тікелей байланысты. «Электр тогы дегеніміз не?» деген сұраққа жауап беру үшін төменде сипатталған тәжірибелерге жүгінейік.

Екі бірдей электроскоп алып, оларды жақын орналастырайық та, біреуін зарядтайық (сурет 5.1, а). Бұл кезде оның потенциалы нөлден үлкен ( $\varphi_1 > 0$ ), ал екінші электроскоптың потенциалы нөлге тең болады



Сурет 5.1: а) зарядталған және зарядсыз электроскоптар; б) металл шыбық зарядтарды 2-электроскопқа өткізеді

( $\varphi_2 = 0$ ). Егер зарядталған электроскопты металл шыбықпен зарядсыз электроскопқа қосатын болсақ (сурет 5.1, б), онда 2-электроскоптың да зарядталғанын көреміз. Электроскоп тілдерінің көрсетулері бойынша 1-электроскоптың зарядының жартысы екіншісіне өткендігі байқалады. Бұл екі электроскоптың да потенциалдарының теңелгендігін білдіреді:  $\varphi'_1 = \varphi'_2$ . Ендеше, өткізгіштің электроскоптарды қосатын ұштарындағы потенциалдар айырымы нөлге теңеледі де ( $U = \varphi'_1 - \varphi'_2 = \Delta\varphi = 0$ ), зарядтардың өткізгіш бойымен өтуі тоқталады.

2. Енді металл (өткізгіш) шыбықтың орнына шыны (диэлектрик) шыбықты пайдаланып, жоғарыдағы тәжірибелерді тағы да қайталап жасап шығайық. Алайда бұл жолы жоғарыда байқалған құбылыстар орын алмайды.

Өткен тараудағы электр өрісі туралы білімдерімізге және жоғарыдағы тәжірибе нәтижелеріне сүйене отырып, төмендегі қорытындыға келеміз:

- потенциалы үлкен ( $\varphi_1 > 0$ ) зарядталған денеден потенциалы кіші ( $\varphi_2 < \varphi_1$ ) денеге қарай зарядтар өткізгіш бойымен қозғалыс жасай алады; яғни зарядтар тек электр өрісінде ( $E = U/d \neq 0$ ) ғана қозғалысқа келеді;
- денелердің потенциалдар айырымы нөлге теңелгенде ( $\varphi'_1 - \varphi'_2 = 0$ ) олардың арасындағы зарядтардың қозғалысы тоқтайды;
- зарядтар тек өткізгіштер арқылы ғана бір денеден екінші денеге өте алады, ал диэлектриктер арқылы өте алмайды.

3. Тәжірибелердің қорытындыларынан электр тогының анықтамасын тұжырымдап, пайда болу шарттарын көрсете аламыз.

**Электр тогы деп зарядтардың электр өрісі әрекетінен бағыттталып реттелген қозғалысын (ағынын) айтады.**

Тәжірибелер электр тогын туғызудың негізгі екі шартын анықтайды: **біріншіден, электр тогын туғызу үшін зарядталған еркін бөлшектердің болуы шарт;**



*екіншіден, зарядталған еркін бөлшектерді бағыттап қозғайтын электр өрісі (потенциалдар айырымы) қажет.*

Электр тогы үзбей жүріп тұруы үшін негізгі екі шарттан басқа тағы да қосалқы екі шартты орындау қажет. Олардың біріншісін **ток көзі** деп, ал екіншісін **тұйықталған электр тізбегі** деп атайды. Енді осы ұғымдардың физикалық мағыналарын ашайық.

4. Электр тогы ұзақ жүріп тұруы үшін өткізгіштердің ұштарындағы потенциалдар айырымын нөлге жеткізбейтін ( $U = \varphi_1 - \varphi_2 \neq 0$ ) жағдай жасау керек. Мұндай жағдайда өткізгіштердің ішінде зарядтарды бағыттап қозғайтын электр өрісі пайда болады ( $E = U/d \neq 0$ ). Міне, осы жұмысты **ток көзі** атқарады.

**Ток көзі деп өткізгіштердің ұштарындағы потенциалдар айырымын нөлге теңестірмей, оң және теріс зарядтарды бөлектен тұратын арнайы қондырғыны айтады.**

Ток көзі болатын ондай қарапайым қондырғыларға мысал ретінде мектеп зертханасындағы электрофор машинасын және аккумуляторлар мен әртүрлі электр батареяларын атауға болады (сурет 5.2 және 5.3).

Электрофор машинасында әраттас зарядтарды бір-бірінен бөлектену үшін оның табақшаларын айналдырып, жұмыс істеу керек. Электр энергиясын өндіретін ірі су электр стансыларында турбиналар мен роторларды айналдыратын мұндай жұмыстарды құлап аққан су, ал жылу электр стансыларында үлкен қысымда шығатын бу атқарады.

Аккумуляторлар мен батареяларда оң және теріс зарядтарды бөлу үшін электролиттегі (сурет 5.3, а) заттардың химиялық реакцияларында босайтын ішкі энергиясы жұмыс жасайды. Аккумулятордың полюстерінде бөлінген әраттас зарядтар жинақталады; сөйтіп, электродтардың арасында кернеулігі  $E$  болатын электр өрісі пайда болады. Ендеше, ток

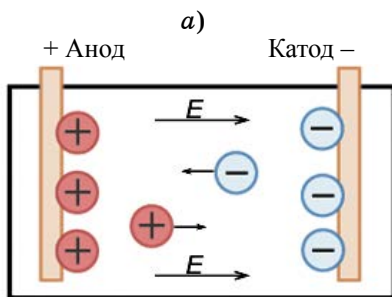
а)



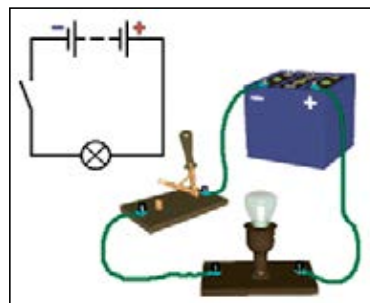
ә)



Сурет 5.2: а) ток көздері; ә) электрофор машинасы



Сурет 5.3: а) электролиттегі оң және теріс зарядтар;  
ә) Талдықорғанда шығатын «Барс» аккумуляторы



Сурет 5.4. Электр тізбегіндегі ток көзінің, шамның және кілттің шартты белгілері

көздерінде электрлік емес энергиялар электр энергиясына түрленеді. Мысалы: электрофор машинасында қол күшінің механикалық энергиясы электр энергиясына айналады; ал батареялар мен аккумуляторларда химиялық реакцияларға қатысатын заттардың ішкі энергиялары, күн электр батареяларында Күн сәулесінің энергиясы электр энергиясына түрленеді.

***Ток көзінде зарядтарды бөлектейтін электрлік емес күштерді бөгде күштер деп атайды.***

5. Электр тогы жүруінің тағы бір шарты зарядтарды үздіксіз өткізіп отыратын өртүрлі өткізгіштер мен ток көзінен тұратын ***тұйық электр тізбегі*** болып табылады (сурет 5.4).

***Тұйық электр тізбегі деп ток көзінен, жалғастырғыш өткізгіштерден және электр энергиясын тұтынушы құралдардан тұратын тізбекті айтады.***

Электр тізбегі ***сыртқы бөлік*** және ***ішкі бөлік*** деп аталатын екі бөліктен тұрады. Тізбектің сыртқы бөлігін жалғастырғыш өткізгіштер және электр энергиясын тұтынушы құралдар, ал ішкі бөлігін ток көзі және оның ішіндегі құрылымдық элементтер құрайды.

Тізбектің ішкі бөлігінде электр энергиясына электрлік емес энергиялар түрленеді, ал сыртқы бөлігінде электр энергиясының басқа энергияларға түрленуі орын алады. Мысалы, тізбекке қосылған шамда (сурет 5.4) электр энергиясы көрінетін жарық сәулесінің энергиясына және көрінбейтін инфрақызыл сәуленің жылу энергиясына түрленеді. Сондай-ақ электрқозғалтқыштарда – механикалық энергияға, үтіктер мен электр плиталарында жылытқыш элементтердің ішкі энергиясына түрленеді. Өз кезегінде қызған элементтердің ішкі энергиялары жылу алмасу жолымен сыртқы ортаға белгілі жылу мөлшерін береді.



## Ғылым мен техниканың даму тарихынан

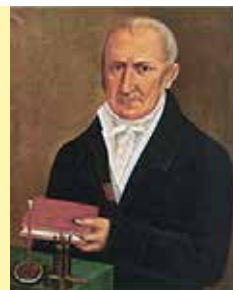
1799 жылы итальяндық өнертапқыш Алессандро Вольта алғаш рет қарапайым электр тогының көзін ойлап тапты. Ол дөңгелектеп кесілген үш заттан тұрады. Мыс және цинк дөңгелек табақтарының араларына шұғадан жасалған дөңгелек материал жапсырылып, күкірт қышқылына малынды. Бақылау цинк табағының ери бастағанын, ал мыс табағының бетінде көпіршіктердің пайда болғанын көрсетті. Күкірт қышқылы сіңірілген шұғамен бөлінген металл табақтарды өткізгішпен жалғағанда олардың ұштарында әлсіз 1 вольт шамасында потенциалдар айырымы пайда болды. Осылайша, алғаш рет электр тогының көзі жасалды. Ол үш элементтен тұратын токтың көзін басқа итальяндық ғалымның құрметіне «Гальвани элементі» деп атауды ұсынды.

А. Вольта өткізгіштердің ұштарындағы потенциалдар айырымын (кернеуді) үлкен шамаға жеткізу үшін табақтарды бірінің үстіне бірін бағаналай қойып биіктетті. Бағана биіктеген сайын потенциалдар айырымы да өсе түсті. Электр тогының мұндай көзі «Вольта бағанасы» деген атаумен физика тарихына енді.

«Вольта бағанасы» арқасында физика тарихында екі ұлы жаңалық ашылды. Олардың бірі – электролиз құбылысының ашылуы. 1800 жылы Никольсон мен Карлайл электролиз арқылы судан сутек пен оттегі газдарын жеке-жеке бөліп алды. Дэви 1807 жылы электролиз құбылысы негізінде калий металын тапты.

Екінші ұлы жаңалық – металдарды үлкен температурада «пісіретін» электр доғасы ашылды. Орыстың даңқты физиктерінің бірі – Василий Петров 1803 жылы кернеуі 2500 вольт болатын ең қуатты «Вольта бағанасын» 4 200 мыс және цинк табақтарынан құрастырып жасады. Кернеуі үлкен оң және теріс полюстерге жалғанған екі көмір өткізгіштің ұштарын жақындатқанда олардың арасында температура аса жоғары доға тәрізді жалындаған от пайда болды. Міне, осылайша тағы бір тамаша құбылыс – электр доғасы ашылды.

Вольтаның ашқан тамаша жаңалығын көптеген елдердің ғалымдары мен мемлекет қайраткерлері үлкен құрметпен қабылдады. Мысалы, Наполеон Вольтаны Парижге шақырып, аса жоғары марапаттаулар мен сый-құрмет көрсетті.



Алессандро Вольта  
(1745–1827)



Василий Владимирович Петров  
(1761–1834)



## Сұрақтар

1. Электр тогының бар екендігіне қандай тәжірибелер арқылы көз жеткізуге болады? Тәжірибелерден қандай қорытындылар туындайды?
2. Электр тогы деп нені айтамыз? Электр тогы болу үшін қандай шарттар қажет?

3. Ток көзі деп нені айтамыз? Ток көзінің басты қызметіне не жатады? Бөгде күштер дегеніміз қандай күштер? Мысалдар келтіріңдер.
4. Тұйық электр тізбегі дегеніміз не және оның қандай қажеттігі бар? Тізбекке қосылған ток көзі, тұтынушы шам, ажыратқыш кілт қандай шартты белгілермен белгіленеді? Сызбасын салып түсіндіріңдер.
5. Тұйық электр тізбегі қандай бөліктерден тұрады және оларда қандай құбылыстар орын алады?



### Эксперименттік тапсырма және теориялық талдау

1. Техникалық майларынан тазартылған үлкен темір шеге мен жуан мыс сымның кесіндісін лимонға енгізіп (сурет 5.5), сырты оқшаулағыш диэлектрикпен қапталған өткізгіш сымдармен гальванометрге қосыңдар.
2. Жұмыс дәптерлеріңе гальванометрдің белгілі бір уақыт аралықтарындағы көрсетулерін жазып отырыңдар.
3. Орын алған құбылысқа теориялық талдаулар жасап, қысқаша реферат жазыңдар.

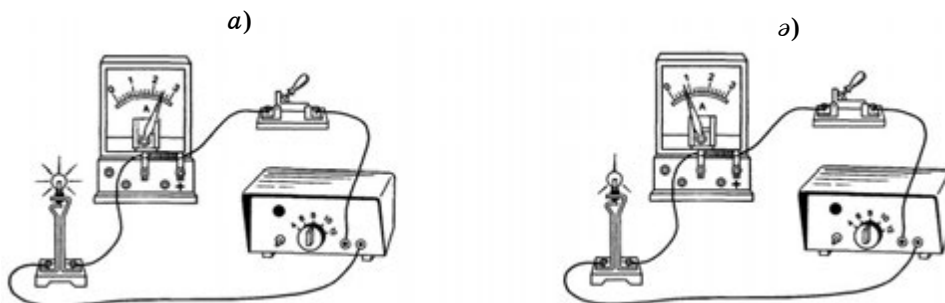


Сурет 5.5

## §23.

### ТОК КҮШІ. ӨТКІЗГІШТІҢ ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МЕНШІКТІ КЕДЕРГІСІ. ЭЛЕКТР КЕРНЕУІ

1. Электр тізбегіне екі түрлі электр шамын кезегімен ток көзіне қосатын болсақ, онда олардың біркелкі жанбағанын көреміз: біреуі жарқырап жанса (сурет 5.6, а), екіншісі сығырайып (сурет 5.6, ә) көмескі жанады. Мұндай көрініс бірінші шамнан өтетін электр зарядының мөлшеріне қарағанда екінші шамнан өтетін заряд шамасының кем екенін білдіреді.



Сурет 5.6. Тұрақты ток көзінде кедергілері әртүрлі электр шамы әртүрлі жанады

Бұл құбылысты диаметрлері екі түрлі құбырмен аққан суға ұқсатуға болады: диаметрі үлкен құбырмен судың көп мөлшері ағады, диаметрі кіші құбырдан су аз ағады. Өйткені өртүрлі құбырлар ағатын суға өртүрлі *«механикалық кедергі»* жасайды. Электр тізбегінен ток өткенде де осыған ұқсас құбылыс орын алады: тізбектегі жарқырап жанған шамнан өтетін *электр зарядының мөлшері* көп, ал көмескі жанған шамнан *аз заряд* өтеді. Өйткені тізбекке жалғанған өртүрлі шамдар зарядтардың қозғалысына өртүрлі *«электрлік кедергі»* жасайды.

Сонымен, тізбектегі электр тогын және оған бөгет болатын өткізгіштің кедергісін сандық тұрғыдан сипаттау үшін *ток күші* және *өткізгіштің электр кедергісі* деген физикалық ұғымдар енгізіледі. Оларды ретіне қарай *I* және *R* әріптерімен белгілейді.

*Ток күші деп бірлік уақытта өткізгіштің көлденең қимасынан өтетін зарядтың мөлшерін айтады:*

$$I = \frac{q}{t}.$$

Бұл формуладан ток күшінің заряд шамасына тура пропорционал өзгередінін көреміз. Шынында да, 1-шамнан өткен зарядтардың мөлшері көп, сондықтан одан өтетін ток күші де үлкен (шам жарқырап жанады, сурет 5.6, а). Ал 2-шамнан өткен зарядтардың мөлшері аз, сондықтан одан өтетін ток күші де аз (шам сығырайып жанады, сурет 5.6, ә).

*Уақыт өткен сайын токтың күші өзгермесе, ондай ток тұрақты ток деп аталады.*

2. Халықаралық бірліктер жүйесінде токтың күші негізгі 7 бірліктің бірі болып табылады. Ток күші *ампермен (А)* өлшенеді:

$$1 \text{ А} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ с}}.$$

*Бір ампер деп 1 секундта өткізгіштің көлденең қимасынан өткен 1 кулон зарядты айтады.*

Токтың күшін *амперметр* деп аталатын аспаппен өлшейді (сурет 5.7). Үлкен токтарды *килоамперметрмен* ( $1 \text{ кА} = 10^3 \text{ А}$ ), кіші токтарды *милли немесе микроамперметрмен* ( $1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$ ;  $1 \text{ мкА} = 10^{-6} \text{ А}$ ) өлшейді.

Электр кедергісі мен амперметрдің сызбалардағы *шартты белгілері* тізбекте (сурет 5.7, ә) көрсетілген.

Тізбектегі токты амперметрмен өлшеу үшін қауіпсіздік техникасын қатаң сақтау керек. Зертханалық жұмыстарды жасағанда амперметрді тікелей ток көзіне қосуға болмайды. Амперметрді жалғағанда





Сурет 5.7: а) амперметрлер; б) амперметр кедергісі бар өткізгішке тізбектеп жалғанады

тізбекте жеткілікті  $R$  кедергісі бар жүктемелердің (электр тұтынушы құралдардың) қосылғанына және амперметрдің полюстері ток көзінің сәйкес полюстеріне бағытталғанына көз жеткізу керек. Сонымен қатар амперметрдің қажетті түрін тандап, әрі оны ток күші өлшенетін тізбектің бөлігіне тек *тізбектеп қосу* қажет (сурет 5.7, б).

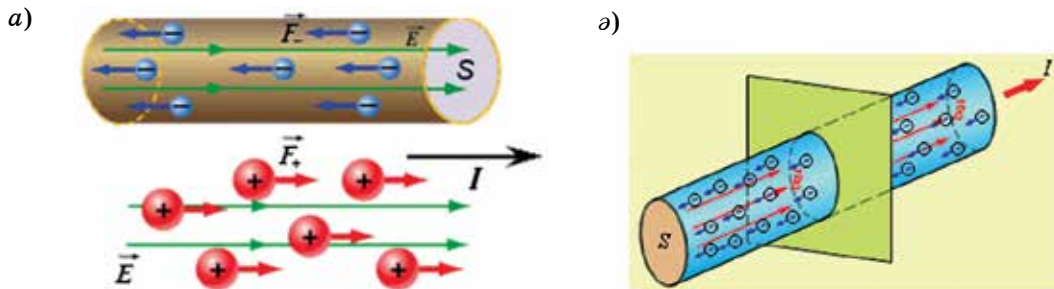
**3. Өткізгіштің электр кедергісі деп электр тогын өткізуге қарсы әрекет жасайтын қасиетін айтады.**

Өткізгіштердің кедергілері тәжірибе жүзінде анықталған. Көптеген тәжірибелер өткізгіштердің кедергілері олардың *ұзындығына, қандай материалдардан жасалғанына және көлденең қимасының ауданына* тәуелді болатынын көрсетті. Эксперимент жүзінде анықталған бұндай тәуелділік былайша тұжырымдалады:

*Өткізгіштің кедергісі оның ұзындығына және материалдарын сипаттайтын меншікті кедергісіне тура пропорционал, көлденең қимасының ауданына (сурет 5.8) кері пропорционал:*

$$R = \frac{\rho l}{S},$$

мұндағы:  $\rho$  – өткізгіштің меншікті кедергісі;  $l$  – өткізгіштің ұзындығы;  $S$  – өткізгіштің көлденең қимасының ауданы.



Сурет 5.8. Өткізгіштердегі электр тогының ( $I$ ), кернеуліктің ( $E$ ) және зарядтарға әрекет ететін Кулон күшінің ( $F$ ) бағыттары

Тәжірибе негізінде алынған жоғарыдағы формуладан өткізгіштің меншікті кедергісін мына өрнек бойынша анықтайды:

$$\rho = \frac{RS}{l}.$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде өткізгіштің меншікті кедергісі **Ом · метр (Ом · м)** бірлігімен өлшенеді. Әдетте, материалдардың меншікті кедергілері кестелерден табылады.

4. Алдыңғы өткен тарауда (§21) *кернеу* деп электрстатикалық өрістің екі нүктесінің арасындағы потенциалдар айырымын атадық ( $U = \varphi_1 - \varphi_2$ ). Алайда электрстатикалық өрістегі кернеу ұғымы тұйық электр тізбегіне қатысты қарастыратын кернеу ұғымының *салдары* болып табылады. Сонымен, тұйық электр тізбегін пайдаланып, *кернеудің толық физикалық мағынасын* ашайық.

Тұйық электр тізбегінің *сыртқы* және *ішкі* бөліктерден тұратынын айттық. Тізбектің сыртқы бөлігінде электр өрісінің күші, яғни Кулон күші ( $F = qE$ ) зарядтарды қозғап жұмыс жасайды. Зарядтардың реттелген қозғалысының (электр тогының) бағытына оң бірлік зарядтың  $\vec{E}$  кернеулік векторы мен  $\vec{F}$  кулондық күшке бағыттас қозғалыс бағытын алу келісілген (сурет 5.8, а). Осы арада тарихи қалыптасқан мына жайтты айта кетейік. Токтың бағыты туралы келісім өткізгіштерде электр тогын тасымалдайтын бөлшектердің табиғаты ашылмай тұрған кезде жасалған еді. Көп жылдар өткеннен кейін металл өткізгіштердегі токты оң иондар емес, теріс зарядталған электрондардың тасымалдайтыны белгілі болды (сурет 5.8, а). Алайда электрондар электр өрісінде оң зарядтарға қарама-қарсы қозғалады. Соған қарамастан токтың қозғалу бағытына бұрынғыша электр өрісіндегі оң зарядтың қозғалыс бағыты алынады.

Сонымен, тізбектің сыртқы бөлігінде кулондық күш оң зарядтарды ток көзінің оң полюсінен сол полюсіне жеткізеді. Жоғарыдағы электр тізбегінде (сурет 5.7, а) оң зарядтардың қозғалысы (яғни токтың бағыты) сағат тілі қозғалысының бағытына сәйкес келеді ( $1 \Rightarrow 2$ ). Бұдан өрі оң зарядтар ток көзінің ішімен  $2 \Rightarrow 1$  бағытында қозғала алмайды; өйткені ток көзінің ішіндегі электр өрісінің кулондық күші оң зарядтарды кері тебеді.

Өз кезегінде электрондар да тізбектің сыртқы бөлігінде сағат тілі жүрісінің бағытына қарсы қозғалып, ток көзінің теріс полюсінен оң полюсіне жетеді ( $2 \Rightarrow 1$ ). Алайда теріс зарядты электрондар ток көзінің ішімен  $1 \Rightarrow 2$  бағытында қозғала алмайды; өйткені электр өрісінің кулондық күші теріс зарядтарды кері тебеді.



Сөйтіп, тұйық электр тізбегінде ток көзінің полюстеріне жеткен зарядтар оның ішкі бөлігінде қарсы бетке өте алмайды да, электр тогы жүрмейтін болады. Электр тогы үзбей жүру үшін ток көзінің ішіндегі кулондық тебіліс күштерін жеңе отырып, оң зарядтарды ток көзінің оң полюсіне қарай, теріс зарядтарды ток көзінің теріс полюсіне қарай жеткізетін табиғаты бөлек басқа күштер жұмыс жасаулары қажет. Міне, осындай күштерді, алдыңғы параграфта айтқанымыздай, **бөгде күштер** деп атайды. Сөйтіп, бөгде күштер зарядтарды электр тізбегінің ішкі бөлігі – ток көзінің ішінде, ал кулондық күштер зарядтарды электр тізбегінің сыртқы бөлігінде қозғап жұмыс жасайды. Ендеше, тұйық электр тізбегінде зарядтарды қозғайтын  $A$  толық жұмыс  $A_k$  кулондық және  $A_\phi$  бөгде күштердің жұмыстарының қосындысынан тұрады:

$$A = A_k + A_\phi.$$

Бұл теңдіктің екі жағын да токты тасымалдайтын  $q$  зарядқа бөліп, бір өлшем зарядқа келетін жұмыстарды табамыз:

$$\frac{A}{q} = \frac{A_k}{q} + \frac{A_\phi}{q}.$$

Соңғы теңдіктің сол жағындағы қатынас §21-де көрсетілгендей,  $U$  өрпімен белгіленіп, **кернеу** деп аталады:

$$U = \frac{A}{q} \text{ немесе } U = \frac{A_k}{q} + \frac{A_\phi}{q}.$$

Бұдан мынадай қорытынды шығады:

**Электр кернеуі деп тізбектің бір бөлігінен екінші бөлігіне бірлік зарядты ( $q=1$  өлшем) тасу үшін кулон күші мен бөгде күштердің жасаған жұмыстарының қосындысын айтады.**

Жоғарыдағы теңдеудегі  $\frac{A_k}{q}$  қатынасы, §21-де айтылғандай, тұйық электр тізбегінің сыртқы бөлігіндегі өткізгіштің ұштарындағы потенциалдар айырымына тең:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_k}{q}.$$

Ал екінші  $\frac{A_\phi}{q}$  қатынасы тұйық электр тізбегінің ішкі бөлігінде әрекет ететін **электр қозғаушы күш (ЭҚК)** деп аталады да,  $\mathcal{E}$  әрпімен белгіленеді:

$$\mathcal{E} = \frac{A_\phi}{q}.$$

**Электр қозғаушы күш** те тарихи қалыптасқан ұғым. Оның векторлық шама болып табылатын **күш** ұғымына еш қатысы жоқ.

**Электр қозғаушы күш – бөгде күштер әрекет ететін ток көзінің энергетикалық сипаттамасы болып табылатын скалярлық шама.**

Жоғарыдағы теңдеулерден мына өрнекті аламыз:

$$U = (\varphi_1 - \varphi_2) + \mathcal{E}.$$

Бұл формула **ЭҚК** қосылған электр тізбегінің кез келген бөлігі үшін орындалады. Сондықтан *электр кернеуін* былайша да тұжырымдауға болады:

**Электр кернеуі деп өткізгіштің бөлігіндегі потенциалдар айырымы мен электр қозғаушы күштің қосындысын айтады.**

Егер тізбектің бөлігінде **ЭҚК**, яғни ток көзі жоқ болса ( $\mathcal{E} = 0$ ), онда кернеу тек қана потенциалдар айырымынан тұрады:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

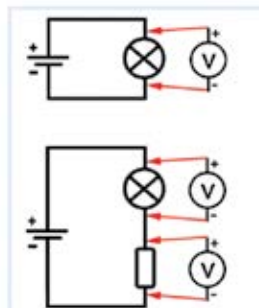
5. Халықаралық бірліктер жүйесінде кернеу **вольтпен (В)** өлшенеді:  $1\text{В} = 1\text{Дж}/1\text{Кл}$ . Үлкен кернеуді **киловольтпен** ( $1\text{кВ} = 10^3\text{В}$ ), кіші кернеулерді **милли** немесе **микровольтпен** ( $1\text{мВ} = 10^{-3}\text{В}$ ;  $1\text{мкВ} = 10^{-6}\text{В}$ ) өлшейді.

Өткізгіштің ұштарындағы кернеуді өлшеу үшін **вольтметр** деп аталатын аспап қолданылады (сурет 5.9, а). Вольтметрлер өткізгіштің *ұштарындағы кернеуді* өлшейтін болғандықтан, оларға тек **параллель** жалғанады (сурет 5.9, ә).

а)



ә)



Сурет 5.9. Вольтметрлер тізбекке параллель жалғанады



### Сұрақтар

1. Ток күші және тұрақты ток деп нені айтады? Оның физикалық мағынасы қандай және немен өлшенеді?
2. Өткізгіштің электр кедергісі деп нені айтамыз және ол қандай формуламен анықталады? Немен өлшенеді?

3. Амперметр не үшін қажет? Амперметр мен электр кедергісі сызбаларда қандай шартты белгілермен белгіленеді? Амперметрді пайдаланып электр тізбегін құрғанда қандай қауіпсіздік техникасына көңіл бөлу керек?
4. Бөгде күштер деп нені айтады?
5. «Потенциалдар айырымы», «электр кернеуі», «электр қозғаушы күш» ұғымдарының физикалық мағынасы қандай формулалар арқылы ашылады және олар қалай тұжырымдалады?
6. Кернеу қандай құралмен өлшенеді және ол тізбекке қалай жалғанады?



### Жаттығу 5.1

1. 15 с ішінде өткізгіштің көлденең қимасынан 125 Кл заряд өтеді. Өткізгіштегі ток күші қандай?
2. Егер ток күші 3 А болса, онда электр үтігінен 15 мин ішінде қанша заряд өтеді?
3. Бөгде күштер ток көзінің ішінде 5 Кл зарядты қозғау үшін 30 Дж жұмыс жасайды. Ток көзінің ЭҚК-і неге тең?
4. Ток көзінің ЭҚК-і 4,5 В. 2 Кл зарядты қозғау үшін бөгде күштер қандай жұмыс жасайды?



### №3 зертханалық жұмыс

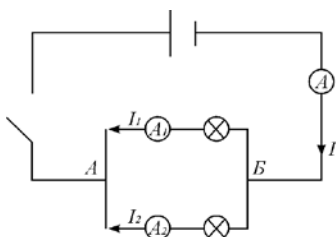
#### Электр тізбегін жинау және оның әртүрлі бөліктеріндегі ток күші мен кернеуін өлшеу

**Жұмыстың мақсаты:** ток күшін өлшейтін амперметр мен кернеуді өлшейтін вольтметр аспаптарын практикада пайдалана білуді үйрету.

**Аспаптар мен жабдықтар:** зертханалық амперметр мен вольтметр, жалғастырушы сымдар, ток көзі, тізбекті тұйықтайтын кілт, кедергісі 4 Ом резистор, реостат.

**1-тапсырма.** Амперметр мен вольтметр **шкалаларының құнын** және өлшеудің **аспаптық қатесін** анықтаңдар ( $\Delta I_{c.қ} = ?$   $\Delta U_{c.қ} = ?$ ). Аспаптық қате шкала құнының жартысына тең.

**2-тапсырма.** Өлшеудің **толық абсолют қатесін** ток күші бойынша



Сурет 5.10

$\Delta I = \Delta I_A + \Delta I_{c.қ}$  және кернеу бойынша  $\Delta U = \Delta U_V + \Delta U_{c.қ}$  формулаларымен анықтаңдар. Мұндағы  $\Delta I_A$  және  $\Delta U_V$  өлшеуіш аспаптың паспортында көрсетілген абсолют қатесі. Зертханаларға арналған АЛ-2,5 амперметрдің абсолют қатесі  $\Delta I_A = 0,05$  А; ал ВЛ-2,5 вольтметрдің қатесі  $\Delta U_A = 0,15$  В.

**3-тапсырма.** Суретте көрсетілген сызба бойынша электр тізбегін жинастырыңдар. Резистордан өтетін ток күші мен оның ұштарындағы кернеуді өлшеңдер.

**4-тапсырма.** Өлшеудің сапасын сипаттайтын салыстырмалы қателерін мына өрнектер бойынша анықтаңдар. Ток күшін өлшеу бойынша  $\varepsilon = \Delta I/I$ ; кернеуді өлшеу бойынша  $\varepsilon = \Delta U/U$ .

**5-тапсырма.** Өлшеу нәтижелерін төмендегі кестеге түсіріңдер.

Тәжірибе реті	Ток күші I, А	Абсолют қате; $\Delta I$ , А	Кернеу U, В	Абсолют қате; $\Delta U$ , В
1.				
2.				
3.				
4.				

**6-тапсырма.** Тізбектегі реостаттың тиегін жылжытып, ток күші мен кернеудің мәнін қайта өлшеп жазыңдар.

## §24.

### ТІЗБЕКТІҢ БӨЛІГІ ҮШІН ОМ ЗАҢЫ. РЕЗИСТОРЛАР. РЕОСТАТТАР

1. Эксперименттік зерттеулер тізбектің бөлігіндегі *ток күшінің, кернеудің* және *электр кедергісінің* арасында белгілі бір тәуелділік байланыстың бар екендігін көрсетеді. Аталған үш физикалық шамалардың арасындағы байланысты тәжірибе жасап анықтамастан бұрын, мектеп зертханалары мен көптеген техникалық аспаптарда кең қолданыс табатын *резисторлар* мен *реостаттарға* тоқтала кетейік.

**2. Резисторлар** радио- және электртехникаларда, автоматика мен электроникада кеңінен қолданылатын белгілі кедергілері бар жабдықтаушы элемент болып табылады. (Резистор атауы латынның «*resisto* – *қарсыласамын*» деген сөзінен алынған).

Резисторлар әртүрлі пішінде кедергілері тұрақты етіп жасалынады (сурет 5.11). Электр схемаларында резисторлар басқа кедергілердің шартты белгілері сияқты белгіленеді.

**Реостаттарға** (сурет 5.12) кедергілерін өзгертуге болатын аспаптар жатады. Олар тізбектегі кернеуді өзгерте отырып, тоқтың күшін реттеу үшін қолданылады. Сондықтан реостаттар *кернеуді бөлгіштер* деп те аталады. Реостатты электр тізбегіне қосардың алдында оның арқалығындағы жылжымалы тиекті реостаттың орта тұсына орналастырып алу қажет. Содан кейін электр тізбегіндегі өткізгіштің бір ұшын реостаттың арқалығындағы клеммаға (қысқашқа) жалғайды, ал екінші ұшын төменгі екі клемманың біреуіне жалғайды. Тізбектегі



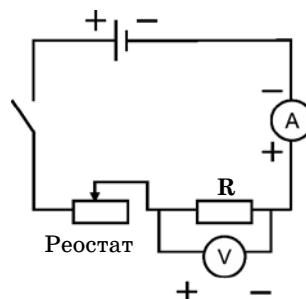
Сурет 5.11. Резисторлар



Сурет 5.12. Реостат

токтың күшін өзгерту үшін тиекті жайлап солға немесе оңға жылжытады.

3. Электр тізбегінің бөлігіндегі ток күшінің ( $I$ ), кернеудің ( $U$ ) және электр кедергісінің ( $R$ ) арасындағы байланысты алғаш рет неміс физигі Георг Ом анықтады. Бұл байланыс электр тізбегінің бөлігі үшін **Ом заңы** деп аталады. Осы заңды тәжірибеде анықтау үшін *ток көзінен, амперметрден, резистордан, вольтметрден, реостаттан және ажыратушы кілттен* тұратын электр тізбегін құрайық (сурет 5.13).

Сурет 5.13.  
Электр тізбегі

Тәжірибенің 1-кезеңінде өткізгіштің (резистордың) кедергісін өзгертпей ( $R = \text{const}$ ), ток күші мен кернеудің байланысын зерттейік. Ол үшін кілтті қосып, тізбектегі токтың күшін реостаттың жәрдемімен өзгерте отырып, вольтметрмен резистордың ұшындағы  $U$  кернеуді және амперметрмен тізбектегі  $I$  токтың күшін жазып алып отырайық.

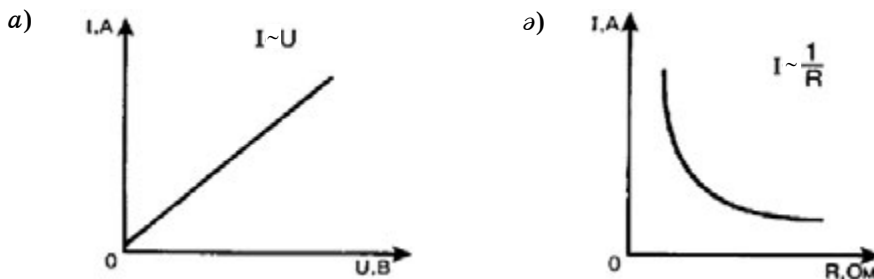
Тұрақты жүктемеде және температурада ( $R = \text{const}$ ;  $T = \text{const}$ ) өлшенген әртүрлі ток күшінің ( $I_1, I_2, I_3$  т.с.с.) шамаларын кернеудің сәйкес ( $U_1, U_2, U_3$  т.с.с.) шамаларымен салыстыратын болсақ, олардың арасында тура пропорционалдық байланыстың бар екенін аңғарамыз. Яғни кернеу өссе, ток күші де өседі, ал кернеу кемісе, ток күші де кемиді:

$$I \sim U.$$

Тәжірибенің 1-кезеңінен мынадай қорытынды туындайды:

**Өткізгіштің кедергісі өзгермеген жағдайда одан өтетін токтың күші оның ұштарындағы кернеуге тура пропорционал өзгереді.**

Вольт-амперлік сипаттама деп аталатын ток күшінің кернеуге тура пропорционалдық байланысы графикте түзу сызық түрінде бейнеленеді (сурет 5.14, а).



Сурет 5.14. Ом заңының графиктері

Тәжірибенің 2-кезеңінде өткізгіштің ұштарындағы кернеуді тұрақты ұстап ( $U = \text{const}$ ), одан өтетін ток күшінің өткізгіштің кедергісіне байланысын зерттейік. Ол үшін кедергілері  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  т.с.с. болатын резисторларды кезегімен тізбекке қосып, амперметрмен  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  т.с.с. токтың күшін өлшейміз. Өлшеулердің нәтижелерін салыстырсақ, тізбектегі ток күшінің өткізгіштің кедергісіне кері пропорционал өзгертінін көрсетеді:

$$I \sim \frac{1}{R}.$$

Ом Георг Симон  
(1787–1854)

Тәжірибенің 2-кезеңінен мынадай қорытынды туындайды:

**Өткізгіштің ұштарындағы кернеу өзгермеген жағдайда одан өтетін токтың күші оның кедергісіне кері пропорционал өзгереді.**

Ток күшінің кедергіге кері пропорционалдық байланысы графикте қисық сызық түрінде бейнеленеді (сурет 5.14, б).

Тәжірибенің екі кезеңіндегі нәтижелерді біріктіріп, төмендегі формуланы аламыз:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Бұл формула тізбектің бөлігі үшін Ом заңын береді. Ол былайша тұжырымдалады:

**Тізбектің бөлігіндегі токтың күші осы бөліктегі кернеуге тура пропорционал да, кедергісіне кері пропорционал.**

4. Ом заңынан өткізгіштің  $R$  кедергісін табуға болады:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Бұл формуладан өткізгіштің кедергісі оның бойынан өтетін токтың  $I$  күшіне және ұштарындағы  $U$  кернеуге тәуелді өзгеріп отырады екен дей-

тін қате пікір тумауы қажет. Берілген өткізгіштің кедергісі тұрақты шама; ол тек алдыңғы өткен тақырыпта айтқанымыздай,  $R = \frac{\rho l}{S}$  формуласында көрсетілген үш шамаға ғана тәуелді өзгереді. Ал,  $R = \frac{U}{I}$  формуласы берілген өткізгіштің  $R$  тұрақты кедергісі оның ұштарындағы  $U$  кернеуге тура пропорционал, бойынан өтетін токтың  $I$  күшіне кері пропорционал болатын заңдылығын ғана көрсетеді.

Алайда пішіндері сан қилы өткізгіштің  $\rho$  – меншікті кедергісін,  $l$  – ұзындығын және  $S$  – көлденең қимасының ауданын өлшеуге қарағанда, оның бойынан өтетін токтың  $I$  күшін және ұштарындағы  $U$  кернеуді өлшеу өте ыңғайлы. Сондықтан практикада өткізгіштің кедергісін Ом заңы бойынша  $R = \frac{U}{I}$  формуласымен анықтайды.

Халықаралық бірліктер жүйесінде кедергінің өлшем бірлігіне туынды бірлік – **ом (Ом)** алынған:

$$1 \text{ Ом} = 1 \text{ вольт} / 1 \text{ ампер} \quad (1 \text{ Ом} = 1 \text{ В} / 1 \text{ А}).$$



### Сұрақтар

1. Резисторлар мен реостаттар қандай аспаптар, қайда қолданылады?
2. Ом заңы электр тізбегіндегі қандай шамалардың арасындағы байланысты анықтайды? Бұл байланыстар қандай формуламен өрнектеледі және қалай тұжырымдалады?
3. Ом заңы қандай тәжірибелер негізінде ашылған және тәжірибе нәтижелері графикте қалай бейнеленеді?
4. Ом заңы бойынша өткізгіштің кедергісі қалай анықталады және қандай бірлікпен өлшенеді? Өткізгіштің кедергісі қандай шамаларға тәуелді өзгереді?



### Жаттығу 5.2

1. 220 В-тік жанып тұрған шамнан өткен ток күші 0,5 А. Шам қылының кедергісін табыңдар.
2. Электр плитасы 220 В кернеуге арналған. Оның спиралінің кедергісі 75 Ом. Ток күшін табыңдар.
3. Ұзындығы 5 м, қимасының ауданы 0,12 мм<sup>2</sup> никелин өткізгішінен 24 В кернеуде өтетін токтың күші 1,5 А. Никелиннің меншікті кедергісін табыңдар.
4. 120 В кернеуге, 5 А ток күшіне есептелген электржылытқышының спиралін қимасы 0,3 мм<sup>2</sup> болатын манганин өткізгішінен жасаған. Осы өткізгіштің ұзындығын табыңдар.





5. Тізбектегі электр шамына реостат жалғанған. Тізбектің ұштарындағы кернеу 12 В. Реостатқа жалғанған вольтметр 8 В кернеуді көрсетеді. Тізбектегі токтың күші 80 мА. Тізбектің сызбасын сызып көрсетіндер де, реостаттың және шамның кедергілерін табыңдар.

#### №4 зертханалық жұмыс

##### Ток күшінің электр тізбегі бөлігіндегі кернеуге тәуелділігін зерттеу

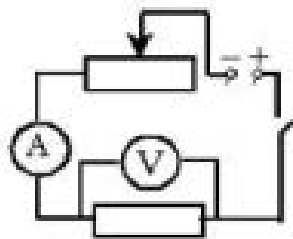
**Жұмыстың мақсаты:** тәжірибеде ток күшінің электр кернеуі мен өткізгіштің кедергісіне тәуелділігін зерттеу.

**Аспаптар мен жабдықтар:** зертханалық амперметр мен вольтметр, жалғастырушы сымдар, ток көзі, тізбекті тұйықтайтын кілт, кедергілері 1 Ом, 2 Ом және 4 Ом болатын үш резистор, реостат.

**1-тапсырма.** Амперметр мен вольтметр **шкалаларының құнын** және өлшеудің аспаптық **санақ қатесін** анықтаңдар.

**2-тапсырма.** Суретте көрсетілген сызба бойынша электр тізбегін жинастырыңдар.

**Тәжірибе 1.** Ток күшінің кернеуге тәуелділігін зерттеу (кедергі тұрақты  $R = \text{const}$ ). Тізбекті тұйықтап, ток көзіне қосыңдар. Реостаттың жәрдемімен кедергісі 2 Ом резистордың ұштарындағы кернеуді 1 В, 2 В және 3 В-қа жеткізе отырып, әр жолғы амперметр мен вольтметрдің көрсетулерін төмендегі 1-кестеге түсіріңдер.



Сурет 5.15

1-кесте

Кернеу, В			
Ток күші, А			

**3-тапсырма.** Тәжірибе нәтижесіне сүйеніп, ток күшінің кернеуге тәуелділік графигін сызыңдар да, қорытынды жасаңдар.

**Тәжірибе 2.** Ток күшінің тізбектің бөлігіндегі кедергіге тәуелділігін зерттеу (кернеу тұрақты:  $U = \text{const}$ ).

**4-тапсырма.** Электр тізбегіне кедергісі 1 Ом, 2 Ом және 4 Ом болатын резисторды кезекпен қосып, әр жолы реостаттың жәрдемімен олардың ұштарындағы кернеуді 2 В-қа теңестіріп отырыңдар. Әр кедергіге сәйкес амперметрдің көрсеткен ток күшін төмендегі 2-кестеге түсіріп жазыңдар.

2-кесте

Тізбек бөлігінің кедергісі, Ом			
Ток күші, А			

**5-тапсырма.** Тәжірибе нәтижесіне сүйеніп, ток күшінің электр тізбегі бөлігінің кедергісіне тәуелділік графигін сызыңдар да, қорытынды жасаңдар.

## §25.

ӨТКІЗГІШТЕРДІ ТІЗБЕКТЕП ЖӘНЕ  
ПАРАЛЛЕЛЬ ЖАЛҒАУ

1. Тұйықталған электр тізбегі екі бөліктен тұрады дедік (§22). Ток көзі тізбектің *ішкі бөлігін* құрайды, ал оның қысқаштарына жалғанған электр энергиясын пайдаланатын барлық тұтынушы аспаптар мен жабдықтар (қысқаша *жүктемелер*) тізбектің *сыртқы бөлігін* құрайды.

Жүктемелер мен қосалқы жабдықтардың барлығы да электр тізбегіне екі түрлі тәсілмен жалғанады. Олардың біреуін *тізбектеп жалғау*, екіншісін *параллель жалғау* деп атайды. Төменде осы жалғаулардың тәжірибеде анықталған ерекше қасиеттерін сипаттаймыз.

2. *Өткізгіштерді тізбектеп жалғау деп резисторларды (жүктемелерді) тармақтамай, бірін екіншісіне, екіншісін үшіншісіне т.б. тіркестіре жалғауды айтады* (сурет 5.16).

Өткізгіштерді тізбектеп жалғау төменде көрсетілген заңдылық қасиеттерімен сипатталады.

*Біріншіден*, өткізгіштерді тізбектеп жалғағанда олардың бойларынан өтетін токтың күші өзгермейді (сурет 5.16):

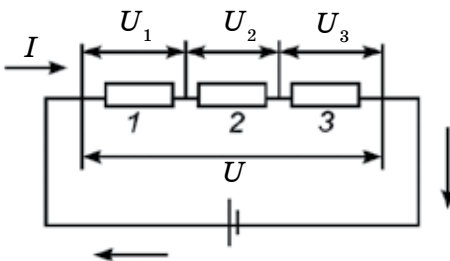
$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = \text{const.}$$

*Екіншіден*, тізбектеп жалғанған өткізгіштердің жалпы кедергісі олардың жеке кедергілерінің қосындысынан тұрады.

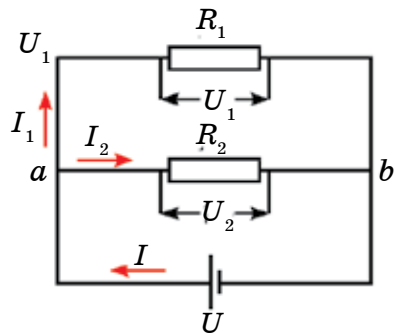
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n.$$

*Үшіншіден*, тізбектегі өткізгіштердің сыртқы жалпы кернеуі олардың жеке кернеулерінің қосындысынан тұрады (сурет 5.16):

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n.$$



Сурет 5.16. Тізбектеп жалғау



Сурет 5.17. Параллель жалғау

Өткізгіштерді тізбектеп жалғаудың *кемшілігі* де бар. Тізбектеп жалғанған электр құралының біреуі істен шықса немесе тізбек үзілсе, онда оған қосылған барлық аспаптар жұмыс жасамайды. Бұндай кемшілік өткізгіштерді параллель жалғау арқылы шешіледі.

**3. Өткізгіштерді параллель жалғау деп резисторларды (жүктемелерді) бірнеше тармаққа бөліп, олардың сәйкес ұштарын біріктіріп жалғауды айтады** (сурет 5.17).

Параллель жалғанған өткізгіштердің біреуінен (мысалы, суреттегі  $R_1$  резистордан) ток өтпесе де, тізбектің басқа тармақтарынан (мысалы  $R_2$  резистордан) ток өте береді.

Өткізгіштерді параллель жалғау төменде көрсетілген заңдылық қасиеттерімен сипатталады.

**Біріншіден**, өткізгіштерді параллель жалғағанда тізбектегі жалпы токтың күші әр тармақтағы ток күштерінің қосындысына тең (сурет 5.17):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n.$$

**Екіншіден**, параллель жалғанған тізбектегі өткізгіштердің жалпы кедергісінің кері шамасы әр тармақтағы кедергілердің кері шамаларының қосындысына тең:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

**Үшіншіден**, өткізгіштерді параллель жалғағанда әр тармақтың ұштарындағы кернеу өзгермейді:

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n = \text{const.}$$



### Сұрақтар

1. Электр тізбегі қандай бөліктерден тұрады? Өткізгіштер (жүктемелер) неше тәсілмен жалғанады? Электр тізбегінің сызбаларында қандай шартты белгілер қолданылады? Аттарын атап, суреттерін салып көрсетіңдер.
2. Өткізгіштерді тізбектеп жалғау деп қандай жалғауды айтады? Тізбектеп жалғаудың қандай ерекше қасиеттері бар, олар қандай формулалармен өрнектеледі?
3. Өткізгіштерді параллель жалғау деп қандай жалғауды айтады? Параллель жалғаудың қандай ерекше қасиеттері бар, олар қандай формулалармен өрнектеледі?



### Жаттығу 5.3

1. Жаңа жыл шыршасындағы гирлянда әрқайсысының кернеуі 12 В болатын шамдардан құралған. Егер гирлянда кернеуі 220 В электр желісіне қосылатын болса, ол қанша шамнан тұрады?

2. Жаңа жыл шыршасының гирляндасы әрқайсысының кедергісі 52 Ом, кернеуі 13 В-қа есептелген 20 шамнан құралған. Егер гирлянда кернеуі 220 В электр желісіне қосылған болса, оның кедергісі мен өтетін ток күші қандай болады?
3. 4 В кернеуге және 0,3 А ток күшіне арналған қалта шамын 220 В жарық беретін желідегі кедергісі 1100 Ом болатын электр шамына тізбектеп жалғауға бола ма?
4. Кернеуі 220 В электр желісіне әрқайсысының кедергісі 1100 Ом болатын 6 шамнан тұратын аспашам қосылған. Бұл шамдар қалай жалғанған: тізбектеп пе, параллель ме? Шамдар параллель қосылған болса, желідегі токтың күші қандай болады?
5. Әрқайсысының кедергісі 440 Ом болатын 10 шам тармақталып параллель қосылған. Тармақтардың жалпы кедергісін табыңдар.



### Теориялық зерттеу

Теориялық талдауларға сүйеніп, төмендегі тапсырмаларды жазбаша түрде орындандар:

1. Резисторларды тізбектеп жалғағанда тізбектің әр бөлігінен өтетін токтың күші өзгермейтіндігін зарядтардың сақталу заңына негіздеп дәлелдеңдер.
2. Кернеудің анықтамасын пайдаланып, оған қоса зарядты бүкіл тізбек бойымен қозғау үшін жасалған жұмыс оның әр бөлігінде жасалған жұмыстардың қосындысынан тұратынын ескеріп, резисторларды тізбектеп жалғағанда электр желісіндегі жалпы кернеу оның жеке бөліктеріндегі кернеулердің қосындысынан тұратынын дәлелдеңдер.
3. Резисторларды тізбектеп жалғағанда бүкіл тізбектің кедергісі әр резистордың кедергілерінің қосындысынан тұратынын дәлелдеңдер.
4. Зарядтардың сақталу заңына негіздеп, тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі токтың күші оның тармақтарындағы ток күштерінің қосындысына тең болатынын дәлелдеңдер.

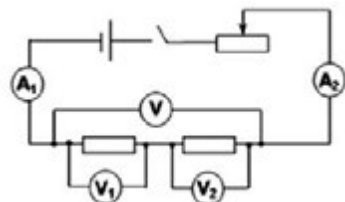
### №5 зертханалық жұмыс

#### Өткізгіштерді тізбектеп жалғауды зерттеу

**Жұмыстың мақсаты:** өткізгіштерді тізбектеп қосудың заңдылықтарын тексеру.

**Аспаптар мен жабдықтар:** үш зертханалық амперметр мен үш вольтметр, жалғастырушы сымдар, ток көзі, тізбекті тұйықтайтын кілт, екі резистор, реостат.

**1-тапсырма.** Төмендегі тізбекті жинап (сурет 5.18), амперметрлер мен вольтметрлердің көрсетулерін және пайдаланған резисторлардың кедергілерін жазып алыңдар.



Сурет 5.18

**2-тапсырма.** Өткізгіштерді тізбектеп қосудың мына заңдылықтарының:

$$I_1 = I_2 = \text{const}; U = U_1 + U_2 \text{ дұрыстығына көз жеткізіндер.}$$

**3-тапсырма.** Тізбек бөлігінің жалпы кедергісін  $R = \frac{U}{I}$  Ом заңы бойынша

есептеңдер. Ом заңы бойынша табылған кедергінің тізбектегі екі резистордың қосынды  $R_{\kappa} = R_1 + R_2$  кедергілеріне тең болатынына көз жеткізіндер.

**4-тапсырма.** Тәжірибе мен есептеу нәтижелерін төмендегі кестеге түсіріңдер:

$I_1, \text{A}$	$I_2, \text{A}$	$U_1, \text{B}$	$U_2, \text{B}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_{\kappa}, \text{Ом}$	$R, \text{Ом}$

**5-тапсырма.** Зерттеу қорытындысын қысқаша түйіндеп жазыңдар.

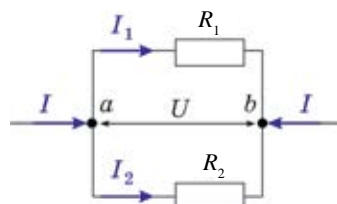
### №6 зертханалық жұмыс

#### Өткізгіштерді параллель жалғауды зерттеу

**Жұмыстың мақсаты:** өткізгіштерді параллель қосудың заңдылықтарын тексеру.

**Аспаптар мен жабдықтар:** үш зертханалық амперметр мен үш вольтметр, жалғастырушы сымдар, ток көзі, тізбекті тұйықтайтын кілт, екі резистор, реостат.

**1-тапсырма.** Төмендегі тізбекті жинап (сурет 5.19), тізбектегі  $I$  ток күшін,  $R_1$  және  $R_2$  резисторларынан өтетін  $I_1$  мен  $I_2$  ток күштерін және  $R_1$  мен  $R_2$  кедергілерінің ұштарындағы  $U_1$  мен  $U_2$  кернеулерін жазып алыңдар.

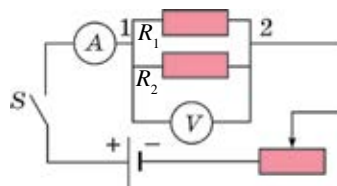


Сурет 5.19

**2-тапсырма.** Өткізгіштерді параллель қосудың мына заңдылықтарының:

$I = I_1 + I_2; U = U_1 = U_2 = \text{const}$  дұрыстығына көз жеткізіндер (сурет 5.20).

**3-тапсырма.** Тізбек бөлігінің жалпы кедергісін  $R = \frac{U}{I}$  Ом заңы бойынша есептеңдер.



Сурет 5.20

**4-тапсырма.** Тізбек бөлігінің жалпы кедергісін параллель қосылған өткізгіштердің  $\frac{1}{R_{\kappa}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  формуласы бойынша есептеңдер.

**5-тапсырма.** Ом заңы бойынша табылған тізбек бөлігінің  $R$  жалпы кедергісінің параллель қосылған өткізгіштердің формуласы бойынша табылған  $R_{\kappa}$  жалпы кедергіге тең болатынына көз жеткізіндер:  $R_{\kappa} = R$ .

**6-тапсырма.** Тәжірибе мен есептеу нәтижелерін төмендегі кестеге түсіріңдер:

$I, \text{A}$	$I_1, \text{A}$	$I_2, \text{A}$	$I = I_1 + I_2$	$U_1, \text{B}$	$U_2, \text{B}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R, \text{Ом}$	$R_{\kappa}, \text{Ом}$

**7-тапсырма.** Зерттеу қорытындысын қысқаша түйіндеп жазыңдар.

## §26.

**ЭЛЕКТР ТОГЫНЫҢ ЖҰМЫСЫ МЕН ҚУАТЫ.  
ТОКТЫҢ ЖЫЛУЛЫҚ ӘРЕКЕТІ. ДЖОУЛЬ–ЛЕНЦ ЗАҢЫ**

1. Электр тізбегінің ішкі бөлігін құрайтын ток көзінде бөгде күштер электрлік емес энергия есебінен (мысалы, механикалық энергия есебінен) жұмыс жасап, оң және теріс зарядтарды бір-бірінен бөлектейді (§22). Мұндай жағдайда тізбектің сыртқы бөлігіндегі өткізгіштердің ішінде электр өрісі пайда болып, потенциалдар айырымы туындайды. Сөйтіп, тізбектің сыртқы бөлігінде электр өрісінің кулондық күші зарядтарды бағыттай қозғап, электр тогын туғызады. Осылайша, бөгде күштердің әрекетімен механикалық т.с.с. энергиялар электр энергиясына түрленеді.

Өз кезегінде электр тогын пайдаланатын қондырғыларда электр өрісінің энергиясы энергияның басқа түрлеріне айналады. Мысалы, электр қозғалтқыштарында электр тогының энергиясы қайта механикалық энергияға ауысады; электр шамдарында жылу және сәулелік энергияға, электр плиталарында кедергілері үлкен резисторлардың ішкі энергияларына түрленеді. Ал олардың ішкі энергиялары жылу алмасу жолымен қоршаған ортаға беріледі.

2. Энергиялардың түрленіп өзгеруі барысында белгілі бір жұмыс атқарылады. Өйткені кез келген энергия өзгерісінің өлшемі жұмыс болып табылады. Сондықтан электр энергиясы өзгерісі кезінде де электр тогы жұмыс жасайды. Электр тогының жұмысы деп отырғанымыз, шындығына келгенде, өткізгіштің ішіндегі электр өрісі күшінің зарядтарды бағыттап қозғайтын жұмысын айтады. Бұл жұмыс, §23-те көрсеткеніміздей, мына өрнектен табылады:

$$U = \frac{A}{q},$$

мұндағы:  $U$  – кернеу;  $A$  – өткізгіш ішінде туындайтын электр өрісіндегі кулондық күштің  $q$  зарядты бағыттап қозғағанда жасайтын жұмысы.

Жоғарыдағы формуладан электр өрісінің зарядтарды бағыттап қозғағанда жасайтын жұмысын анықтаймыз:

$$A = qU.$$

Зарядтардың бағытталған қозғалысын электр тогы деп атайтындықтан, бұл жұмысты қысқаша *электр тогының* ( $I = \frac{q}{t}$ ) *жұмысы* деп атайды. Ендеше, *электр тогының жұмысы* мына формуламен өрнектеледі:

$$A = qU = IUt.$$

**Электр тогының жұмысы деп кернеу мен ток күшінің жұмыс істелген уақытқа көбейтіндісін айтады:**

$$A = IUt.$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде электр тогының жұмысы **джоульмен (Дж)** өлшенеді:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ с}.$$

**3.** 7-сынып физикасында *қуат* деп бір өлшем уақытта істелген жұмысты айтқанбыз:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Электртехникада қуатты басқаша *P* әрпімен белгілейді:

$$P = \frac{A}{t}.$$

Жоғарыдағы өрнектерді ескеріп, *электр тогының қуатын* мына формула бойынша табамыз:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{IUt}{t} = IU.$$

**Электр тогының қуаты деп ток күші мен кернеудің көбейтіндісін айтады:**

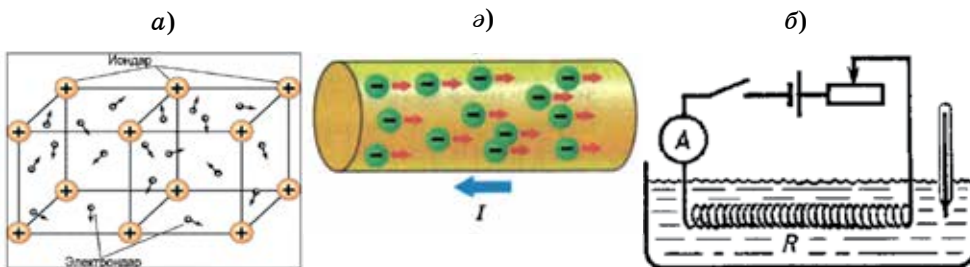
$$P = IU.$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде электр тогының қуаты **ваттпен (Вт)** өлшенеді:

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В}.$$

**4.** Электр тогы өткізгіштерден өткенде олардың температурасы жоғарылайды, яғни ішкі энергиялары өседі. «Бұл құбылысты қалай түсіндіруге болады?» деген сұраққа жауап берейік. Мысал ретінде көп қолданыс табатын металл өткізгіштерді қарастырайық. Металдар еркін қозғалатын электрондардан және кристалдық тордың түйіндерінде орналасқан иондардан (оң зарядталған атомдардан) тұрады (сурет 5.21, а). Металл өткізгішті тізбекке жалғағанда оның ішінде кернеулігі  $E = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{d} = \frac{U}{d}$  болатын (§21) электр өрісі пайда болады. Өрістің  $F = qE$  кулондық күшінің әрекетінен теріс зарядты еркін электрондар  $E$  кернеулік векторының бағытына қарама-қарсы қозғалады (сурет 5.21, ә) да,  $I$  электр тогын туғызады. Электр өрісіндегі қозғалысы барысында қосымша жылдамдық алған электрондар жолындағы иондарға соқтығысып, оларға біраз энергияларын береді. Осылайша, иондардың, демек өткізгіштің ішкі энергиясы өседі.





Сурет 5.21: а) металдағы еркін электрондар; б) электрондардың бағытталған қозғалысы; в) Джоуль–Ленц қондырғысы

Ерекше ескерте кететін бір жайт: металдардың электр тогын ғана емес, жылууды да жақсы өткізетін себебі – олардың бойындағы **еркін электрондар** болып табылады. Металдардың электрондық жылу-өткізгіштігі атомдық (иондық) жылуөткізгіштіктен әлдеқайда жоғары болады.

5. Өткізгіштерден ток өткенде бөлінетін энергия (жылу) мөлшерін бір-біріне тәуелсіз ағылшын ғалымы Дж. Джоуль және орыс физигі Э. Ленц зерттеді. Олар өткізгіште бөлінетін жылудың мөлшерін жоғарыда көрсетілген қондырғыны пайдаланып (сурет 5.21, в), тәжірибе жүзінде анықтады.

Тізбектегі резистордың кедергілерін  $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$  шамаларына өзгертіп, оларға сәйкес келетін  $I_1, I_2, I_3 \dots I_n$  ток күштерін амперметрмен өлшеп отырды. Белгілі бір уақыт ішінде әр резисторда бөлініп шығатын жылудың  $Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_n$  мөлшері  $Q = cm(t_2 - t_1)$  формуласы бойынша калориметрлік тәсілмен анықталды. Формуладағы  $t_1$  қондырғыдағы судың бастапқы температурасы,  $t_2$  белгілі бір уақыт өткеннен кейінгі температурасы.

Тәжірибе барысында анықталған *ток күштері мен кедергілердің мәндерін резисторларда бөлініп шыққан жылумен салыстыра отырып, Джоуль мен Ленц мынадай тұжырым жасады:*

*Өткізгіштен ток өткенде одан бөлініп шығатын жылудың мөлшері ток күшінің квадратына, өткізгіштің кедергісіне және токтың өткен уақытына тура пропорционал болады:*

$$Q = I^2 R t.$$

Бұл тұжырым **Джоуль–Ленц заңы** деген атаумен физика ғылымының тарихына енді.

Джоуль–Ленц заңы атқарылған жұмыс пен бөлінетін жылу мөлшерінің арасында эквивалентті байланыстың барлығын дәлелдейтін тағы бір мы-

сал болып табылады. Шынында да, электр тогының жұмысын ( $A = IUt$ ) және тізбектің бөлігі үшін Ом заңын ( $I = U/R$ ) біле отырып, мына өрнекті аламыз:

$$A = IUt = I^2Rt.$$

Бұдан ток күшінің істеген жұмысы өткізгіште бөлініп шығатын жылудың мөлшеріне тең болатынын көреміз:

$$A = Q = I^2Rt.$$



### Сұрақтар

1. Электр тізбегінде энергияның сақталу және айналу заңын қалай түсіндіруге болады?
2. Электр тогының жұмысы деп нені айтамыз? Қандай формуламен өрнектеледі? Немен өлшенеді?
3. Электр тогының жұмысын қандай күш атқарады? Бөгде күштердің оған қатысы бар ма?
4. Электр тогының қуаты деп нені айтамыз? Қандай формуламен өрнектеледі? Немен өлшенеді?
5. Электр тогы өткенде өткізгіштердің қызатынын қалай түсіндіруге болады?
6. Джоуль–Ленц заңы қалай тұжырымдалады? Жұмыс пен жылудың арасындағы эквиваленттік қалай дәлелденеді?



### Жаттығу 5.4

1. Амперметр тізбекте 15 А ток күшін, ал вольтметр осы бөлікте 24 В кернеуді көрсетеді. 20 мин ішінде ток қанша жұмыс атқарады?
2. Электр плитасының кедергісі 80 Ом, желідегі кернеу 220 В. Электр плитасы 6 сағ ішінде қанша энергия тұтынады?
3. Ом заңын пайдаланып, токтың жұмысын ток күші, кедергі және уақыт бойынша; кернеу, кедергі және уақыт бойынша өрнектендер.
4. 120 В кернеуге арналған әрқайсысы 100 Вт болатын екі шам кернеуі 220 В желіге тізбектеп жалғанған. Тізбектегі токтың күшін және әр шамның кернеуін анықтаңдар.
5. 220 В кернеуде жұмыс жасайтын қуаты 700 Вт болатын қыздырғыштың спиралін қимасы 0,5 мм<sup>2</sup> хромаль сымынан жасау керек. Сымның ұзындығын табыңдар. Хромальдің меншікті кедергісі – 1,4 Ом · мм<sup>2</sup>/м.
6. Токтың қуатын ток күші мен кедергі арқылы және кернеу мен кедергі арқылы өрнектендер.
7. Кернеуі 250 В желіге осындай кернеуге арналған қуаты 500 Вт және 25 Вт екі шамды қосады. Тізбектеп немесе параллель жалғағанда олардың қайсысы жарқырап жанады?

## №7 зертханалық жұмыс

### Электр тогының жұмысы мен қуатын өлшеу

**Жұмыстың мақсаты:** амперметр мен вольтметрді және сағатты пайдаланып, электр тогының жұмысы мен қуатын анықтауды үйрену.

**Аспаптар мен жабдықтар:** зертханалық амперметр мен вольтметр, жалғастырушы сымдар, ток көзі, тізбекті тұйықтайтын кілт, электр шамы (резистор), секундомер (сағат).

**1-тапсырма.** Амперметр мен вольтметрдің шкалаларын қарап, олардың бөліктерінің құнын анықтап алыңдар.

**2-тапсырма.** Сурет 5.22 бойынша электр тізбегін құрып, кілтпен тұйықтаңдар да, сағатпен уақытын белгілеңдер.

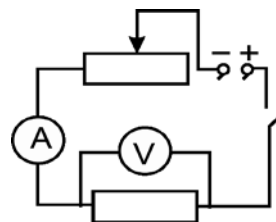
**3-тапсырма.** Амперметр мен вольтметрдің көрсетулері бойынша шамдағы токтың қуатын  $P = IU$  формуласын пайдаланып, есептеп шығарыңдар.

**4-тапсырма.**  $P = A/t$  формуласын пайдаланып, шамдағы токтың жұмысын есептеп шығарыңдар ( $t$  – шамның жанған уақыты).

**5-тапсырма.** Өлшеулер мен есептеулердің нәтижелерін төмендегі кестеге түсіріп жазыңдар:

$I, A$	$U, B$	$t, c$	$P, Bt$	$A, Дж$	Тұтынушы
					Электр шамы ... Вт

**6-тапсырма.** Зерттеу қорытындысын қысқаша түйіндеп жазыңдар.



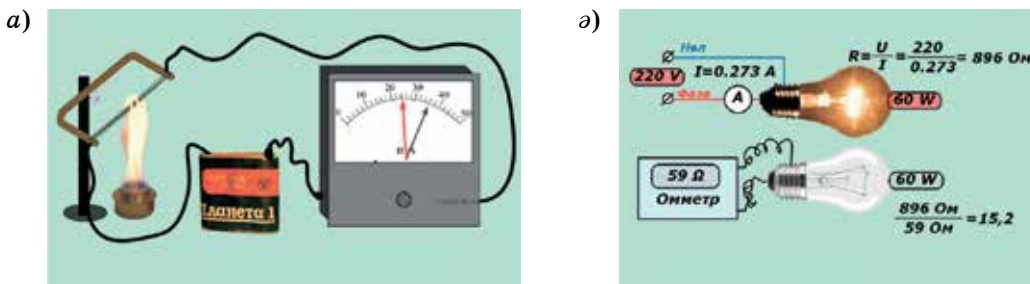
Сурет 5.22

## §27.

### МЕТАЛДАРДЫҢ ЭЛЕКТР КЕДЕРГІЛЕРІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАҒА ТӘУЕЛДІЛІГІ. АСҚЫНӨТКІЗГІШТІК

1. Металл өткізгіштің кедергісі температураға тәуелді ме? Бұл сұраққа жауап беру үшін тәжірибеге жүгінейік. Төменде көрсетілген жабдықтарды пайдаланып, электр тізбегін құрайық (сурет 5.23, а). Штативке (таған) бекітілген кермедегі өткізгіш сымды қыздырмай тұрған кездегі миллиамперметрдің көрсетуін жазып алайық (суреттегі көрсетуі  $I_1 = 36$  мА). Өткізгіш сымды қыздыра бастасақ, миллиамперметрдің көрсетуі азая бастайды (суреттегі көрсетуі  $I_2 = 24$  мА). Бұл өткізгіштің температурасы өскенде оның электр кедергісінің де өскенін білдіреді.

Тағы бір мысал келтірейік. Қуаты 60 Вт болатын қыздыру шамы қылының салқын кездегі кедергісі омметрмен өлшегенде  $R_1 = 59$  Ом-ға тең болады (сурет 5.23, ә – төменгі бөлігі). Шамды кернеуі  $U = 220$  В



Сурет 5.23. Өткізгіштерді қыздырғанда кедергілері артады

болатын электр желісіне қосқан кезде (сурет 5.23, а – жоғарғы бөлігі) оның қылының температурасы  $1500\text{--}2000^\circ\text{C}$ -ге дейін көтеріледі де, одан өтетін токтың күші  $I = 0,273\text{A}$  тең болады. Шам қылының қызған кездегі  $R_2$  кедергісін тізбек бөлігі үшін Ом заңымен анықтайық:  $R_2 = U/I = 220/0,273 = 896\text{ Ом}$ . Сонымен, шамның металл (вольфрам) қылының температурасы  $1500\text{--}2000^\circ\text{C}$  градусқа дейін көтерілгенде оның электр кедергісі  $R_2/R_1 = 896/59 = 15,2$  есе өскенін көреміз.

2. Сөйтіп, тәжірибелер өткізгіштерді қыздырғанда олардың кедергілерінің бірнеше есе өсетіндігін көрсетті. Тәжірибелердің нәтижелерін қорытындылай отырып, **өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігін сипаттайтын формула** анықталды. Бұл формула былайша өрнектеледі:

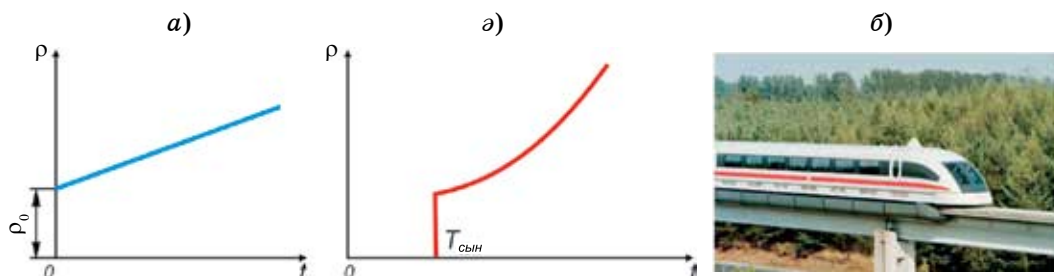
$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \text{ немесе } \rho_t = \rho_0(1 + \alpha t),$$

мұндағы:  $R_t$  – өткізгіштің  $t^\circ\text{C}$  температурадағы кедергісі;  $R_0$  –  $0^\circ\text{C}$  температурадағы кедергісі;  $\rho$  – өткізгіштің меншікті кедергісі;  $\alpha = (R_t - R_0)/t$  – кедергінің температуралық коэффициенті деп аталады. Таза металдар үшін бұл коэффициенттің жуық мәні мына теңдіктен табылады:

$$\alpha = \left(\frac{1}{273}\right) ^\circ\text{C}^{-1}.$$

Сурет 5.24-те  $\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t)$  формуласымен сипатталатын өткізгіштің меншікті кедергісінің температураға тәуелділігінің графигі көрсетілген (сурет 5.24). Формула да, график те кедергінің температура өскен сайын оған тура пропорционал өсетінін көрсетеді.

3. Металл өткізгіштерді қыздырғанда олардың кедергілерінің өсуін қалай түсіндіруге болады? Бұл сұрақтың жауабын 26-параграфтың 4-тармағында қарастырылған металдардың кристалдық құрылымына сүйене отырып беруге болады. Металдардың кристалдық торы атом-



Сурет 5.24: а) өткізгіштердің  $\rho(t)$  графигі; б) асқынөткізгіштің  $\rho(t)$  графигі; б) магнит жастығында қозғалатын электр пойызы

дардан (иондар) құралады. Олардың арасында теріс зарядты «еркін» электрондар бейберекет қозғалады (сурет 5.21, а). Ал атомдар (иондар) кристалдық тордың түйіндерінің төңірегінде тербелмелі қозғалыстар жасайды. Молекулалық-кинетикалық теорияға сәйкес бөлшектердің мұндай қозғалыстарына өткізгіштің белгілі бір ішкі энергиясы сәйкес келеді.

Өткізгіш ток көзіне қосылған жағдайда кернеулігі  $E$  электр өрісі пайда болады. Өрістің кулондық күшінің әрекетінен электрондар қосымша жылдамдық алып, бағыттала қозғалады да (сурет 5.21, б), электр тогын туғызады. Электрондардың бағытталған қозғалысының жылдамдықтары артқан сайын ток күші де күшейе түседі. Алайда олар жолдарында тұрған иондарға соқтығысып, біраз энергияларын береді де, бағытталған жылдамдықтарын азайтады. Сөйтіп, электр тогы кемуі түседі де, өткізгіштің кедергісі арта бастайды. Сонымен, өткізгіштегі токтың басты кедергісі кристалдық тордың түйіндерінде орналасқан атомдар (иондар) болып табылады.

Ток таситын еркін электрондармен соқтығысып, қосымша энергия алған атомдардың (иондардың) тербелмелі қозғалысының амплитудасы өсіп, жылдамдықтары да арта түседі. Ендеше, тұтас өткізгіштің ішкі энергиясы бұрынғысынан да молайып, температурасы жоғарылайды. Олай болса, молекулалық-кинетикалық теорияға сәйкес өткізгіштің ішіндегі электрондардың да температурасы жоғарылап, бейберекет қозғалысының жылдамдықтары артады. Электрондардың ретсіз қозғалыстарының жылдамдықтары артқан сайын олардың бағытталған, реттелген қозғалысы да баяулай береді. Міне, осылайша өткізгіштің температурасы жоғарылағанда оның электр кедергісі де өсе беретін болады.

4. 1911 жылы голландық физик ғалым Камерлинг – Оннес өте төмен температурада сынаптың электр өткізгіштігін зерттей отырып,

тамаша құбылысқа тап болды. Сынаптың температурасын сұйық гелийдің ішінде абсолют нөл градусқа жақындатып, 4,1 К-ге дейін төмендеткенде оның электр кедергісі күрт жойылады (сурет 5.24, ә). Бұл құбылыс **асқынөткізгіштік** деген атау алды. Өткізгіштің электр кедергісі жойылатын температурасын  $T_{\text{сын}}$  *сындық температура* деп атайды.

**Асқынөткізгіштер деп белгілі бір сындық температурада электр кедергілері кенет жойылатын ерекше өткізгіштерді айтады.**

Асқынөткізгіштік құбылысы кейінірек көптеген басқа металдарда (қорғасын, алюминий т.б.) байқалды. 1986–1987 жылдары жоғары температурада өтетін асқынөткізгіштік ашылды. Ондай материалдардың кедергісі 100 К температура шамасында нөлге айналады.

5. Асқынөткізгіштік құбылысы ғылым мен техникада кеңінен қолданыс тапты, болашағы да жарқын. Оған көптеген мысалдар келтіруге болады.

**Біріншіден**, асқынөткізгіштерді пайдалану бірден электр энергиясын 15%-ға үнемдеуге әкеледі.

**Екіншіден**, асқынөткізгіштерді пайдаланып, аса күшті магнит өрісін туғызуға болады. Егер электрмагниттің орамын асқынөткізгіштен жасаса, онда одан мейлінше үлкен ток өтеді де, соншама үлкен магнит өрісі пайда болады. Мұндай магниттер, мысалы, 500–600 км/сағ жылдамдықпен жалғыз рельсті жолдың түйісулерінде «шусыз» қозғала алатын электр пойыздарында «магниттік жастық» ретінде қолданылады (сурет 5.24, б).

**Үшіншіден**, асқынөткізгіштер есептегіш машиналар үшін ең қажетті, ең жақсы материал болып табылады. Асқынөткізгіштерді «есте сақтау» мүмкіншілігі орасан зор жасанды интеллект-қондырғыларда қолдануға болады. Мұндай қондырғылардың «еске түсіру қабілеті» де таңғаларлықтай жоғары. Олар әп-сәтте ақпараттың орасан мол  $10^{11}$  ағымдары ішінен іздеген материалды 1 мкс уақыт ішінде тауып бере алады.



## Сұрақтар

1. Өткізгіштерді қыздырғанда кедергілерінің өсетіндігін қандай тәжірибелермен көрсетуге болады?
2. Өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігі қандай формулалармен сипатталады? Графигін салып түсіндіріңдер.
3. Өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігін қандай теория негізінде қалай түсіндіруге болады?
4. Асқынөткізгіштік деген қандай құбылыс? Графигін салып түсіндіріңдер. Асқынөткізгіштер деп қандай өткізгіштерді айтады?
5. Асқынөткізгіштер қайда қолданылады, болашағы қандай?





§28.

## ЭЛЕКТРҚЫЗДЫРҒЫШ АСПАПТАР. ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛУ. БАЛҚЫМАЛЫ САҚТАНДЫРҒЫШТАР

1. Электр тогының жылулық әрекеті қазіргі тұрмыстық аспаптарда да, өнеркәсіптік техникаларда да зор рөл атқарады. Қыздырғыш аспаптарға әр шаңырақта кең қолданыс тапқан электр плиталары, электр үтіктері, электр шөйнектері, шашты құрғататын фендер т.с.с. құралдар жатады.

Қыздырғыш аспаптар өндірісте көптеген мақсаттарда, мысалы, металдарды жоғары температурада «пісіріп» бір-біріне жалғайтын аппараттарда (сурет 5.25, а), рудаларды балқытатын электр пештерінде т.с.с. қолданылады. Ауылшаруашылығында өнімдерді кептіретін қондырғыларда (сурет 5.25, ә), көгөністер шығаратын жылыжайларда, құс фабрикаларындағы инкубаторларда кеңінен пайдаланылады.

Барлық электрлік жылытқыш аспаптарда қолданылатын *қыздырғыш элементтер* (сурет 5.25, б) меншікті кедергілері мен балқу температуралары үлкен екі түрлі қоспадан жасалады. **Нихром** деп аталатын қыздырғыш элемент никель мен хромның қоспасы, ал **фехраль** деп аталатын элемент темір, хром және алюминий қоспасы болып табылады. Басқа металл өткізгіштерге қарағанда *нихромның меншікті кедергісі* ( $\rho_n = 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) мен *фехральдің меншікті кедергісі* ( $\rho_\phi = 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) ондаған-жүздеген есе үлкен. Сондықтан Джоуль–Ленц заңына сәйкес ( $Q = I^2 R t$ ) мұндай *қыздырғыш элементтерде* бөлініп шығатын жылудың мөлшері де басқа өткізгіштерге қарағанда ондаған-жүздеген есе үлкен болады.

2. Электрқыздырғыш аспаптар қатарына американдық өнертапқыш Томас Эдисон мен орыс электртехнигі Александр Николаевич Лодыгин жасап шығарған *электр шамдарын* жатқызуға болады. Бұл шамдардың жарық беретін өткізгіш қылы көмірленген бамбук немесе мақта



Сурет 5.25. Электрқыздырғыш аспаптар



талшықтарынан жасалатын. Талшықтар ұзақ шыдау үшін ауасы сорылған шыны баллондардың ішінде ток жүретін екі электродтардың арасына орналастырылды. Қажетті электрлік және механикалық қасиеттері бар талшықтар шығару жұмысы ұзақ жылдарға созылды. Көптеген ізденістердің арқасында талшықтардың жарық беру уақыты алғашқы 30 минуттан 1000 сағатқа дейін ұзартылды. Кейінірек Лодыгин көмір талшықтарының орнына вольфрам қылын қолдануды ұсынды (сурет 5.25, б). Осылайша, қазіргі күнгі электр қыздыру лампалары XX ғасырдан бастап барлық елдерде қолданыс таба бастады.

Жоғарыда сипатталған электр шамдары жарық көздері ретінде қолданылады. Алайда олар электр энергиясының тек 10% -ын ғана жарық сәулесіне түрлендіреді де, 90% -ын сыртқы ортаға жылу энергиясы түрінде бөліп шығарады. Сондықтан бұндай шамдарды **электрлік қыздырғыш аспаптар** қатарына қосады. Қазіргі кезде бұл шамдарды, бір жағынан, электр энергиясын көп мөлшерде үнемдейтін, екінші жағынан, сәулелік шығымдылығы жоғары басқа жарық көздері ығыстыра бастады.

3. Аспаптарды ток көздеріне қосып, электр энергиясын пайдаланғанда **қысқа тұйықталу** деп аталатын аса қауіпті құбылыстан сақтану қажет. Мұндай қауіпті құбылыс екі жағдайда орын алады. *Біріншіден*, қысқа тұйықталу ток көзіне кедергісі өте аз аспапты қосқан кезде орын алады (сурет 5.26, а). *Екіншіден*, қысқа тұйықталу ток көзіне бірнеше құралдар мен аспаптарды қатарынан пайдаланған кезде байқалады. Бірнеше құралдар қатар қосылғанда тізбектегі токтың күші ( $I$ ) күрт өседі де, оған қосылған аспаптар да, ток жүретін өткізгіш сымдар да  $I^2$  есе қатты қызады ( $Q = I^2Rt$ ). Жоғарыда көрсетілген қауіпті жағдайларға жол бермеу керек, кері жағдайда өрт шығып, қымбат электр аспаптары істен шығады.

4. Әдетте қысқа тұйықталу жағдайында туындайтын қауіп-қатерден қорғау үшін **балқымалы сақтандырғыштар** деп аталатын арнайы құралдар қолданылады. Бұндай құралдардың халықаралық ортақ стандарттары жоқ болғандықтан, әр елде өртүрлі сақтандырғыштар қолданылады (сурет 5.27).



Сурет 5.26. Қысқа тұйықталу



Сурет 5.27. Электр сақтандырғыштары



Сақтандырғыштар токтың күші өскенде тез балқып кететін өткізгіш – өзекшеден тұрады. Өзекшеден есептелген мөлшерінен үлкен ток өтетін болса, ол лезде балқып кетеді де тізбектегі токты үзеді. Сөйтіп, электр тізбегіне қосылған басқа құрал-жабдықтарды сақтап, өрт қаупінің алдын алады.



### Сұрақтар

1. Электр тогының жылулық әрекеті қайда және қалай қолданылады? Қыздырғыш элементтер неден жасалады, қалай аталады және ерекшеліктері қандай?
2. Электр шамдарын кімдер ойлап тапты, құрылымы қандай? Оларды неге электрлік қыздырғыш аспаптар қатарына қосады?
3. Қысқа тұйықталу деп қандай құбылысты атайды? Қысқа тұйықталу қандай жағдайда орын алады?
4. Балқымалы сақтандырғыштар не үшін қолданылады және олардың жұмыс істеу принципін қалай түсіндіреді?



### Жаттығу 5.5



1. Кернеуі 10 В ток көзіне қосылған электр доғасы 20 А ток күшін тұтынады. Доғаның кедергісін және тұтынатын қуатын табыңдар.
2. Кедергісі 80 Ом электр плитасы 220 В кернеуде жұмыс жасайды. Оның үстіндегі 3 л суы бар шәйнек қанша уақыттан кейін қайнайды? Плитаның ПӘК-і 60%, судың бастапқы температурасы 10°C, шәйнектің жылуsыйымдылығы ескерілмейді.
3. Қуаты 300 Вт электр үтігінің үзілген спиралін  $\frac{1}{4}$ -ге қысқартып, қайта жалғады. Оның қуаты енді қандай болады?



### Теориялық зерттеу

Теориялық талдауларға сүйеніп, төмендегі тапсырмаларды жазбаша түрде орындаңдар:

1. Тізбектеп жалғағанда бөрінен бұрын кедергісі ең үлкен өткізгіштің күштірек қызатынын түсіндіріңдер.
2. Параллель жалғағанда қандай өткізгіштің күштірек қызатынын дәлелдеңдер.
3. Балқымалы сақтандырғыштың негізгі элементі тез балқитын жіңішке сым болып табылады. Ток күші шамадан тыс өскенде сақтандырғыштың бөрінен бұрын балқып, токты айыратынын түсіндіріңдер.

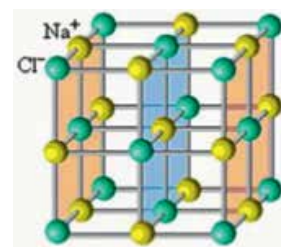
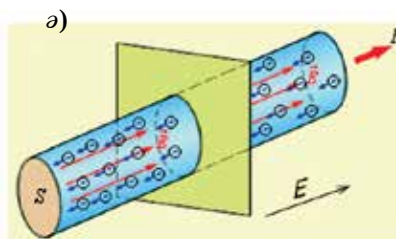
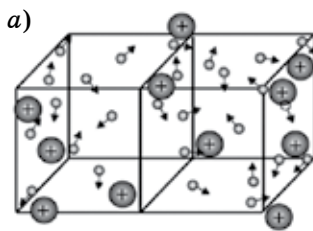
## ЭЛЕКТР ТОГЫНЫҢ ТАБИҒАТЫ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ӘРЕКЕТІ. ФАРАДЕЙ ЗАҢЫ

1. Металдарда электр тогын тек электрондар ғана тасиды. Мұндай электрондардың металдарда қалай пайда болатынын түсіндірейік. Металдардың атомдары кристалдық торға біріккенде өте жақын орналасады да, ең сыртқы қабаттарындағы электрондарын ығыстырып шығарады. Атомдармен байланыстарын үзіп, босап шыққан электрондарды *еркін электрондар* деп атайды. Атомдар сыртқы қабаттағы теріс зарядты электрондарынан айырылып, оң зарядты иондарға айналады да, кристалл тордың түйіндерінде орналасады. Еркін электрондар кристалл тордың ішінде бейберекет қозғалыста болады (сурет 5.28, а). Металл өткізгіштер ток көзіне қосылғанда олардың ішінде пайда болған электр өрісі еркін электрондарды өрістің кернеулік векторына ( $E$ ) қарама-қарсы бағытта қозғалтады (сурет 5.28, ә). Осылайша, электрондардың бағытталған қозғалысы электр тогын ( $I$ ) туғызады. Сөйтіп, *металдарда электр тогын тек еркін электрондар ғана тасиды*. Ал оң зарядталған иондар өріс күшінің әрекетінен бұрынғысына қарағанда қарқындырақ тербеліс жасайды, алайда кристалл тордың түйіндерінен босап шыға алмайды. Ендеше, иондар металдарда электр тогын тасуға қатыспайды; керісінше, электрондардың бағытталған қозғалысына бөгет болып, металдардың электр кедергісін арттырады да, ток күшін азайтуға себепкер болады.

2. Электр өрісі туғызылған жағдайда электр тогы металл өткізгіштерде ғана емес, сұйық ерітінділерде де, газдарда да пайда болады. Сұйық ерітінділерде *электр тогын иондар тасиды*, ал газдарда *электр тогын тасуға электрондар да, иондар да қатысады*. Газдардағы электр тогына найзағай және екі электродтың арасында ауада туындайтын электр доғасы мысал бола алады.

Газдағы токтардың пайда болу табиғатымен жоғары сыныптарда танысатын боласыңдар. Төменде сұйық ерітінділерде электр тогының қалай пайда болатынына тоқталамыз.

3. Металдардың кристалдық торларының түйіндерінде тек оң зарядты иондар ғана орналасады (сурет 5.28, а). Ал кейбір денелердің (мысалы,  $\text{NaCl}$  – ас тұзының) кристалдық торларының түйіндерінде оң иондар мен теріс иондар кезектесіп орналасады (сурет 5.29). Мұндай кристалдарды *иондық кристалдар* деп атайды. Иондық кристалдар электр тогын өткізбейтін диэлектриктер болып табылады. Өйткені оларда токты таси-



Сурет 5.28. Металдағы «еркін электрондар»

Сурет 5.29. Ас тұзы

тын еркін электрондар жоқ, ал иондардың зарядтары бола тұрса да, олар кристалл тордың түйіндерін тастап шыға алмайды.

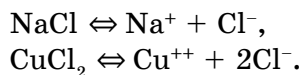
Ас тұзынан басқа шыны, фарфор, фаянс, мрамор сияқты диэлектриктер де иондық құрылымдарға жататын материалдар болып табылады.

4. Ешқандай қоспасы жоқ таза су диэлектриктер қатарына жатады. Алайда аз да болса қоспасы бар су жақсы өткізгіштер болып табылады. Мысалы, ас тұзын тоқты өткізбейтін таза суға салсақ, ерітінді өткізгішке айналады. Судың температурасын көтерсек (еселеп ыстық су құйсақ), ерітіндінің электр кедергісі онан сайын кеми түседі. «Бұл құбылысты қалай түсіндіруге болады және ерітіндідегі электр тогын қандай бөлшектер тасиды?» деген сұрақтарға жауап іздейік.

Судың еріткіштік қасиеті бәрімізге таныс. Ас тұзы немесе құрылымы оған ұқсас басқа да кристалдар суда ерігенде кристалдық тордың түйіндерінде «байланған» иондар оң және теріс зарядты *еркін иондарға* ыдырайды.

*Еріткіштің молекулаларының соққылауы әрекетінен кристалдық тор бұзылып, оң және теріс зарядты еркін иондарға ыдырау құбылысы электролиттік диссоциация деп аталады.*

Төмендегі формулаларда  $\text{NaCl}$  және  $\text{CuCl}_2$  молекулаларынан тұратын иондық кристалдарының еріткіштердегі ыдырау реакциялары көрсетілген:



Формулалардан көрініп тұрғандай,  $\text{NaCl}$  ас тұзының (натрий хлоридінің) молекуласы еріткіштің әрекетінен бір электронынан айырылған натрийдің оң зарядты ионына ( $\text{Na}^+$ ) және бір артық электронды қосып алған хлордың теріс зарядты ионына ( $\text{Cl}^-$ ) ыдырайды. Ал  $\text{CuCl}_2$  мыс хлоридінің молекуласы екі электронынан айырылған мыстың оң зарядты ионына ( $\text{Cu}^{++}$ ) және бір-бірден артық электронды қосып алған хлордың теріс зарядты екі ионына ( $2\text{Cl}^- = \text{Cl}^- + \text{Cl}^-$ ) ыдырайды.

*Еріткіштің әрекетінен әртас иондарға ыдырайтын заттарды электролиттер деп атайды.*

Электролиттерге *тұздар, қышқылдар, сілтілер* және көптеген *органикалық қосылыстар* жатады. Электролиттердің ыдыраған иондары бар сұйықтарын *ерітінділер* деп те, *электролиттер* деп те атай береді.

Ерітіндінің температурасы жоғары болған сайын электролиттердің оң және теріс зарядты иондарға ыдырау қарқыны да арта түседі. Сөйтіп, ерітіндіде температура жоғарылағанда тоқты таситын зарядтың мөлшері ( $q$ ) өседі де, оған сәйкес ток күші ( $I = q/t$ ) де артады, яғни ерітіндінің  $R$  кедергісі төмендейді. Ал металл өткізгіштерде, керісінше, температура жоғарылағанда кедергілерінің өсетіндігін білеміз ( $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ ).

Металл өткізгіштер мен электролит өткізгіштердің жоғарыдағы ерекшеліктеріне байланысты металдарды *бірінші текті*, ал электролиттерді *екінші текті* өткізгіштер деп ажыратады.

5. Ас тұзының ( $\text{NaCl}$ ) ерітіндісін ток көзіне қосып электр өрісін туғызса, оң зарядты иондар өріс күшінің бағытымен, теріс зарядты иондар қарама-қарсы бағытта қозғалып, электролит ішінде электр тогын туғызады (сурет 5.30). Теріс зарядты хлор элементінің иондары ( $\text{Cl}^-$ ) ток көзінің оң полюсіне қосылған анодқа жеткеннен кейін, теріс зарядтарын (артық электрондарын) сыртқы тізбектегі металл өткізгіштерге беріп, бейтарап атомдарға айналады. Сол сияқты ерітіндідегі натрий элементінің оң иондары ( $\text{Na}^+$ ) ток көзінің теріс полюсіне қосылған катодқа жетіп, сыртқы тізбектен өздеріне жетпейтін электрондарды қосып алады да, бейтарап атомдарға айналады. Сөйтіп, *тізбектің сыртқы металл өткізгіштерден тұратын бөлігінде тоқты электрондар, ал электролит ерітіндісінен тұратын бөлігінде иондар тасымалдайды.*

Иондар  $q$  зарядтармен қоса белгілі бір химиялық элементтердің  $m$  массаларын да өздерімен бірге тасиды (сурет 5.30). Олар электродтардың беттерінде бейтарап атомдарға айналып, таза химиялық элемент түрінде бөлініп шығады. Бұл құбылысты *электролиз* деп атайды. Электролиз химиялық элементтерді электролит ерітінділерінен бөліп алуға жол ашты. Мысалы, электролиз арқылы 1807 жылы Г. Дэви бірінші рет электродта бөлініп шыққан *натрий* элементін (сурет 5.30) ашқан болатын.

Электролиз деп *тұрақты токтың әсерінен электролиттің ерітіндісіндегі заттардың электродтарда бөлініп шығу құбылысын* айтады.

6. Электролиз процесінде электродтарда бөлінетін заттардың мөлшерін алғаш рет мұқият зерттеген М. Фарадей болды. Ол әртүрлі электро-

лит ерітінділері арқылы электр тогының әртүрлі мөлшерін өткізіп, оларға сәйкес электродтарда бөлінген заттардың массаларын таразыда өлшеу арқылы анықтап отырды. Көптеген өлшеулердің нәтижелерін салыстыра келіп, Фарадей 1832 жылы электролиз процесінде бөлінетін заттардың массаларының ток күшіне тәуелділік заңдылығын ашты. Эксперимент жүзінде ашылған бұл заңдылық **Фарадей заңы** деп аталады да, былайша тұжырымдалады:

**Электролиз кезінде электродта бөлінетін заттың массасы электролиттен өтетін зарядтың мөлшеріне тура (немесе ток күшіне) пропорционал:**

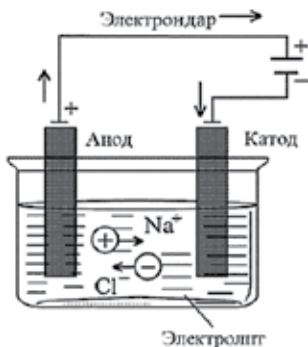
$$m = kq = kIt,$$

мұндағы:  $m$  – бөлінген заттың массасы;  $q = It$  – электролит арқылы  $t$  уақытта өткен зарядтың мөлшері;  $I$  – электролиттен өткен ток күші;  $k$  – *электрохимиялық эквивалент* деп аталатын пропорционалдық коэффициент.

7. Электролиттерден ток өткен кезде электродтарда заттардың бөліну құбылысы өнеркәсіпте кең қолданыс тапты. Электролиз құбылысының ашылуы өнеркәсіпте бұрын болмаған *электрометаллургия, гальваностегия* және *гальванопластика* сияқты жаңа салаларды туғызды.

**Электрометаллургияда** бірталай түсті металдарды электролиз тәсілімен өндіреді. Мысалы, 2007 жылы Павлодарда ашылған «Қазақстандық электролиз зауыты» (сурет 5.31) тазалығы 99,85% болатын алюминий құймаларын осы тәсілмен балқытылған боксит кенінен тұрақты электр тогын өткізу арқылы шығарады.

2011 жылы Өскеменде ашылған мыс зауытында қара мыс екі кезеңнен тұратын электролиздік өңдеулерден өтеді. Бірінші кезеңде анодталған өңдеуден өтіп, рафинадталған мыс алынады. Екінші кезеңде рафинадталған мыс электролизде тағы да мұқият өңделіп, тазалығы аса жоғары



Сурет 5.30. Электролит



Сурет. 5.31. Павлодар электролиз зауыты



(99,97 және 99,99%) мыс өндіріледі. Өскеменнің металлургиялық комбинаттарында электролиз тәсілімен басқа да бағалы металдар (мысалы, тазалығы 99,99% алтын) алынады.

**Гальваностегияда** электролиз әдісімен бір металдың бетін басқа металдармен қаптайды. Мысалы, электролиз арқылы қара металдарды никельмен, хроммен қаптайды; сәндік бұйымдарын «алтынмен аптайды, күміспен күптейді».

**Гальванопластика** деп денелердің бет-бедерінің пішінін электролиз әдісімен металдарда кескіндеуді айтады. Ол үшін дене бетінің балауыздағы үлгісі алынады. Үлгінің беті ток өтетін графит тозаңымен қапталады. Бұдан кейін үлгіні катод орнына электролитке батырады. Анодтың рөлін үлгінің (катодтың) бетін қаптайтын металл (мысалы, алтын немесе никель) атқарады.



### Сұрақтар

1. Өртүрлі ортада өтетін электр тогының табиғаты қандай? Мысалдар келтіріңдер.
2. Иондық кристалл деп қандай кристалдарды айтады? Олардың металл кристалдарынан қандай айырмашылықтары бар?
3. Электролиттік диссоциация және электролиттер деп нені айтады? Мысалдар келтіріңдер.
4. Электролиз деп қандай құбылысты айтады? Мысалдар келтіріңдер.
5. Фарадей заңы қалай тұжырымдалады және қандай формуламен өрнектеледі?
6. Электролиз құбылысы қайда және не үшін қолданылады? Қазақ өнеркәсібінен мысалдар келтіріңдер.





### Тараудағы ең маңызды түйіндер

1. *Электр тогы деп зарядтардың бағытталған қозғалысын айтады.*

2. *Электр тогының күші деп бірлік уақытта өткізгіштің көлденең қимасынан өтетін зарядтың мөлшерін айтады:  $I = \frac{q}{t}$ .*

3. *Электр кернеуі деп тізбектің бір бөлігінен екінші бөлігіне бірлік зарядты тасу үшін Кулон күші мен бөгде күштердің жасаған жұмыстарының қосындысын айтады:  $U = \frac{A_{\kappa}}{q} + \frac{A_{\delta}}{q}$ .*

4. *Тізбектің бөлігі үшін Ом заңы. Тізбектің бөлігіндегі токтың күші осы бөліктегі кернеуге тура пропорционал да, кедергісіне кері пропорционал:  $I = \frac{U}{R}$ .*

5. *Өткізгіштерді тізбектеп жалғау заңдылықтары:*

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = \text{const.}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n.$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n.$$

6. *Өткізгіштерді параллель жалғау заңдылықтары:*

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n = \text{const.}$$

7. *Электр тогының жұмысы деп кернеу мен ток күшінің жұмыс істелген уақытқа көбейтіндісін айтады:*

$$A = IUt.$$

8. *Электр тогының қуаты деп ток күші мен кернеудің көбейтіндісін айтады:  $P = IU$ .*









9. *Джоуль–Ленц заңын өрнектейтін формула:  $Q = I^2Rt$ .*

10. *Электролиз деп тұрақты токтың әрекетінен электролиттің ерітіндісіндегі заттардың электродтарда бөлініп шығу құбылысын айтады.*

## VI ТАРАУ

# ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ҚҰБЫЛЫСТАР

### ОҚУШЫЛАР МЕНҒЕРУГЕ ТИІСТІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МАҚСАТТАР:

-  магниттердің негізгі қасиеттеріне сипаттама беру және магнит өрісін күш сызықтары арқылы бейнелеу;
-  магнит өрісінің сипаттамаларын түсіндіру;
-  тогы бар түзу өткізгіштің және соленоидтың айналасындағы өріс сызықтарының бағытын анықтау;
-  жолақ магнит пен соленоидтың магнит өрістерін салыстыру;
-  магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әсерін сипаттау;
-  электрқозғалтқыштың және электр өлшеуіш құралдардың жұмыс істеу принципін түсіндіру;
-  электрмагниттік индукция құбылысын түсіндіру;
-  Қазақстанда және дүниежүзінде электр энергиясын өндірудің мысалдарын келтіру.

*Бұл тарауда оқушылар терең игеруге міндетті алдыңғы бетте көрсетілген бағдарламалық оқу мақсаттарымен қатар, әр оқушының есінде ұзақ сақталуға тиісті мына негізгі физикалық ұғымдар қарастырылады: «магнит өрісі», «тоғы бар өткізгіштің магнит өрісі», «магнит өрісінің токқа әрекеті», «электрмагниттік индукция».*

### Тараудағы физика терминдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі минимумы

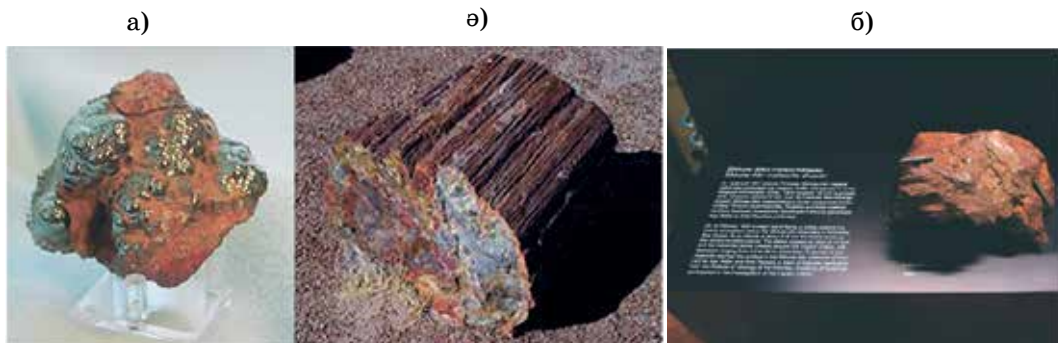
Қ а з а қ ш а	О р ы с ш а	А ғ ы л ш ы н ш а
Тұрақты магниттер	Постоянные магниты	Permanent Magnets
Магнит өрісі	Магнитное поле	A magnetic field
Оң қол ережесі	Правило правой руки	Rule of the right hand
Бұранда ережесі	Правило буравчика	Rule drills
Электрмагнит	Электромагнит	Electromagnet
Сол қол ережесі	Правило левой руки	The rule of the left hand
Индукциялық ток	Индукционный ток	Induction current
Генератор	Генератор	Generator

## §30.

### ТҰРАҚТЫ МАГНИТТЕР. МАГНИТ ӨРІСІ

1. «Магнит» атауы ерте дүниеде Кіші Азиядағы «Магнесия» деп аталатын жер шоқысының атауынан тараған. Осы шоқыда өндірілетін кейбір тас қиыршықтары бір-біріне жабысып тартылатын қасиеттерімен ерекшеленетін. Біздің дәуірімізге дейінгі VI ғасырда грек ғұламасы Фалес «магнит» туралы алғашқы жазба дерек қалдырған. Гректер жабысқақ тастарды «Магнесия тасы» – «Magnetis litos» деп атаған. Магнесия тасына ұқсас (сурет 6.1, а) қасиеттері бар кен көздерін «магнетит» кен орындары деп атайды, оларға негізінен темір кеніштері жатады.

Әлемдегі ең ірі магнетит кеніштерінің бірі – Қостанай облысындағы Соколов-Сарыбай кеніші. Оның байытылған кендері (сурет 6.1, а және ә) Қазақстанның Тұңғыш Президенті Нұрсұлтан Әбішұлы еңбек жолын бастаған Теміртау металлургия комбинатында қорытылып, сапалы өнімдер алынады.

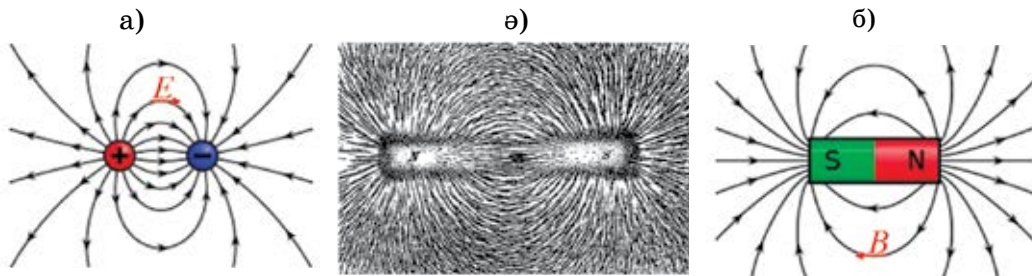


Сурет 6.1. Табиғи магниттер

2. Темірмен қатар никель мен кобальт элементтері де магниттік қасиеттерімен ерекшеленеді. Аталған элементтерден немесе олардың басқа элементтермен қоспаларынан әртүрлі пішіндегі *тұрақты магниттер* жасалады.

**Тұрақты магниттер деп магниттік қасиеттерін ұзақ сақтайтын денелерді айтады.**

Магниттерді бір-біріне жақындатқанда олар белгілі бір күшпен әрекеттеседі. Магниттердің бірін-бірі тартатын ұштарын олардың әраттас полюстері деп, ал тебілетін ұштарын аттас полюстері деп атайды. Сонымен, магниттің бір ұшын *солтүстік полюс*, екінші ұшын *оңтүстік полюс* деп атау тарихи қалыптасқан. Солтүстік полюсті **N** таңбасымен белгілеп, әдетте, көк түске бояйды; оңтүстік полюсті **S** таңбасымен белгілеп, қызыл түспен бояйды (сурет 6.2, б). Магниттің көптеген қасиеттері тәжірибеде анықталды. Мысалы, магнитті ортасынан бөлсек, оның полюстері бір-бірінен ажырамайды. Магнитті қанша ұсақтап бөлсек те, оның әрбір бөлшегі екі полюстің бірлігін сақтап қалады. Магниттің тартатын күші оның ортасында аз да, екі ұшында әлдеқайда үлкен. Сондықтан магниттің тарту күшін өсіре түсу үшін оны иіп, доға түрінде жасайды.



Сурет 6.2. Тұрақты зарядтың және тұрақты магниттің өрістері

Тұрақты магнитті қыздырғанда немесе қатты соққылағанда магниттік қасиеттерінен айырылады.

3. Магниттердің бір-бірімен әрекеттесуінің электр зарядтарының өзара әрекеттесуіне ұқсастығы бар. Біз 4-тарауда берілген зарядтың төңірегіндегі электр өрісін зерттеу үшін басқа бір *«сынақ зарядын»* пайдаланған едік. Сол сияқты, магниттің төңірегіндегі өрісті зерттеу үшін де элементар *«сынақ магнитті»* пайдаланамыз. Сынақ магниттерінің рөлін өрістерін ескермеуге болатын ұсақ болат ұнтақтары немесе кішкентай магнит тілшелері атқарады.

Тұрақты магниттердің төңіректерінде де олардың *сынақ магнитімен* әрекеттесулерін туғызатын ерекше өрістің бар екеніне тәжірибе жасап көз жеткізе аламыз. Ол үшін жолақ магниттің үстін қатырма қағазбен жауып, зертханаларға арналған ұсақ болат ұнтақтарын оның бетіне біркелкі себейік. Егер қарындаш немесе қаламмен қағаз тілімін жайлап соқсақ, онда ұнтақтарға белгісіз күштер әрекет етіп, олар белгілі бір тәртіппен орналасады (сурет 6.2, а).

Ал егер ұсақ болат ұнтақтарының орнына бірнеше магнит тілшелерін пайдалансақ, онда белгісіз күштердің әрекет етуінен әр тілшенің әртүрлі бұрыштарға бұрылып орналасқанын көреміз. Сонымен, тәжірибе нәтижелеріне сүйеніп, тұрақты магниттің төңірегінде *сынақ магниттеріне* әрекет жасайтын *ерекше орта* – *белгілі бір өріс* бар деген қорытынды жасаймыз.

**Магнит өрісі деп магниттің төңірегіндегі басқа магнитке әрекет ететін айрықша ортаны айтады.**

4. Магнит өрісін көрнекі түрде бейнелеу үшін электр өрісіндегі сияқты *күш сызықтарын* пайдаланады. Мұндай күш сызықтары (сурет 6.2, б) магнит өрісіндегі ұнтақтардың (сурет 6.2, а) реттеле орналасу қалыптарына ұқсас салынады.

**Магнит өрісінің күш сызықтары деп тұрақты магниттің төңірегінде белгілі ретпен орналасқан болат ұнтақтары арқылы өтетін сызықтарды айтады.**

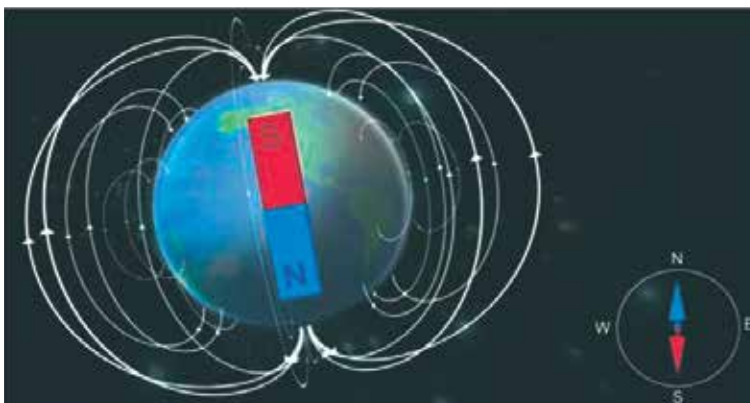
Магнит өрісі мен электр өрістерінің сыртқы ұқсастықтары олардың арасында тығыз байланыстардың барлығын білдіреді. Электр өрісінің әрекетін күштік тұрғыдан сипаттайтын физикалық шаманы **кернеулік** деп атап, ***E*** әрпімен белгілеген едік (§20). Сол сияқты магнит өрісінің әрекетін күштік тұрғыдан сипаттайтын физикалық шаманы **магнит индукциясының векторы** деп атап, ***B*** әрпімен таңбалайды. Электр өрісінің ***E*** кернеулік векторы да, магнит өрісінің ***B*** индукция векторы да күш сызықтарына жанама болып орналасады (сурет 6.2). Электр өрісінің ***E*** кернеулік векторының күш сызықтары оң зарядтан теріс зарядарға

қарай (сурет 6.2, *а*), ал магнит өрісінің  $B$  индукция векторының күш сызықтары магниттің солтүстік полюсінен оңтүстік полюсіне қарай (сурет 6.2, *б*) бағытталады. Алайда оларды бір түрлі өріске жатқызуға болмайды. Олардың айырмашылықтары жоғары сыныптарда қарастырылады.

5. Магниттік қасиеттер аспан денелеріне де тән. Мысалы, ғарыш кеңістігінен келетін метеориттер де магниттік қасиеттерімен ерекшеленеді. Сондай метеориттердің сынықтары Ресейдің Петербургтегі «Тау-кен мұражайында» және Эстонияның Тарту университетінің «Жаратылыстану мұражайында» сақтаулы тұр (сурет 6.1, *б*).

Табиғи магниттерден ертеде компас (тұсбағдар) жасап, пайдалана бастаған қытайлықтар болатын. Компастың тілінің солтүстік полюсі (N) үнемі Жер шарының солтүстігіне Темірқазық жұлдызына қарай бағдарланып тұрады (сурет 6.3). Өйткені Жердің өзі де алып магнит болып табылады. Оның магнит өрісінің оңтүстік полюсі (S) Жер шарының солтүстік жағында орналасқан. Ал магниттердің әраттас полюстері бір-біріне тартылатын болғандықтан, компастың солтүстік полюсі Жердің магнит өрісінің оңтүстік полюсіне қарай, яғни Жер шарының солтүстігіне қарай бағдарланады. Сондықтан компас көлік құралдарының барлық түрлерінде, тіпті ғарыш кемелерінде де бағдарды анықтайтын өте тамаша құрал болып табылады. Зерттеулер Жер ғана емес, Күннің де, алыстағы жұлдыздардың да, тіпті тозаңдар жиынтығынан тұратын «жұлдызаралық бұлттардың» да магнит өрістерінің бар екенін көрсетеді.

Жердің магнит өрісінің пайдасы орасан зор. Күн мен басқа жұлдыздар Ғаламдағы табиғи термоядролық атом реакторлары болып табылады. Олардан тарайтын аса қауіпті радиоактивті сәулелерді (заряд-



Сурет 6.3. Жер – алып магнит (оң жақ бұрышта компас)

талған бөлшектерді) Жердің магнит өрісі кері қайтарып, тіршілік иелерінің өмірін сақтайды. Сондай-ақ Жердің магнит өрісін пайдаланып, жануарлардың бағдар табатыны белгілі болды.



### Сұрақтар

1. «Магнит» сөзі нені білдіреді? «Магнетит» кендеріне не жатады? Қазақстанда темір кендері қай өңірлерде өндіріледі және қай зауытта қорытылып шығарылады?
2. Тұрақты магниттер деп нені айтады? Олардың қандай қасиеттері бар?
3. Магнит өрісі деп нені айтады? Ондай ерекше өрістің бар екенін қандай тәжірибе растайды?
4. Магнит күш сызықтары деп нені айтады? Магнит өрісінің электр өрісімен ұқсастығы бар ма, айырмашылығы қандай?
5. Табиғи магниттер деп қандай магниттерді айтады, олар алғаш рет қандай құралда қолданыс тапты? Жердің магнит өрісінің қандай пайдасы бар?



### №8 зертханалық жұмыс

#### Тұрақты магниттің қасиеттерін зерделеу және магнит өрістерінің бейнелерін алу

**Жұмыстың мақсаты:** тұрақты магниттің полюстерімен танысу және пішіндері әртүрлі магниттердің төңірегінде магнит өрістерінің қандай сызықтар туғызатынын көрсету.

**Аспаптар мен жабдықтар:** пішіндері әртүрлі магниттер (жазық, таға тәрізді, дөңгелек және шыбық пішінді); темір үгінділері; бір бет қағаз; ағаш немесе қағаз тостаған.

**Жұмыс барысы.** 1. Тостағанға темір үгіндісін себіндер. Олардың үстіне зерттейтін магниттеріңді салып, әрі-бері аударыңдар.

2. Магниттерді қолдарыңа алып, оларға темір үгінділерінің қалай тар-тылғанына, қай жерде қанша үгіндінің жабысқанына зер салыңдар.

3. Магниттердің суреттерін дәптерлеріңе салып, үгінділердің көп жабысқан тұстарын белгілеп бейнелендер.

4. Үгінділер жабысқан екі жазық және екі таға тәрізді магниттерді горизонталь қағаздың бетіне қойып, бір-біріне әртүрлі полюстерін жақындатыңдар (үгінділерді қосымша себулеріңе болады). Қандай құбылыстың орын алғанын суреттеп жазыңдар.

5. Үстелдің үстіндегі магниттің бетін қағазбен жауып, оған темір үгіндісін жайлап себіндер.

6. Қағаз бетінде пайда болған магнит күш сызықтарының суреттерін дәптерлеріңе түсіріп сызыңдар.

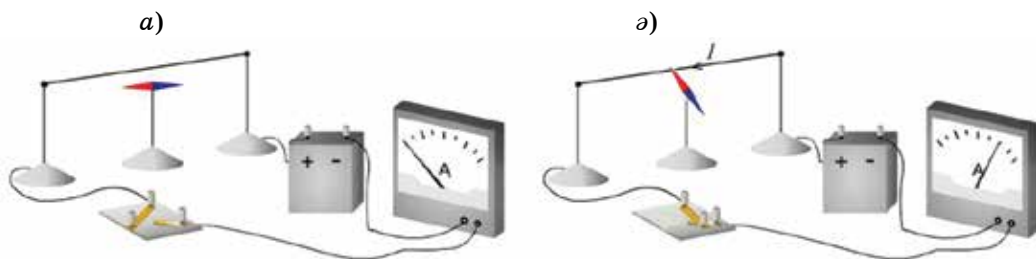
7. Мұндай қарекетті магниттің әр түрі үшін орындандар.



## §31.

ТОГЫ БАР ТҮЗУ ӨТКІЗГІШТІҢ МАГНИТ ӨРІСІ.  
ТОГЫ БАР ШАРҒЫНЫҢ МАГНИТ ӨРІСІ

1. Көптеген тәжірибелер электр өрісі мен магнит өрісі арасында күрделі байланыстың бар екенін айғақтайды. Оған төменде көрсетілген аспаптардың жәрдемімен қарапайым тәжірибелер жасап көз жеткізе аламыз (сурет 6.4). Ол үшін ток көзінен, амперметрден, ток айырғыш кілттен және түзу өткізгіштен тұратын электр тізбегін құрайық та, өткізгішке таяп сынақ магнит тілшесін орналастырайық (сурет 6.4, *а* және *ә*). Өткізгіште ток жоқ болса (сурет 6.4, *а*), магнит тілшесі әдеттегідей Жердің магнит өрісінің күш сызықтарының бойымен орналасады. Кілтті қосатын болсақ, амперметр өткізгіштен токтың жүріп тұрғанын көрсетеді де, ал магнит тілшесі белгілі бір бұрышқа бұрылады (сурет 6.4, *ә*). Бұл құбылыс тогы бар өткізгіштің төңірегінде магнит тілшесіне әрекет ететін магнит өрісінің пайда болғанын дәлелдейді. Егер кілтті тізбектен ажыратсақ, магнит тілшесі өзінің бұрынғы орналасқан қалпына келеді (сурет 6.4, *а*).



Сурет 6.4. Эрстед тәжірибесі

Тогы бар өткізгіштің төңірегінде магнит өрісінің ашылуы адамзат өркениетінің болашақ дамуы үшін зор маңызы бар оқиға болды. Бұл құбылысты 1820 жылы алғаш ашқан даниялық ғалым-физик Ханс Кристиан Эрстед болатын. Жоғарыда сипатталған тәжірибе физика тарихына *Эрстед тәжірибесі* деген атаумен енді.

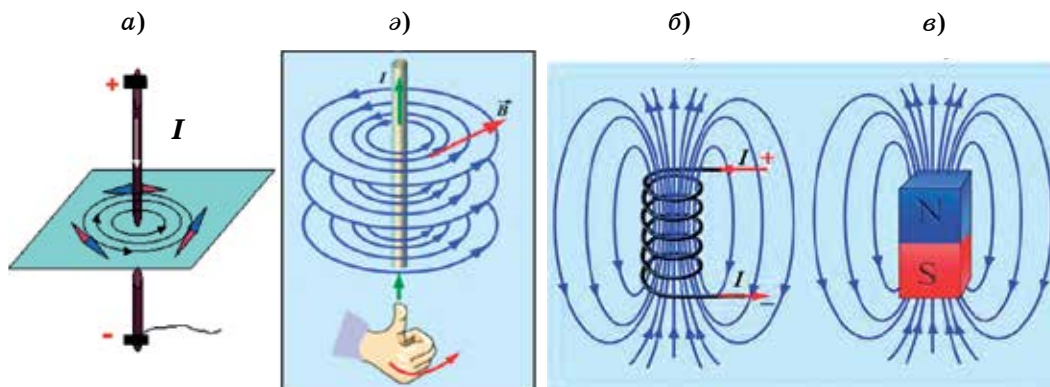
2. Эрстед тәжірибесін жалғастырып, тогы жоқ тізбектегі (сурет 6.4, *а*) түзу өткізгішті электрофор машинасының кондукторына жанастырып, оң немесе теріс зарядтармен зарядтайық. Алайда бұл жолы магнит тілшесі ешқандай қозғалыс жасамайды. Ендеше, қозғалмайтын электр зарядының төңірегінде магнит өрісі пайда болмайды.

Жоғарыда сипатталған тәжірибелерден өте маңызды мынадай қорытынды туындайды: магнит өрісі тек бағыттала қозғалатын зарядтардың

(яғни электр тогының) төңірегінде ғана пайда болады, ал қозғалмайтын зарядтың төңірегінде магнит өрісі пайда болмайды.

Сонымен, магнит өрісінің көзі де электр өрісі сияқты электр заряды болып табылады. Алайда электр өрісін қозғалмайтын да, қозғалатын да зарядтар туғызады. Ал магнит өрісін тек бағыттала қозғалған электр зарядтары, яғни электр тогы ғана туғыза алады. Төменде мысал ретінде токтары бар *түзу өткізгіштің* және *шарғының* төңірегіндегі магнит өрістерін қарастырамыз. Тогы бар шарғыны физикада қысқаша **соленоид** деп атайды.

3. «Тогы бар түзу өткізгіштің төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтары қалай орналасады және қалай бағытталады?» деген сұрақ туындайды. Бұл сұраққа жауап беру үшін тағы да тәжірибеге жүгінейік. Қабырғасының ұзындығы 20 см-дей болатын тік төртбұрышты қатырма қағаздың центрі арқылы оның бетіне перпендикуляр болатын сырты диэлектрикпен қапталған түзу өткізгіш сымды орналастырайық (сурет 6.5, а). Қағаздың бетіне болат ұнтағын біркелкі сеуіп, өткізгішті тұрақты ток көзіне қоссақ, оның бойымен ток көзінің оң (+) полюсінен сол (–) полюсіне қарай бағытталған  $I$  ток күші өтеді. Осы кезде қағаз бетіндегі ұнтақтар өткізгішті айнала қоршаған концентрлі шеңберлер жасап орналасады. Егер қатырма қағаз бетіне бірнеше сынақ магниттерін жайғастырсақ, олардың тілшелері бұрынғы бағдарларын өзгертіп, осы шеңберлердің бойымен бағытталады. Сөйтіп, болат ұнтақтарының да, магнит тілшелерінің де орналасу қалыптарына сүйеніп, *тогы бар түзу өткізгіштің төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтары концентрлі шеңберлер түрінде орналасады* деген қорытынды жасаймыз (сурет 6.5, а–ә).



Сурет 6.5. Түзу токтың (а–ә), тогы бар шарғының (б және в) тұрақты магниттің магнит өрістерінің күш сызықтары

4. Енді тогы бар түзу өткізгіштің төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтарының қалай бағытталатынына тоқталайық.

Тогы бар түзу өткізгіштің магнит өрісінің күш сызықтарының бағыттарын екі түрлі ереже бойынша анықтау келісілген. Оның біріншісін **оң қол ережесі** (сурет 6.5, а) деп, ал екіншісін **бұранда ережесі** деп атайды. Оң қол ережесі былайша оқылады:

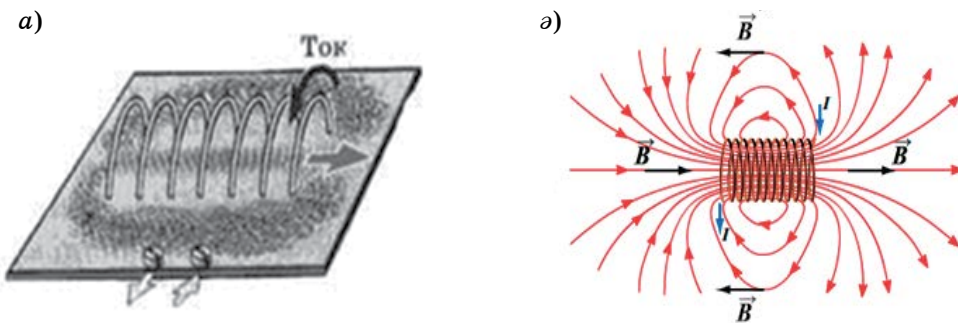
*Егер оң қолдың бармағын түзу өткізгіштегі токтың бағытымен бағыттасақ, онда өткізгішті қапсыра ұстаған саусақтардың бағыты оның төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсетеді* (сурет 6.5, а).

Бұранда ережесі былайша оқылады:

*Егер бұранданы түзу өткізгіштегі токтың бағытымен ілесе қозғалатындай етіп бұрасақ, онда бұранда сабының айналу бағыты өткізгіштің төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсетеді.*

5. Тогы бар шарғының (соленоидтың) төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтарының қалай орналасатынын және қалай бағытталатынын көрсетейік. Ол үшін тағы да тәжірибеге жүгінеміз. Сырты диэлектрикпен қапталған металл өткізгішті шеттері тесілген органикалық шынының тесіктерінен өткізіп, серіппе пішінді шарғы жасайық (сурет 6.6, а). Шарғыны тұрақты ток көзіне қосайық та, пайда болған өрісті сынақ магниттерімен зерттейік. Егер болат ұнтақтарын тақташаның бетіне сепсек, олар негізінен үш жолақтың бойымен орналасады: екі жолақ шарғының сыртымен, бір жолақ ішкі өзегімен өтеді. Болат ұнтақтарының орналасу тәртібі тогы бар шарғының магнит өрісі оның сыртында да, ішкі бөлігінде де пайда болатынын көрсетеді.

Тогы бар шарғының магнит өрісін (сурет 6.6, а және 6.5, б) тұрақты түзу магниттің өрістерімен (сурет 6.5, в) салыстырсақ, олардың ұқсас екенін көреміз. Ендеше, тогы бар шарғы да түзу магниттің рөлін атқарады.



Сурет 6.6. Тогы бар шарғының магнит өрісі



## Сұрақтар

1. Электр өрісі мен магнит өрісінің арасында күрделі байланыстардың бар екендігін алғаш рет кім ашты және оларды қандай тәжірибелер айғақтайды?
2. Тоғы бар түзу өткізгіштің төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтары қалай орналасады? Олар қалай анықталған?
3. Тоғы бар түзу өткізгіштің төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтары қалай бағытталады?
4. Тоғы бар шарғының төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтары қалай анықталады? Ерекшеліктері қандай?
5. Тоғы бар өткізгіштердің магнит өрістерін сипаттайтын тәжірибелерден қандай қорытындылар туындайды?

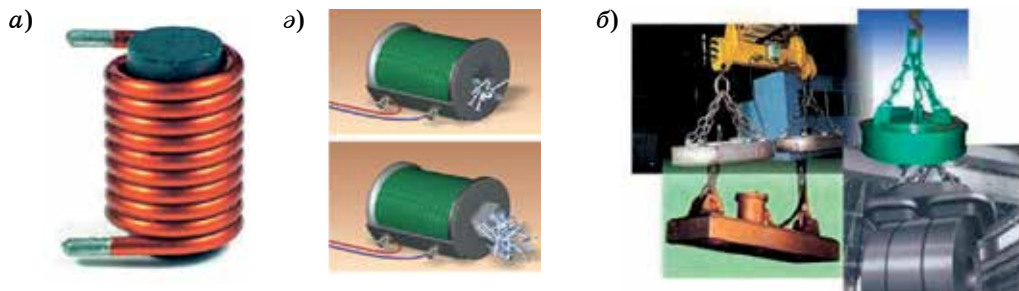
## §32.

## ЭЛЕКТРМАГНИТТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

1. 1820 жылы Эрстед ашқан жаңалықтан кейін көптеген ғалымдар электрмагниттік құбылысты жан-жақты зерттей бастады. 1825 жылы ағылшын инженері У. Стёрджен соленоидтың ішіне темір өзегін енгізсе (сурет 6.7, а), оның магнит өрісінің өзегі жоқ соленоидқа қарағанда күшейетінін көрсетті.

Расында да, төменде көрсетілген екі соленоидтан да бірдей ток күші өтеді (сурет 6.7, ә). Алайда темір өзегі бар төменгі соленоидтың магнит өрісі темір өзегі жоқ жоғарғы соленоидтың магнит өрісінен екі еседей үлкен. Сондықтан да ол жоғарғы соленоидқа қарағанда өзіне екі еседен артық шегелерді тартады.

Стёрдженнің ашқан жаңалығы ең қарапайым электрмагниттің алғашқы үлгісі еді. Кейінірек 1828 жылы Д. Генри электрмагнит үшін бір-



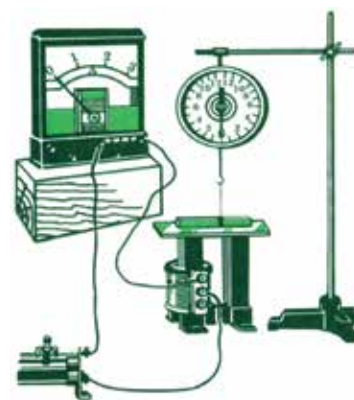
Сурет 6.7. Электрмагниттер

қабатты өткізгіш орамдарының орнына көпқабатты орамдары бар сырты лакпен қапталған өткізгіштерді пайдаланып, едәуір күшті электрмагнит жасады. Сонымен, қазіргі қолданыстағы электрмагниттер (сурет 6.7, б) көптеген ғалымдардың ұжымдық жұмыстарының жемісі болып табылады.

**Электрмагниттер деп өзінен электр тогы өткенде күшті магнит өрісін туғызатын құрылғыларды айтады.**

Электрмагнит екі негізгі бөліктен: ферромагнит өзектен және көпқабатты орамдары бар шарғыдан (соленоидтан) тұрады. Орамдардан ток өткенде соленоид және оның ферромагнит өзегі магниттік қасиеттерге ие болады.

2. Электрмагниттің тарту күшінің қандай шамаларға байланысты өзгертінін анықтайық. Ол үшін төменде көрсетілген мектеп зертханасындағы амперметр, динамометр, таған, электрмагнит (трансформатор) және реостатты пайдаланып, электр тізбегін құрайық (сурет 6.8). Жіпке байланған темір кесіндісін суретте көрсетілгендей етіп тағанға бекітілген динамометрге ілейік. Электрмагниттің екі өзегінің үстіне қатырма қағазды қойып, оған темір кесіндісін жанастырып орналастырайық. Тізбекті тұрақты ток көзіне қосайық та, динамометрді жайлап көтеріп, темір кесіндісін электрмагниттің қандай  $F_1$  күшпен тартатынын динамометрдің көрсетуі бойынша жазып алайық. Сонымен қатар электрмагнит орамынан өткен  $I_1$  токтың күшін де амперметр арқылы тіркеп отырайық.



Сурет 6.8. Электрмагниттің тарту күшін өлшеу құралдары

Бұдан кейін тәжірибені қайталап, токтың күшін реостат арқылы екі есе  $I_2 = 2I_1$ , одан кейін үш есе  $I_3 = 3I_1$  т.с.с. өсіре отырып, оларға сәйкес келетін электрмагниттің  $F_2$ ,  $F_3$  т.с.с. тарту күштерін динамометрдің көрсетулері бойынша жазып отырайық. Тәжірибенің әр кезеңіндегі өлшеу нәтижелерін салыстыратын болсақ, ток күші еселеніп өскенде электрмагниттің тарту күшінің де еселеніп өсетінін көреміз.

Сонымен, тәжірибелерден мынадай қорытынды туындайды: **электрмагниттің тарту күші оның орамдарынан өтетін ток күшіне тура пропорционал өседі:  $F \sim I$ .**

3. Бұл тәжірибеде электрмагнит шарғысының орамдарының санын тұрақты ұстап ( $n = const$ ), одан өтетін токты өзгертіп отырдық. Енді керісінше орамдардан өтетін токты реостат жәрдемімен тұрақты ұстап ( $I = const$ ), орамдардың санын өзгертіп, тәжірибені қайталап

жасайық. Ол үшін зертханадағы орамдарының саны белгілі әртүрлі шарғыларды пайдалануға болады. Осылайша, жасалған тәжірибелерден мынадай қорытынды туындайды: **электрмагниттің тарту күші оның орамдарының санына тура пропорционал өседі:  $F \sim n$ .**

4. Жоғарыдағы тәжірибелерді шарғыдағы орамдар санын да өзгертпей ( $n = const$ ), одан өтетін токтың күшін де өзгертпей ( $I = const$ ), тек әртүрлі материалдардан жасалған электрмагнит өзектерін өзгерте отырып жасауға болады. Әуелі шарғының өзектерін алып тастап, тізбекке тек шарғының өзін ғана қосып, электрмагниттің  $F_1$  тарту күшін динамометрдің көрсетуі бойынша жазып алайық. Бұдан кейін ток күшін тұрақты ұстап, шарғының ішіне темірден, болаттан және ферромагниттен жасалған өзектерді кезегімен енгізіп, оларға сәйкес келетін электрмагниттің  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  тарту күштерін динамометрден анықтайық. Анықталған күштерді бір-бірімен салыстырсақ, мынадай теңсіздіктер шығады:

$$F_1 < F_2 < F_3 < F_4.$$

Соңғы тәжірибелерден туындайтын қорытындылар былайша тұжырымдалады:

**Электрмагниттің тарту күші оның өзегінің материалына байланысты өзгеріп отырады; ең үлкен тарту күшін ферромагнит өзегі бар электрмагнит тудырады.**

5. Электрмагниттердің қолданыс таппайтын саласы жоқ деуге болады. Олар көптеген тұрмыстық аспаптарда да: электр ұсталарында, магнитофондарда, теледидарларда т.с.с. қолданыс тапты. Байланыс техникаларының барлық түрлерін: телефонды, телеграфты және радионы электрмагниттердің жәрдемісіз қолдану мүмкін емес.

Электрмагниттер электр машиналарының, көптеген өндірістік автоматика құрылғыларының, әртүрлі электртехникалық қондырғылардағы аппараттарды реттеудің және қорғаудың ажырамас бөлігі болып табылады. Электрмагниттерді пайдаланудың жаңа саласы – медициналық аппараттарды шығару қарқынды дамып келеді.

6. Алып электрмагниттер элементар бөлшектерді үдететін синхрофазатрондарда, болашақтың термоядролық реакторларында қолданылады. Аса алып электрмагниттер 2008 жылы салынып біткен «**Үлкен адрондық коллайдер**» деп аталатын элементар бөлшектердің әлемдегі ең үлкен үдеткішінде қолданыс тапты. Оны салуға 100 елдің 10 000 ғалымдары атсалысты. Франция мен Швейцарияның шегарасын қамтитын ұзындығы 26 659 м болатын шеңбер тектес жер астын-





Сурет 6.9. Коллайдер



Сурет 6.10. Қазақстандық «Токамак»

да салынған құбырдың сырты электрмагниттермен қапталған (сурет 6.9).

Сондай-ақ алып электрмагниттер болашақта термоядролық энергия өндіретін реакторлардың да ең негізгі бөлігі болып табылады. Қазақстанда материалтану мақсатында салынған «*Токамак*» деп аталатын термоядролық ғылыми-зерттеу қондырғысының да негізгі бөлігі электрмагниттерден тұрады (сурет 6.10). Өйткені термоядролық қондырғыларда зарядталған бөлшектердің (протондар мен электрондардың) температурасы миллиондаған градусқа жетеді. Температурасы аса жоғары ондай зарядталған бөлшектерді **ыстық плазма** деп атайды. Күн мен жұлдыздар ыстық плазмадан тұрады. Жер бетінде ыстық плазманы ұстап тұратын ешқандай «ыдыс» жоқ, оны тек қана аса күшті электрмагниттердің магнит өрістері ғана ұстап тұра алады.

Электрмагниттердің қолданыс аясына қарай олардың салмағы миллиграмнан бастап жүздеген-мыңдаған тонналардан асады. Олардың жұмыс жасағанда тұтынатын қуаты милливаттан бастап, ондаған мың киловатқа жетеді.



### Сұрақтар

1. Электрмагниттер деп қандай құрылғыларды айтады және олар қандай бөліктерден тұрады? Қандай жаңалықтар электрмагниттерді жасауға негіз болды?
2. Электрмагниттің тарту күші мен одан өтетін ток күшінің арасында қандай байланыс бар? Бұл байланыс қалай анықталған?
3. Электрмагниттің тарту күші мен оның орамдарының арасында қандай байланыс бар? Бұл байланыс қалай анықталған?





4. Электрмагниттің тарту күші мен оның өзегінің материалының арасында қандай байланыстар бар? Бұл байланыстар қалай тұжырымдалады?
5. Электрмагниттер қандай салаларда қолданыс тапты?
6. Аса алып электрмагниттер қайда және қандай мақсаттарда қолданылады?

### №9 зертханалық жұмыс

#### Электрмагнитті құрастыру және оның әрекетін зерделеу

**Жұмыстың мақсаты:** электрмагниттің негізгі бөліктерімен танысу және оны құрастырып жинау.

**Аспаптар мен жабдықтар:** ток көзі; реостат; кілт, жалғастырғыш сымдар, магнит тілшесі, шарғы т.б. тетіктер мен сымдар.

**Жұмыс барысы.** 1. Ток көзі мен реостатты, шарғы мен кілтті тізбектеп жалғаңдар.

2. Электр тізбегін тұйықтап, магнит тілшесінің көмегімен шарғыдағы магнит өрісінің полюстерін анықтаңдар.

3. Магнит тілшесін тогы бар шарғының өрісін әлсіз сезінетін аралыққа, яғни алыстау орналастырыңдар.

4. Шарғының ішіне темір өзекшесін енгізіндер.

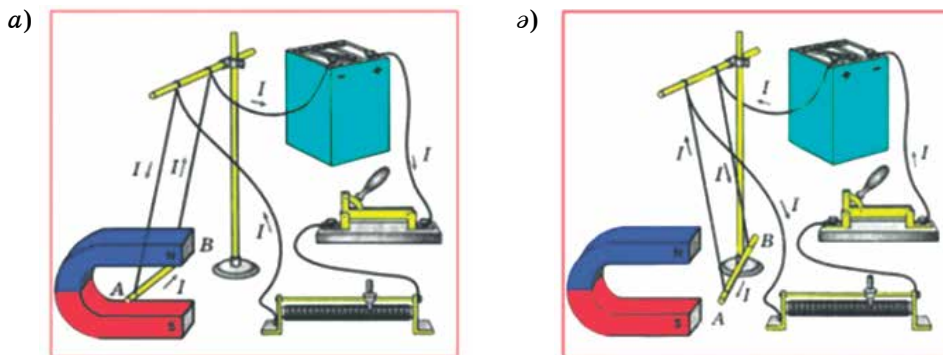
5. Электрмагниттің магнит тілшесіне жасаған әрекетін бақылаңдар.

6. Орын алған құбылыстарды қысқаша баяндап жазыңдар.

## §33.

### МАГНИТ ӨРІСІНІҢ ТОГЫ БАР ӨТКІЗГІШКЕ ӘСЕРІ. ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТРҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ ЖӘНЕ ӨЛШЕУІШ АСПАПТАРЫ

1. Тогы бар өткізгіштің төңірегінде магнит өрісінің пайда болатынын білдік (§31). Ендеше, *басқа бір сыртқы магнит өрісі тогы бар өткізгішке әсер етуі мүмкін* деген болжам (гипотеза) ұсынуымызға болады. Кез келген болжам мен теорияның ақиқаттығының әділ сыншысы ретінде тек эксперимент қана жауап бере алады. Жоғарыдағы болжамның ақиқаттығына көз жеткізу үшін мектеп зертханасындағы аспаптар мен жабдықтарды пайдаланып, төмендегі суретте көрсетілгендей, электр тізбегін құрайық та, эксперименттік тәжірибелерге жүгінейік (сурет 6.11). Суреттегі көріністерде доға тәрізді магнит өрісінің күш сызықтары тік төмен бағытталған. Ал АВ кесінді-өткізгіш магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр орналасқан. Егер электр тізбегін кілтпен тұйықтайтын болсақ, онда тогы бар АВ кесінді-өткізгіш сол жаққа қарай ауытқиды (сурет 6.11, а). Бұдан кейін ток көзінің оң және сол полюстеріне қосылған сымдардың орындарын ауыстырып, тізбектегі токтың бағытын



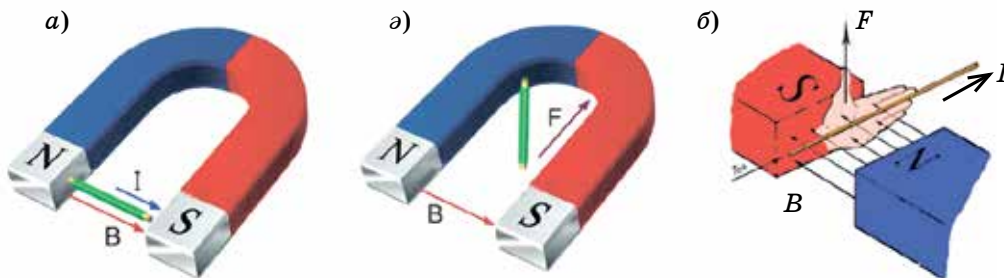
Сурет 6.11. Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әрекеті

кері бағытқа өзгертсек, онда АВ өткізгіші оң жаққа қарай тебіледі (сурет 6.11, б).

Сөйтіп, тәжірибе жоғарыда ұсынған болжамның ақиқаттығын дәлелдейді, яғни *доға тәрізді сыртқы магниттің өрісі тогы бар өткізгішке белгілі бір күшпен әрекет етеді.*

2. Егер АВ өткізгішті магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр орналастырмай, параллель орналастырса, онда оған магнит өрісі әрекет етпейді. Мысалы, төмендегі кескіндемеде (сурет 6.12, а)  $I$  тогы бар өткізгіш магнит күш сызығына параллель орналасқан, алайда ол орнынан қозғалмайды, яғни оған магнит өрісі әрекет етпейді.

Ал егер магнит өрісінің сол орнына оның күш сызығына перпендикуляр болатын жоғары бағытталған тогы бар нақ сондай өткізгіш орналастырсақ, онда өріс  $F$  күшпен әрекет етіп, оны белгілі бір аралыққа ығыстырады (сурет 6.12, б).

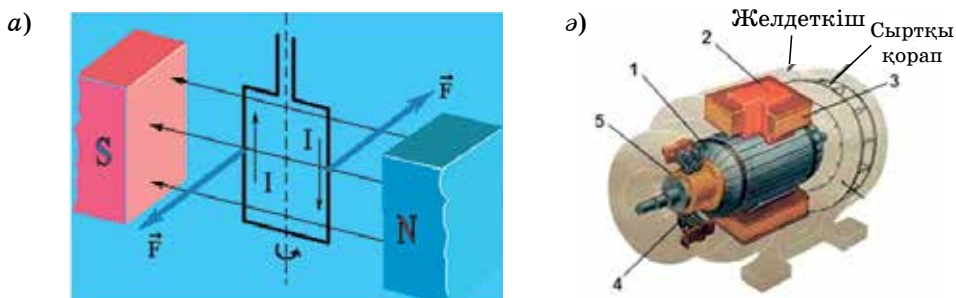


Сурет 6.12. Тогы бар өткізгішке әрекет ететін магнит өрісі күшінің бағыты

3. Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әрекет ететін күшінің бағытын анықтау үшін **сол қол ережесі** деп аталатын ереже қолданылады. Бұл ереже былайша тұжырымдалады:

*Егер сол қолдың жазылған төрт саусағын өткізгіштегі токтың бағытымен бағыттап, ал алақанды магнит өрісінің күш сызықтары тесіп өтетіндей етіп ұстасақ, онда бас бармақ магнит өрісінің токқа әрекет ететін күшінің бағытын көрсетеді (сурет 6.12, б).*

4. Өмірде кең қолданыс тапқан электрқозғалтқышының жұмыс істеу принципі магнит өрісінің тогы бар рамаға жасайтын әсеріне негізделеді (сурет 6.13). Сол жақтағы суретте төрт бұрышты рама бейнеленген. Олардың жазықтығы магнит күш сызықтарына параллель орналасқан және одан өтетін  $I$  токтың бағыттары да көрсетілген. Ал оң жақтағы суретте тұрақты токтың көп рамалы электрқозғалтқышының ішкі құрылымы кескінделген (сурет 6.13, ә).



Сурет 6.13. Электрқозғалтқыштың жұмыс істеу принципі

Сол қол ережесін пайдаланып, раманың қабырғаларына әсер ететін магнит өрісінің  $F$  күшінің бағытын анықтай аламыз. Сол жақтағы суретте раманың екі вертикаль бөлігіне екі күш әсер етеді. Раманың ток жоғары бағытталған бөлігінде бұл күш оқушыға қарай, ал төмен бағытталған бөлігінде – оқушыдан әрі қарай бағытталған (сурет 6.13, а). Сөйтіп, магнит өрісі, 7-сынып физикасында қарастырғанымыздай, раманы вертикаль өстің төңірегінде сағат тіліне қарама-қарсы айналдыратын **күш моментін** ( $M = Fd$ ) туғызады.

5. **Тұрақты токтың электрқозғалтқышы** негізгі үш бөліктен тұрады (сурет 6.13, ә). Оларды *статор*, *ротор* және *коллектор* деп атайды. «Статор» (2 және 3) латыншадан аударғанда «қозғалмайтын» деген мағына береді, оны *индуктор* деп те жиі атайды. Статор (индуктор) қозғалтқыштың сыртқы қорабымен біртұтас бөлікті құрайтын тұрақты магнит немесе электрмагнит болып табылады. «Ротор» (1) латыншадан аударғанда «айналатын» деген мағына береді, оны *қозғалатын бөлік* деп те атайды. Ротор болат пластиналары жиынтығынан тұрады. Өр пластинаға рамалардың ролін атқаратын сырты лакталған мыс

сымдары оралады. Сымдардан тұрақты ток өткенде оның төңірегінде туындайтын магнит өрісін болат пластина күшейте түседі. Сөйтіп, статордың магнит өрісімен ротордың күшейтілген магнит өрістері әсерлесіп, электрқозғалтқыштың айналдырушы моментін арттырады.

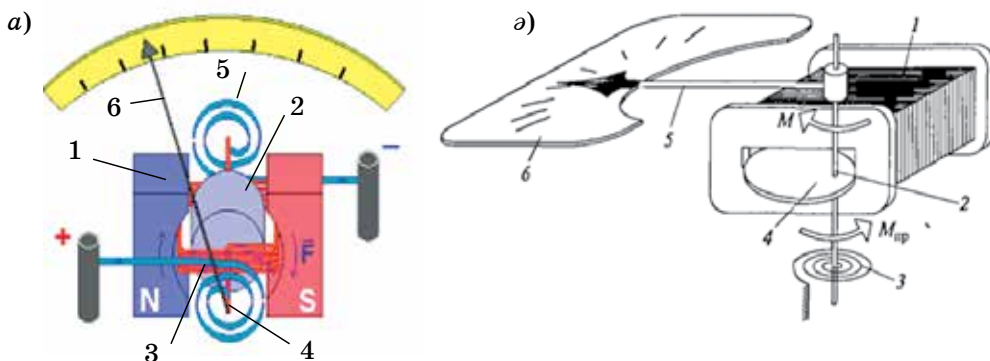
Жылу қозғалтқыштарына қарағанда электрқозғалтқыштарының көптеген артықшылықтары бар: *біріншіден*, олардың ПӘК-і 80%-ға жетеді; *екіншіден*, қолданыс аяларына қарай көлемі кішкентай өте нәзік қозғалтқыштар жасауға болады; *үшіншіден*, электрқозғалтқыштары дыбыс шығармайды.

**6. Тұрақты токтың электр өлшеуіш аспаптары** жоғарыда қарастырған тұрақты токтың электрқозғалтқышына ұқсас жұмыс жасайды. Олардың айырмашылықтары мынаған саяды: электрқозғалтқышының роторлары үздіксіз айналуға арналған және оған қосылған сыртқы механизмдерді қозғалысқа келтіретін айналдырушы моментті туғызатын күшті магнит өрістерімен қамтамасыз етеді. Ал электр өлшеуіш аспаптары үшін мұндай қатаң талаптар қажет емес, өйткені оның айналдырушы күш моменті тек өз аспабының тілін шкала аймағында ғана бұруға есептелген.

Электр өлшеуіш аспаптарының көптеген жүйелері мен түрлері бар. Біз олардың *магнитэлектрлік жүйе* және *электрмагниттік жүйе* деп аталатын екі түрлі жүйелерін қарастырамыз. Бұл екі жүйеге жататын аспаптарды бір-бірінен шкалаларына қарап ажыратуға болады. Магнитэлектрлік жүйеге жататын аспаптардың шкалаларының бөліктері *біркелкі* (сурет 6.14, а), ал электрмагниттік аспаптарда (сурет 6.14, ә) *әркелкі* болып келеді.

**Магнитэлектрлік жүйеге жататын аспаптар** (сурет 6.14, а) екі бөліктен тұрады. Оның *қозғалмайтын бөлігі* екі ойыс полюстік ұштары бар тұрақты магниттен (1) және қозғалмайтын болат өзектен (2) тұрады. *Қозғалатын бөлік* өлшеуіш механизмді құрайтын сыртына өткізгіш сым оралған рамадан (3) және оған бекітілген екі жарты өстен (4) тұрады. Алюминий раманың сыртына оралған лакталған мыс сымының ұштары екі жарты өске бекітілген серіппелерге (5) жалғанады. Өлшеу кезінде серіппелердің бірі тұрақты токтың оң, екіншісі сол полюсіне (сурет 6.14, а) қосылады да, раманың орамдарынан электр тогы өтеді. Токтың күшіне қарай рама және оған бекітілген аспаптың тілі (6) де әртүрлі бұрыштарға бұрылып, шкаладан өлшеу нәтижелерін көрсетеді.

**Электрмагниттік жүйеге жататын аспаптың қозғалмайтын бөлігін** орамдарынан ток өтетін шарғы (1) құрайды (сурет 6.14, ә). Аспаптың *қозғалатын бөлігі* шарғының ортасындағы саңылауға



Сурет 6.14. Электр өлшеуіш аспаптардың құрылымы

бұрылып ене алатын зәкірден (4) және оның өсіне (2) бекітілген екі серіппе (3) мен тілшеден (5) тұрады. Екі ұшы екі серіппеге (3) жалғанған орамнан ток жүргенде шарғыда пайда болған магнит өрісі жұмсақ болаттан жасалған зәкірді саңылауға көбірек бұрып тартады. Орамнан ток өткенде зәкірдің білігіне бекітілген аспап тілі белгілі бір бұрышқа бұрылып, градуирленген шкаладан (6) электр тогының немесе тізбек бөлігіндегі кернеудің шамаларын көрсетеді.

Электрмагниттік аспаптардың сезімталдығы магнитэлектрлік аспаптарға қарағанда төмен. Алайда олар күшті ток жүктемелеріне шыдамдырақ келеді, әрі жұмыста да сенімділігі жоғары аспаптар болып табылады. Оған қоса тұрақты токтар мен айнымалы токтарда бірдей қолданыс табады.



### Сұрақтар

1. Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әрекетін қандай болжаммен тұжырымдауға болады? Бұл болжамның ақиқаттығын қандай тәжірибе растайды?
2. Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әрекет ететін күшінің бағыты қалай анықталады? Өртүрлі суреттердегі бағыттарын көрсетіндер.
3. Электрқозғалтқышының жұмыс істеу принципін қалай түсіндіруге болады?
4. Айналдырушы күш моменті қалай пайда болады және қандай шамаларға байланысты өзгереді? Формулаларын жазып түсіндіріңдер.
5. Тұрақты токтың электрқозғалтқышы қандай бөліктерден тұрады және қалай жұмыс жасайды? Мектеп зертханасындағы қозғалтқыштың үлгісін пайдаланып түсіндіріңдер.
6. Электр өлшеуіш аспаптарының жұмыс істеу принципі қандай құбылысқа негізделген және қалай жұмыс жасайды? Мектеп зертханасындағы көрнекі құралдарды пайдаланып түсіндіріңдер.





## Практикалық тапсырма

Төменде көрсетілген тапсырмаларды ұжымдасып орындаңдар.

1. Сурет 6.15-те көрсетілген үлгіге сүйеніп, қарапайым электрқозғалтқышының жұмыс істей алатын моделін жасаңдар.
2. Физика үйірмесінің отырыстарында, семинар сабақтарында жасаған моделдеріңді көрсетіп, жұмыс істеу принциптерін түсіндіріңдер.
3. Жетілдіріп жасаған моделдеріңе аттарыңды жазып, физика кабинетіне тарту етіңдер.



Сурет 6.15

## §34.

## ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ИНДУКЦИЯ. ГЕНЕРАТОР

1. Электр тогының төңірегінде магнит өрісінің пайда болатынын ашқан, Эрстедтің тәжірибесін сан қайталаған ағылшынның ұлы ғалымдарының бірі Майкл Фарадей өзінің жұмыс дәптеріне былай деп жазған екен: «Электрдің магнетизмді туғызуға қауқары жетіп отырғанда, магнетизм электрді туғыза ала ма?» Сұрақтың осылай қойылуы қысқа да нұсқа ғылыми болжам жасаудың тамаша үлгісі болып табылады. Қазіргі физика тілінде және зерттеу жұмыстарында бұл ғылыми болжам сұрақ түрінде емес, зерттеу нәтижелеріне сүйеніп бекем айтылған болжам түрінде былайша тұжырымдалады: *«Егер электр тогы магнит өрісін туғызса, магнит өрісі де электр тогын туғызуы мүмкін»*.

Міне, осы болжамның дұрыстығын эксперименттік жолмен растауға Фарадей 7 жыл үздіксіз тәжірибелер жасаумен болды. Сөйтіп, ақыр соңында 1831 жылы өзі ұсынған болжамның ақиқаттығын тәжірибе жүзінде дәлелдеді. Өркениеттің қазіргі даму кезеңінде Фарадейдің 7 жыл тынымсыз еңбегінің нәтижесін біз 7 минут шамасында тәжірибе жасап көрсете аламыз.

**2. Фарадей тәжірибесі.** Мектеп зертханасындағы қолжетімді заманауи жабдықтарды пайдаланып, Фарадей ашқан жаңалықты тәжірибе жүзінде оңай көрсетуге болады. Ол үшін гальванометрді, тұрақты магнитті, бірінің ішіне бірі кіретін екі шарғыны және ток көзін (батареяны) пайдаланамыз.

Ешқандай ток көзін пайдаланбай, сурет 6.16, а-да көрсетілгендей, шарғыны гальванометрге қосып, тұйық тізбек құрайық. Сол жақтағы





Ханс Кристиан  
Эрстед (1777–1851)



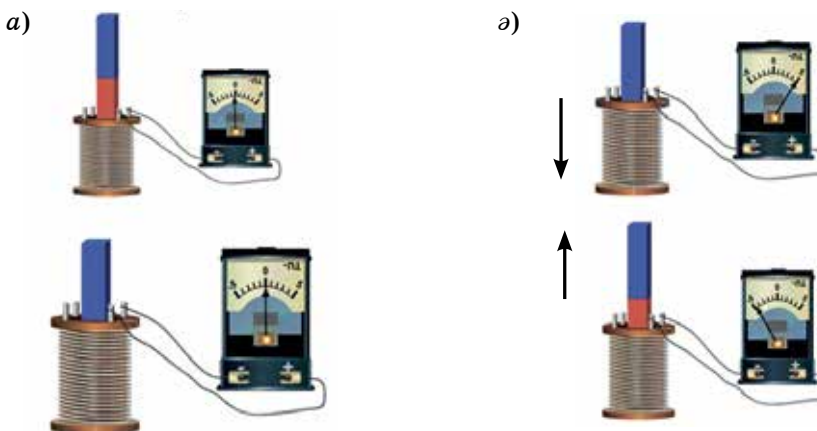
Майкл Фарадей  
(1791–1867)

жоғарғы суретте де, төменгі суретте де магнит шарғының ішінде қозғалмай тыныштықта тұр. Алайда шарғы магнит өрісінде тұрса да, тізбекте электр тогының пайда болмағанын гальванометрлер айғақтайды. Фарадейдің осы сияқты алғашқы 6 жылдық тәжірибелері оның гипотезасын «теріске» шығарып отырса да, ол «магнит өрісі электр тогын туғызбайды» деген қорытынды шығаруға асықпай, табандылықпен тәжірибелерін жалғастыра берді.

1831 жылы Фарадей шарғы мен магнит бір-бірімен үнемі салыстырмалы қозғалыста болса, магнит өрісінің электр тогын туғызатындығын тәжірибеде дәлелдеп, өз болжамының ақиқаттығына көз жеткізді. Расында да, магнит төмен қарай қозғалған кезде гальванометрдің тілі оңға бұрылып, шарғыда электр тогының пайда болғанын көрсетеді (сурет 6.16, а). Ал магнитті жоғары қарай көтергенде гальванометрдің тілі солға бұрылып, тағы да электр тогының пайда болғанын айғақтайды. Сонымен қатар тәжірибе өзара салыстырмалы қозғалыстың жылдамдығы аз болса, гальванометр тілі аз бұрышқа ауытқитынын, ал жылдамдық артқан сайын ауытқудың да өсе беретінін көрсетеді. Қозғалыс

тоқталса, шарғыдағы электр тогы да жоғалады.

Фарадей ашқан бұл құбылыс физика тарихына *индукциялық құбылыс* деген атаумен енді. Ал магнит өрісінің өзгерісі кезінде пайда болатын электр тогы *индукциялық ток* деп аталды.



Сурет 6.16. Фарадей тәжірибелері



3. Фарадей тәжірибелерінен мынадай қорытындылар туындайды.

**Біріншіден**, өткізгіш пен магнит салыстырмалы қозғалыс жасағанда ғана өткізгіште электр тогы пайда болады.

**Екіншіден**, өткізгіш пен магниттің салыстырмалы қозғалыстарында пайда болған токтың бағыты алма-кезек өзгеріп отырады.

**Үшіншіден**, салыстырмалы қозғалыстың жылдамдығына қарай шарғыда пайда болған ток күшінің шамасы әртүрлі болады.

**Төртіншіден**, индукция тогы тек магнит өрісінің өзгерісі барысында ғана туындайды.

**Бесіншіден**, пайда болған токтың бағыты да, шамасы да өзгеріп отырады.

**4. Магнит пен шарғының өзара салыстырмалы қозғалысы кезінде шарғыда пайда болған электр тогын индукциялық ток деп атайды.**

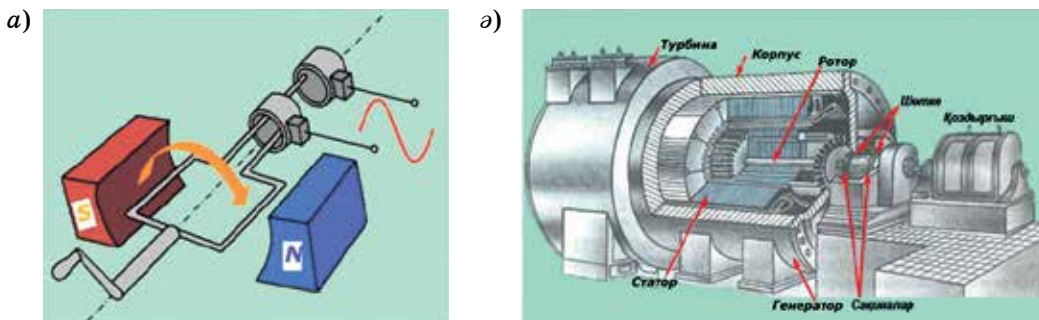
Латынның «индукция» сөзі «өкелінген» деген мағына береді. Бұл ток шарғыда «индукцияланады», яғни магнит тарапынан шарғыға «өкелінеді». Индукциялық ток қазіргі өркениетті онсыз елестетуге болмайтын *айнымалы ток* болып табылады.

**Айнымалы ток деп бағыты мен шамасы периодты өзгеріп отыратын токты айтады.**

5. Фарадейдің ашқан жаңалығы техника мен технологияның қарыштап дамуына ұлы бетбұрыс жасады. Солардың бірі – электр тогын өндіретін генераторлар болып табылады. Электр стансыларының барлық түрлерінде айнымалы ток өндіретін генераторлар қолданылады (сурет 6.17, ә). Сонымен қатар жекелеген мақсаттар үшін тұрақты ток генераторлары да шығарылады.

Генераторлардың қай түрін алсақ та, олардың барлығы электр тогын өндірудің Фарадей ашқан *электрмагниттік индукция принципіне* негізделеді. Сондықтан тұрақты ток генераторының құрылымдық элементтеріне қызықпай-ақ, өндірісте жан-жақты қолданыс тапқан айнымалы ток генераторының жұмыс принципі мен құрылымын қысқаша қарастырайық (сурет 6.17).

Егер магнит өрісінде орналасқан өткізгіш раманы (сурет 6.17, а) қолымызбен айналдырсақ, оның бойында индукциялық ток пайда болады. Пайда болған ток раманың екі ұшы жалғанған екі жарты сақина арқылы қозғалмайтын шөткелерге беріледі де, одан әрі тұтынушыларға жетеді. Сөйтіп, үлгі ретінде ұсынған қарапайым генератор қол күшіміздің механикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіреді. Міне, осылайша электр стансыларында қолданылатын өндірістік генераторлар да электр энергиясын өндіреді. Ал олардың



Сурет 6.17. Айнымалы ток генераторының құрылымы

роторларын жылу электр стансыларында жоғары қысымдағы будың, су электр стансыларында құлап аққан судың, ал жел электр стансыларында соққан желдің турбиналары айналдырады.

Сонымен, **генератор деп механикалық энергияны электр энергиясына айналдыратын қондырғыны айтады.**

Өндірісте қолданатын қуатты генератордың (сурет 6.17, б) айналатын бөлігі *ротор* күшті электрмагнит болып табылады. Оның орамынан өтетін ток *қоздырғыш* деп аталатын жеке тұрақты ток көзінен алынады. Қуаты шағын генераторда қоздырғыш қолданылмайды, өйткені оның роторы қызметін тұрақты магнит атқарады (сурет 6.17, а).

Генератордың сыртқы қорабының іш жағына берік бекітілген *статор* оның *станино* деп аталатын қозғалмайтын бөлігін құрайды. Статор жұмсақ болат пластиналар жиынынан тұрады. Пластиналар сырты диэлектрикпен қапталған жуан мыс сымымен оралады.

*Турбина* роторды айналдырған кезде статордың орамдарында индукциялық ток пайда болады. Пайда болған индукциялық ток орамдардың екі сырғымалы ұшы жалғанған екі *жарты сақиналарға* өтіп, одан сыртқы тізбекке қосылған контакт шөткелері арқылы тұтынушыларға шығарылады.



### Сұрақтар

1. Эрстед ашқан жаңалық қандай еді және осы жаңалыққа негіздеп Фарадей қандай болжам ұсынды? Бұл болжам қазіргі ғылым тілінде қалай тұжырымдалады?
2. Фарадей өз болжамын дәлелдеуге қанша жыл жұмсады және қандай тәжірибемен дәлелдеді?
3. Индукциялық құбылыс, индукциялық ток және айнымалы ток деген ұғымдар нені білдіреді?





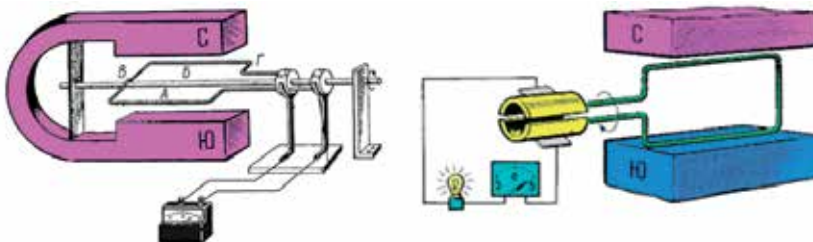
4. Индукция құбылысын туғызатын негізгі себеп не және оған байланысты қандай ғылыми гипотеза ұсынуға болады? Бұл болжамның ақиқаттығы қандай тәжірибелерде дәлелденді?
5. Эрстед пен Фарадейдің ашқан жаңалықтарының техника мен технология үшін маңызы қандай болды? Генератор деп қандай қондырғыны айтады?
6. Айнымалы ток генераторы қандай негізгі бөліктерден тұрады және олар механикалық энергияны электр энергиясына қалай түрлендіреді?



### Практикалық тапсырма

Төменде көрсетілген тапсырмаларды ұжымдасып орындандар.

1. Көрсетілген үлгілерді (сурет 6.18) негізге алып, қарапайым электр генераторының жұмыс жасай алатын моделін жасаңдар.



Сурет 6.18

2. Физика үйірмесінің отырыстарында, семинар сабақтарында жасаған моделдеріңді көрсетіп, жұмыс істеу принциптерін түсіндіріңдер.
3. Жетілдіріп жасаған моделдеріңе аттарыңды жазып, физика кабинетіне тарту етіңдер.
















### Алтыншы тараудағы ең маңызды түйіндер

1. *Тұрақты магниттер деп магниттік қасиеттерін ұзақ сақтайтын денелерді айтады.*
2. *Магнит өрісі деп магниттің төңірегіндегі басқа магнитке әрекет ететін айрықша ортаны айтады.*
3. *Оң қол ережесі. Егер оң қолдың бармағын түзу өткізгіштегі токтың бағытымен бағыттасақ, онда өткізгішті қапсыра ұстаған саусақтардың бағыты оның төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсетеді.*
4. *Бұранда ережесі. Егер бұранданы түзу өткізгіштегі токтың бағытымен ілесе қозғалатындай етіп бұрасақ, онда бұранда сабының айналу бағыты өткізгіштің төңірегіндегі магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсетеді.*
5. *Электрмагниттер деп өзінен электр тогы өткенде күшті магнит өрісін тудыратын құрылғыларды айтады.*
6. *Сол қол ережесі. Егер сол қолдың жазылған төрт саусағын өткізгіштегі токтың бағытымен бағыттап, ал алақанды магнит өрісінің күш сызықтары тесіп өтетіндей етіп ұстасақ, онда керілген бас бармақ магнит өрісінің токқа әрекет ететін күшінің бағытын көрсетеді.*
7. *Индукциялық ток деп магнит пен шарғының өзара салыстырмалы қозғалысы кезінде шарғыда пайда болған айнымалы электр тогын айтады.*
8. *Генератор деп механикалық энергияны электр энергиясына айналдыратын қондырғыны айтады.*

## VII ТАРАУ

## ЖАРЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ

## ОҚУШЫЛАР МЕҢГЕРУГЕ ТИІСТІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МАҚСАТТАР:

-  Күннің және Айдың тұтылуын графикалық бейнелеу;
-  эксперимент арқылы түсу және шағылу бұрыштарының тәуелділігін анықтау;
-  айналық және шашыранды шағылудың мысалдарын келтіру және түсіндіру;
-  жазық айнада дененің кескінін алу және оны сипаттау;
-  дененің кескінін алу үшін сфералық айнада сәуленің жолын салу және алынған кескінді сипаттау;
-  жазық параллель пластинада сәуленің жолын салу;
-  жарықтың сыну заңын пайдаланып есептер шығару;
-  тәжірибеге сүйеніп толық ішкі шағылу құбылысын түсіндіру;
-  экспериментте шынының сыну көрсеткішін анықтау;
-  сыну көрсеткішінің анықталған мәнін кестелік мәндермен салыстыру және эксперимент нәтижесін бағалау;
-  жұқа линза формуласын есептер шығару үшін қолдану;
-  линзаның сызықтық ұлғаю формуласын сандық және графиктік есептер шығару үшін қолдану;
-  жұқа линзада сәуленің жолын салу және кескінге сипаттама беру;
-  жұқа линзаның фокустық қашықтығын және оптикалық күшін анықтау;
-  көздің алыстан көргіштігі мен жақыннан көргіштігін түзетуді сипаттау;
-  қарапайым оптикалық құралдарды (перископ және обкура камерасын) құрастыру.

*Бұл тарауда оқушылар терең игеруге міндетті алдыңғы бетте көрсетілген бағдарламалық оқу мақсаттарымен қатар, әр оқушының есінде ұзақ сақталуға тиісті мына негізгі физикалық ұғымдар қарастырылады: «жарықтың таралу, шағылу, сыну заңдары», «толық ішкі шағылу», «заттың сыну көрсеткіші», «линзаның фокустық қашықтығы және оптикалық күші».*

**Тараудағы физика терминдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі минимумы**

Қ а з а қ ш а	О р ы с ш а	А ғ ы л ш ы н ш а
Жарықтың түзушылықты таралу заңы	Закон прямолинейного распространения света	The law of rectilinear light propagation
Жарық сәулесі	Луч света	A ray of light
Жарық шоғы	Пучок света	Light beam
Жарықтың шағылу заңы	Закон отражения света	The law of light reflection
Жарықтың сыну заңы	Закон преломления света	The Law of Refraction of Light
Толық шағылудың шекті бұрышы	Предельный угол полного отражения	Limit angle of total reflection
Линзаның оптикалық күші	Оптическая сила линзы	Optical force of the lens
Линзаның формуласы	Формула линзы	The lens formula

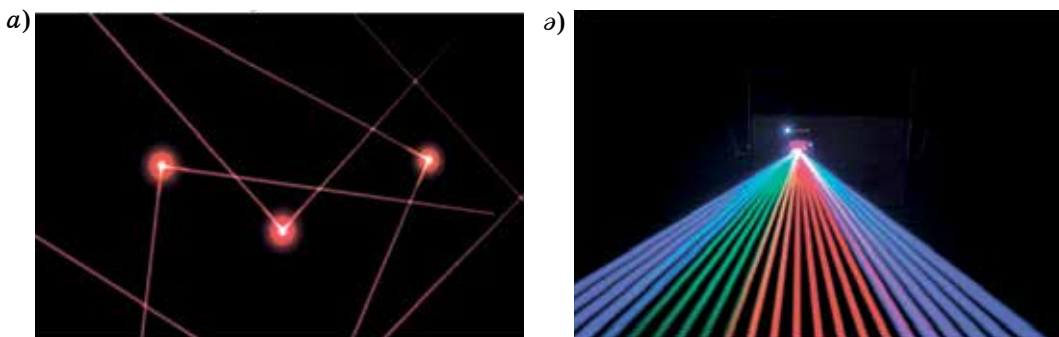
**§35.**

**ЖАРЫҚТЫҢ ТҮЗУСЫЗЫҚТЫ ТАРАЛУ ЗАҢЫ**

**1. Жарықтың түзушылықты таралу заңы** – көне заманда ашылған табиғат заңдарының бірі. Бұл туралы біздің заманымыздан 300 жыл бұрын Мысырдың элладалық (грекиялық) Александрия қаласында туған «геометрияның атасы» аталған Евклид жазып қалдырды. Адамзат ұрпағының сан ғасырлық өмірлік тәжірибелерінің қорытындысы ретінде бұл заң былайша тұжырымдалады:

*Мәлдір біртекті ортада жарық түзу сызық бойымен тарайды.*

Заңның дұрыстығын ашық күні шымқай қараңғы бөлмеге тар саңылаудан немесе кішкентай тесіктен түскен жарықтың түзу бойымен тарайтыны растайды (сурет 7.1, а). Заңның дұрыстығына ашық күнгі



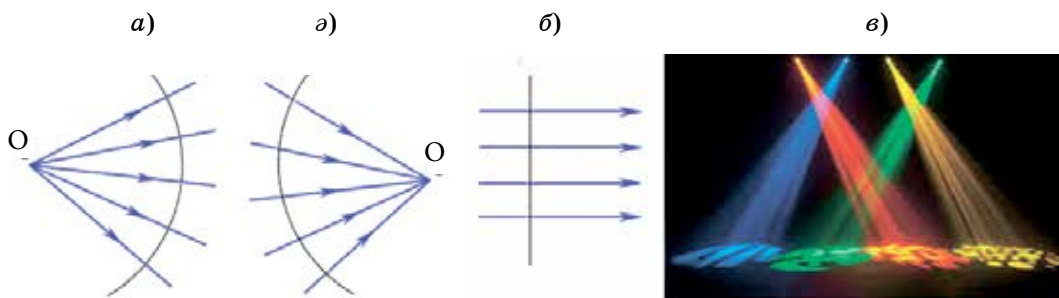
Сурет 7.1: а) жарық сәулелері; б) жарық шоқтары

өртүрлі мөлдір емес денелердің (адамдардың, ағаштардың, ғимараттардың т.с.с.) көлеңкелері де мысал бола алады. Жарықтың түзу бойымен тарайтындығының нақты дәлелі – өткен ғасырдың екінші жартысында ашылған ұлы жаңалықтардың бірі – *кванттық генераторлардан* шығатын *лазер сәулелері* болып табылады (сурет 7.1, б).

2. Жарық материяның заттық түріне жатпайды, өрістік түріне жатады. Ол бос кеңістікте жан-жағына бірдей  $3 \cdot 10^8$  м/с жылдамдықпен тарайтын электромагниттік өріс түріндегі айрықша толқын болып табылады. Жарықтың табиғаты мен қасиеттері туралы жоғары сыныптарда кеңірек айтылатын болады. Біз бұл тақырыпта жарықтың түзу сызық бойымен таралу заңына негізделген практикалық маңызы бар ұғымдарға тоқталамыз. Бұл ұғымдарды *астрономияда* кейбір аспан денелерінің тұтылу құбылыстарын түсіндіру үшін қолданады. Сондай-ақ олар физиканың *геометриялық оптика* деп аталатын саласында кең көрініс табады. Енді осы ұғымдарды қысқаша сипаттауға көшейік.

Жарықтың түзусызықты таралу заңына байланысты *жарық сәулесі* және *жарық шоғы* деген ұғымдар қалыптасты. Көп жағдайда бұл ұғымдарды қысқартып «сәуле», «шоқ» деп айта береді. Мұндай ұғымдар математикада да бар. Алайда олардың математика мен физикадағы ғылыми мағыналары бірдей емес. Бұл ұғымдар математикада ешқандай материялық сипаты жоқ тек абстракция ретінде қолданылады. Ал физикада олардың ақиқат материяға қатысты екендігі сөз болады. Мысалы, материяның бір түрі ретінде «жарық сәулелері» мен «жарық шоқтары» белгілі бір жылдамдықпен өздерімен бірге нақты энергия мөлшерін жеткізеді; материяның заттық түрлерімен әрекеттесіп, оларға энергияларын беріп жұтылады немесе олардың беттеріне соғылып шағылады, пашырайды, сынады. Ал математикалық сәулелер мен шоқтар жай ғана абстракция болып табылады.





Сурет 7.2. Жарық шоқтары

**Жарық сәулесі деп жарық көзінен энергия тарайтын бағытты көрсететін түзу сызықты айтады.**

Бірнеше жарық сәулелерінің жиынынан **жарық шоғы** құралады.

**Жарық шоғы деп кеңістіктің шектелген аймағында тарайтын жарық сәулелерінің жиынын айтады.**

Жарық шоқтары *параллель, шашыратылған және жинақталған* шоқтарға бөлінеді.

*Жарық шоғының құрамындағы сәулелер олардың нүктелік центрінен шығатын болса, ондай шоқ шашыратылған жарық шоғы деп аталады* (сурет 7.2, а).

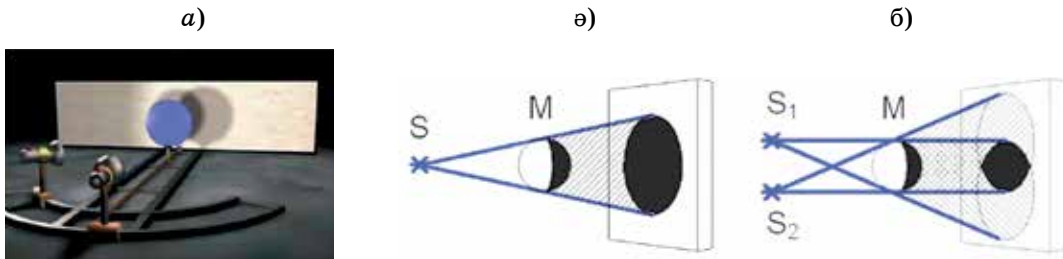
*Жарық шоғының құрамындағы сәулелер олардың нүктелік центріне қарай бағытталса, ондай шоқ жинақталған жарық шоғы деп аталады* (сурет 7.2, б).

*Жарық шоғының құрамындағы сәулелердің траекториялары қиылыспайтын болса, ондай шоқ параллель жарық шоғы деп аталады* (сурет 7.2, в).

Жарық сәулесі басқа құрамдас элементтерге ыдырамайтын ең қа-  
рапайым физикалық объект (нысан) болып табылады. Оның жарық шоғы  
сияқты центрі жоқ, шашыратылған да, жинақталған да бола алмайды.

**3. Жарық сәулелері де, шоқтары да бір-біріне тәуелсіз тарайды.** Олардың бір-біріне тәуелсіз тарайтындығын қараңғы бөлмеде екі қалта шамының жарық шоқтарын қиылыстыру арқылы байқай аламыз. Өзара қиылысқан сәулелер де (сурет 7.1, а), шоқтар да (сурет 7.2, в) бір-біріне-бірі тәуелсіз өз бағыттарымен өте береді. Мұндай қасиет **жарық сәулелерінің тәуелсіздік заңы** деп аталады да, былайша тұжырымдалады:

**Жарық сәулелері бірімен-бірі қиылысқанда таралу бағыттарын өзгертпейді.**



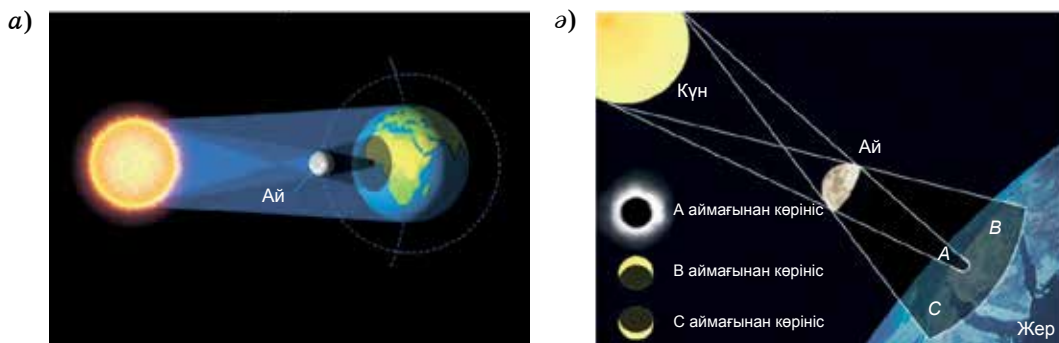
Сурет 7.3. Көлеңке және жартылай көлеңке

4. Жарық сәулелері мен шоқтарының түзусызықты таралу заңына және өзара тәуелсіздік заңына сүйеніп, *көлеңке* және *шала көлеңке* ұғымдарының физикалық мағыналарын аша аламыз. Ол үшін екі нүктелік жарық көзін (мысалы, екі қалта шамы), доп және экран алып, төменде (сурет 7.3) көрсетілген тәжірибені жасайық. Бұған мектеп зертханалары үшін арнайы жасалған қондырғыны (сурет 7.3, а) пайдалану ұтымды болады; егер жоқ болса мектеп шеберханасында жасап алуға болады.

Тәжірибені қараңғы бөлмеде бір нүктелік шамды пайдаланудан бастайық (сурет 7.3, а). Бұл тәжірибе нәтижесінде экранда дөп-дөңгелек көлеңке пайда болады. Оның себебі  $S$  центрінен (нүктелік жарық көзінен) шыққан конус пішінді шашыратылған жарық шоғының әрбір сәулесі түзу бойымен тарап, доптың жарты бетіне түседі де, одан өте алмай жұтылады. Доптың қарсы жақ бетіндегі экранда жұтылған сәулелердің орнына қара дақ – көлеңке пайда болады. Ал жұтылған сәулелер доптың ішкі энергиясын өсіреді. Бұл тәжірибе жарықтың шын мәнінде түзу бойымен тарайтындығын дәлелдейді.

Енді екі шамды да жағып (сурет 7.3, а және б), тәжірибені жалғастырайық. Егер шамдар бір-бірінен алшақ орналасса, онда жарық шоқтарының тәуелсіздік заңына сәйкес екі көлеңке жеке-жеке пайда болады. Ал шамдарды бір-біріне жақындатсақ, онда бір көлеңке мен екі шала көлеңкені көреміз (сурет 7.3, б). Өйткені  $S_1$  центрінен шыққан жарық конусының жұтылған орнында пайда болған көлеңкенің бір бөлігіне екінші  $S_2$  центрінен шыққан жұтылмаған жарық түседі де, 1-шала көлеңке пайда болады. 2-шала көлеңкенің пайда болуы да осылайша түсіндіріледі. Ал ортанғы бөлікке екі жарық көзінен де жарық сәулесі түспейді, сөйтіп толық жалғыз көлеңке пайда болады.

Сонымен, *экранның жарықталмаған бөлігі көлеңке деп, ал жарықталған бөлігі шала көлеңке деп аталады.*



Сурет 7.4. Күннің толық және жартылай тұтылуы

5. Екі нүктелік жарық көздерін бір ғана созылымды үлкен жарық көзімен алмастырғанда да көлеңке мен шала көлеңке пайда болады. Осындай құбылысты ғарыш масштабында *Күн мен Айдың тұтылулары* кезінде байқай аламыз. Мысалы, жоғарыда сипатталған тәжірибедегі (сурет 7.3, б)  $S_1$  және  $S_2$  нүктелік жарық көздерінің орнына екеуін бірдей қамтитын Күн табағын қойып (сурет 7.4, а), ал доп орнына Айды, экранның орнына Жерді алып, Айдың Жерге түскен көлеңкесін ғарыш кемесінен бақыладық дейік. Сонда біз Айдың Күн мен Жердің арасынан өткен кезіндегі Жер бетінде пайда болған бір толық көлеңкесі мен екі шала көлеңкесін көреміз (сурет 7.4, б).

Толық көлеңке түскен А аймағындағы Жер тұрғындары Күннің толық тұтылғанын көреді. Өйткені Ай бұл аймақта Күннің көзін толығымен көлегейлеп жабады (сурет 7.4, көрініс А). Ал шала көлеңке түскен В аймағының тұрғындары Күннің жоғарғы шетін ғана, яғни жартылай тұтылғанын көреді (сурет 7.4, көрініс В). Сол сияқты 2-шала көлеңке түскен С аймағының тұрғындары Күннің жартылай тұтылған төменгі шетін көреді (сурет 7.4, көрініс С).

Сонымен, *Күннің тұтылу құбылысы да жарықтың тұзусыздықты таралу заңын растайды.*



### Сұрақтар

1. Жарықтың тұзусыздықты таралу заңы қалай тұжырымдалады және оны қандай құбылыстар дәлелдейді?
2. Жарық сәулесі деп нені айтамыз? Физика мен математикадағы сәуле ұғымдарының айырмашылықтары қандай?
3. Жарық шоғы деп нені айтамыз? Жарық шоғы мен сәуленің айырмашылықтары қандай?



4. Жарық сәулелерінің тәуелсіздік заңы қалай тұжырымдалады және оны қалай дәлелдеуге болады?
5. Көлеңке мен шала көлеңке деп нені айтамыз және олар қандай жағдайда пайда болады?
6. Күннің толық және жартылай тұтылуын қалай түсіндіруге болады?



### Практикалық тапсырма



1. Күн мен Жердің және Айдың салыстырмалы көлемдері мен орбиталарын ескеруге тырысып, Айдың тұтылуын көрсететін суретті салыңдар.
2. Жер тұрғындарының Айдың толық және жартылай тұтылатынын Ай орбитасының қай тұсында және қалай көрінетінін сипаттап, қысқаша реферат жазыңдар.
3. Суреттерің мен рефераттарыңды физика үйірмесінің отырысы мен семинар сабақтарында талқылаңдар.

## §36.

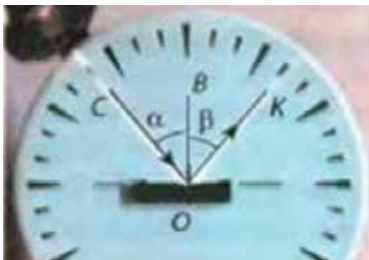
### ЖАРЫҚТЫҢ ШАҒЫЛУЫ. ШАҒЫЛУ ЗАҢДАРЫ. ЖАЗЫҚ АЙНА

1. Жарық сәулелері қандай да бір дененің бетіне түскенде одан жартылай немесе толық шағылады. Дененің бетінен шағылған жарықтың арқасында ғана біз сол денені көреміз, суретке түсіреміз, түрлі түсті бей-нематериалдар даярлаймыз. Сондықтан жарықтың әртүрлі заттардың бетінен қалай шағылатынын білудің маңызы зор. Тәжірибелер денелердің беттерінің өңделуіне қарай жарықтың ондай беттерден шағылуының да әртүрлі болатынын көрсетеді. Денелердің беттері теп-тегіс айнадай жалтыр да, немесе тегістеліп өңделмеуі де мүмкін. Жарық айнадай тегіс беттен толық шағылады да, тегіс емес бетте жартылай жұтылып, жартылай шағылады.

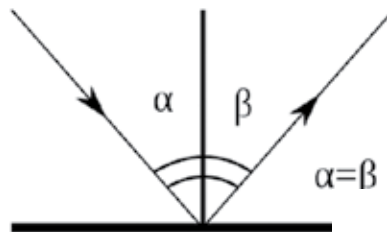
*Айнадай жалтыр бет деп өзіне түскен жарық энергиясының көп бөлігін шағылдыратын, яғни жарықты өзі шыққан ортасына кері қайтаратын бетті айтады.*

2. Жарықтың айнадай беттен қалай шағылатынын айқындайық. Ол үшін мектеп зертханасындағы *оптикалық шайба* деп аталатын құралды пайдаланамыз. Оптикалық шайбаның градустарға бөлінген дөңгелек табағының центріне жазық айнаны горизонталь орналастырайық та (сурет 7.5, а), оған табақтың жиегімен айнала қозғала алатын жылжымалы нүктелік жарық көзінен жіңішке СО сәуле шоғын түсірейік. Ауа мен айнаның шегарасындағы О нүктесінде сәуле шоғы ОЖ бағытымен (сурет 7.5, а) шағылады.

а)



ә)



Сурет 7.5. Жарық сәулесінің жазық айнада шағылуы

*Түскен  $CO$  сәулесі мен екі түрлі ортаның шегарасына перпендикуляр тұрғызылған  $OB$  кесіндісінің арасындағы  $\alpha$  бұрышы түсу бұрышы деп аталады.*

*Шағылған  $OK$  сәулесі мен екі түрлі ортаның шегарасына перпендикуляр тұрғызылған  $OB$  кесіндісінің арасындағы  $\beta$  бұрышы шағылу бұрышы деп аталады.*

3. Оптикалық шайбаның табағындағы шкаланы пайдаланып (сурет 7.5, а), түсу бұрышы мен шағылу бұрышын бір-бірімен салыстырсақ, олардың бір-біріне тең екендігін анықтаймыз (сурет 7.5, ә). Жарық көзін табақтың жиегімен айналдырып, сәуленің түсу бұрыштарын оның шағылу бұрыштарымен салыстыру арқылы олардың әрдайым бір-біріне тең болатынына көзімізді әбден жеткіземіз. Тәжірибелерден мынадай қорытынды туындайды:

*а) түскен сәуле, шағылған сәуле және түсу нүктесіне тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады;*

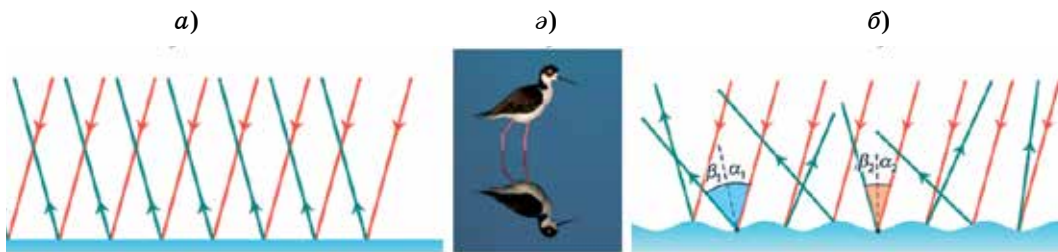
*б) жарық қандай бұрышпен түссе, сондай бұрышпен шағылады:*

$$\angle \alpha = \angle \beta.$$

Бұндай қорытынды **жарықтың шағылу заңы** деп аталады. Бұл заң да ерте дүниеден белгілі заң болып табылады. Ол туралы Евклид өзінің «Бастауында» жазып қалдырған.

4. Беті тегістеліп өңделген жазық айнаға бірдей бұрышпен түскен параллель сәулелер сондай бұрышпен параллель шағылады (сурет 7.6, а). Жазық айна бетіне тынық судың (мысалы, көлдің) беті де мысал бола алады. Көз дененің тегістеліп айнадай өңделген бетін көрмейді; оның орнына айнадағы өз бейнесін (сурет 7.6, ә) немесе айналасындағы басқа нәрселерді көреді.

*Тегіс емес беттен (мысалы, қағаз бетінен) әртүрлі бұрыштармен шағылған сәулелерді (сурет 7.6, б) шашырай немесе диффузиялық шағылу деп атайды.*



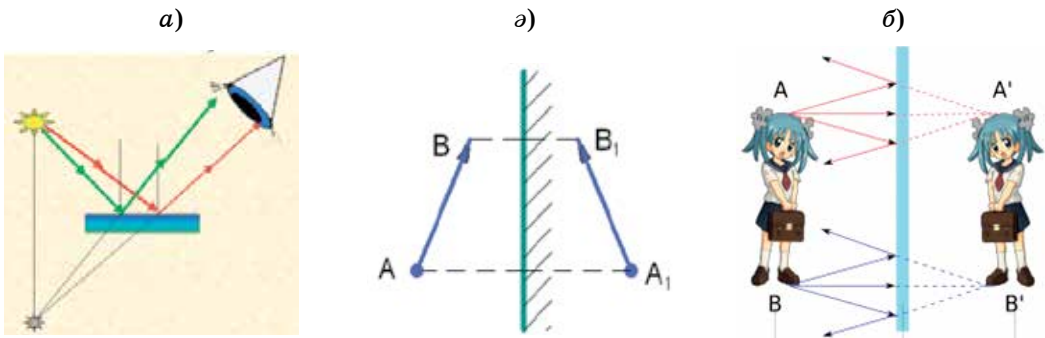
Сурет 7.6. Жарық сәулелерінің өртүрлі беттерден шағылуы

Көз сәулелерді шашырай шағылдыратын кез келген дененің бетін көреді. Өйткені көз тегіс емес беттен шағылған сәулелердің ішінен өзіне тура бағытталғандарын ғана қабылдайды. Ал көзге түсетін мұндай шағылған сәулелер дене бетінің өртүрлі нүктелерінен өртүрлі бұрышпен келетіндіктен, көз оларды сол қалпында ажыратып көре алады.

5. Көз жазық айнаның бетін көрмесе де, одан өзін немесе басқа денелердің кескіндерін көреді дедік. Енді жазық айнада кескіндердің қалай пайда болатынын төмендегі суреттерге сүйеніп көрсетейік. Адамның да, жануарлардың да көздері денені одан шағылып, көзге *түзу бойымен* тура түскен сәулелер арқылы көреді. Сондықтан да бір нәрсені көру үшін оған бұрылып немесе басын көтеріп қарайды. Егер дененің өз бетінен шағылған сәулелер көзге *түзу бойымен* тікелей түспесе, онда көз ол денені көрмейді. Мысалы, 7.7, *а*-суретте көрсетілген шамды көз көрмейді. Өйткені шамның өз бетінен шағылған сәулелер тікелей көзге түспейді. Сол сияқты оң жақтағы суретте бізге тура қарап тұрған бала да өзін-өзі көрмейді. Алайда жазық айнаның жәрдемімен тікелей көре алмайтын дененің *жалған бейнесін* көз көре алады.

Жалған бейнелердің пайда болуын, бір жағынан, жарықтың *түзу-сызықты таралу* заңына және *шағылу* заңына сүйеніп; екінші жағынан, жарықтың *шашыратылған сәулелер шоғы* және *жинақталған сәулелер шоғы* ұғымдарын пайдаланып түсіндіре аламыз. Көрсетілген заңдар мен ұғымдарға сүйеніп, шамның көзге көрінетін жалған бейнесінің қалай пайда болатынын көрсетейік. Шамның әр нүктесінен жан-жағына радиал бағытта шашыратылған сәулелер шоғы тарайды. Олардың бәрі бірдей айна бетіне түсіп шағылмайды. Шамнан айнаға түсіп шағылған шашыратылған сәулелердің ішінен көзге тек қызыл және жасыл түспен шектелген сәулелер ғана түседі (сурет 7.7, *а*). Көз өзіне түзу түсетін сәулелерді ғана көретіндіктен, айнадан шағылған жасыл және қызыл түсті сәулелер жатқан түзулердің қиылысқан тұстарындағы бейнені көреді. Алайда көзге түзу бойымен көрінген бұл бейне ақиқат дененің өзі емес, тұрған орнын өзгерткен жалған көшірмесі болып табылады.





Сурет 7.7. Денелердің жазық айналардағы жалған кескіндері

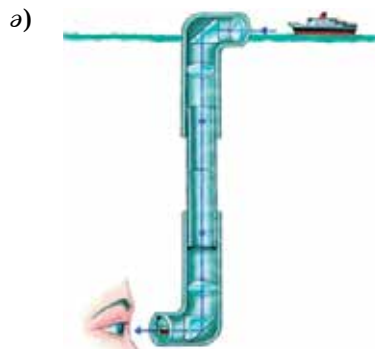
Шамның жалған бейнесін (сурет 7.7, а) айнадан шағылған сәулелер арқылы көргені сияқты, көз АВ кесіндісін де (сурет 7.7, ә), баланың да (сурет 7.7, б) айнадағы жалған бейнелерін көре алады. Өйткені кесінді мен баланың бойындағы әр нүктеден айнаға түсіп, белгілі бір бұрыштармен шағылған сәулелер көзге түседі. Ал көз осы сәулелердің бойымен тура (түзу) бағыттағы нүктелерді айнадан көреді.

6. Тәжірибелер мен салынған суреттер жазық айнадағы бейнелерді ұтымды да оңтайлы салудың жолын көрсетеді. Ол үшін дененің қалаған нүктесінен (мысалы, А нүктесінен (сурет 7.7, б)) айнаға перпендикуляр түсіріп, оның айна сыртындағы созындысы бойына нүктеден айнаға дейінгі қашықтықты өлшеп салып, оның айнадағы  $A_1$  кескінін алады. Осы әдіспен АВ вектордың айнадағы  $A_1B_1$  кескіні оңай салынады. Оны салғанда екі нүктенің (бастапқы және соңғы нүктелердің) ғана айнадағы бейнелерін тауып, олардың арасын түзумен қосады. Күрделі нәрсенің айналық кескінін салу үшін, әрине, нүктелер саны жеткілікті болатындай таңдалып алынады (сурет 7.7, б).

Осы әдісті қолданып, басқа да күрделі суреттердің (мысалы, өз фотосуреттеріңнің) жасанды айналық көшірмесін де салуға болады. Ол үшін көшірмесі салынатын суретті ақ қағаз бетіне жапсырып, оған таяу айналық бет ретінде вертикаль сызық жүргізеді де, жоғарыда көрсетілген әдіспен суреттің айнадағыдай жасанды көшірмесі салынады.

Нәрселердің айнадағы кескіндерін жоғарыда көрсетілген әдістермен салу **симметрия принципі** деп аталады. Симметрия принципімен салынған нәрселердің айнадағы кескіндері мынадай сипаттарымен ерекшеленеді: **кескін жасанды, бірақ түзу, әрі нәрсенің өз өлшемімен бірдей, сонымен қатар нәрсе айна бетінен қандай қашықтықта орналасса, оның айнадағы кескіні де сондай қашықтықта орналасады.**





Сурет 7.8. Жазық айналарды қолданатын құрылғылар мен қондырғылар

7. Көне заманда бұрылыстарға жазық айналарды орналастырып, пирамидалардың ішкі бөлмелерін Күн сәулесімен жарықтандырған. Қазіргі заманда жазық айналар тұрмыста да, өндірісте де, әртүрлі ғылыми-техникалық аспаптар мен қондырғыларда да кең қолданылады (сурет 7.8). Мысалы, Күн сәулесімен жұмыс жасайтын әртүрлі қондырғылардың коллекторына Күн энергиясын қосымша бағыттау үшін жазық айналар пайдаланылады. Медицинада ағзалардың көзге тікелей көрінбейтін бөліктерін бақылайтын стоматологиялық аспаптарда, сондай-ақ хирургияда шағылған сәулелерді емделетін ағзаға тура бағыттайтын қондырғыларда айналар негізгі тетіктер қатарына жатады.

Телескоптарда, сүңгуір қайықтарда (сурет 7.8, а), кинопроекциялық аппараттарда, перископтарда (сурет 7.8, ә) т.б. құралдарда нәрсенің кескінін ыңғайлы орынға көшіріп, қауіпсіз бақылау үшін де жазық айналар жүйесі көп көмегін тигізеді.



### Сұрақтар

1. Жарық сәулелері денелердің беттерінен қандай жағдайда толық немесе жартылай шағылады? Айнадай жалтыр бет деп қандай бетті айтады?
2. Жарық айнадай беттен қалай шағылады және оны қандай аспаптың жәрдемімен зерттейді? Түсу бұрышы мен шағылу бұрышы деп қандай бұрыштарды айтады? Суретін салып түсіндіріңдер.
3. Тәжірибелерден қандай қорытындылар туындайды? Жарықтың шағылу заңы қалай тұжырымдалды?
4. Жарық қандай жағдайларда параллель немесе шашырай (диффузиялық) шағылады? Ерекшеліктерін көрсетіп түсіндіріңдер.
5. Көз қандай жағдайда нәрсені шынайы көре алады? Жазық айнада дененің кескіні қалай пайда болады?



6. Жазық айнадағы дененің кескінін қалай оңайлатып салуға болады? Симметрия принципі бойынша салынған кескіннің ерекшеліктері қандай?
7. Жазық айналар қандай салаларда қолданыс тапты?



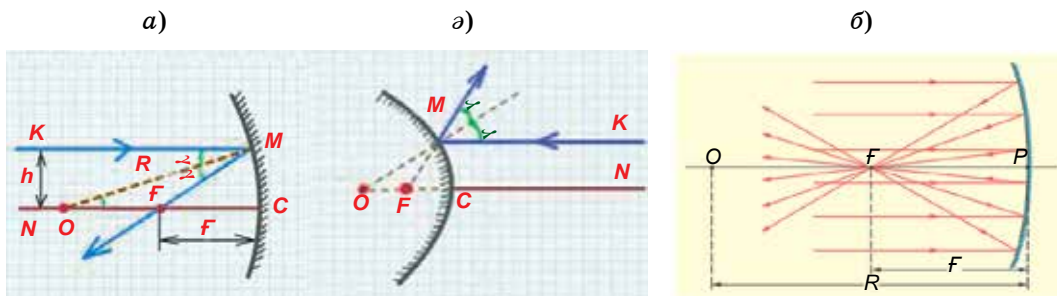
### Жаттығу 7.1

1. Симметрия принципін пайдаланып, жазық айнадағы үшбұрыштың кескінін салыңдар.
2. Адам жазық айнадағы өз кескінін толық көру үшін айнаның өлшемі қандай болу керек? Неге?
3. Жазық айнаның алдына биіктігі 2 см А және В әріптері қойылған. Айнада олар қалай көрінеді?
4. Екі жазық айна  $90^\circ$  бұрыш жасап орналасқан. Осындай күрделі айнаның алдында тұрған бақылаушы нені көреді?
5. Жазық айналы перископтың құрылымын суретке салып түсіндіріңдер. Қандай да бір денеден перископта тарайтын сәулелердің жүріс жолын сызып көрсетіңдер.

## §37.

### СФЕРАЛЫҚ АЙНАЛАР. СФЕРАЛЫҚ АЙНА КӨМЕГІМЕН КЕСКІН АЛУ

1. Сфераның диаметр жазықтығына параллель бетпен кесілген бөлігін *сегмент* деп атайды. Сфера сегментінің ішкі және сыртқы беттерін айнадай өңдеп сфералық айналар жасалады. Ішкі беті өңделген сфера сегментін *ойыс айна* (сурет 7.9, а) деп, ал сыртқы беті өңделген сфера сегментін *дөңес айна* (сурет 7.9, ә) деп атайды. Сфералық айналар да жазық айна сияқты тәжірибеде кең қолданыс табады. Сфералық айнадағы кескіндердің жазық айнадағы кескіндерге қарағанда көптеген ерекшеліктері бар. Ондай ерекшеліктерді никельденген шөйнектегі не-



Сурет 7.9. Айналарда шағылған сәулелер

месе күміс яки алтын жалатқан қасықтардағы өз бейнелерімізді көріп аңғарамыз.

Жазық айнадағы сияқты сфералық айналардағы нәрселердің кескіндерін салып үйренудің де маңызы зор. Ол үшін сфералық айналарға байланысты қолданылатын кейбір физикалық ұғымдарға тоқталайық.

Жоғарыдағы суреттерде сфералық айналардың қималары көрсетілген. Суреттегі  $O$  нүктесі *сфералық беттің центрі*,  $NC$  сызығы *айнаның бас оптикалық өсі*,  $C$  нүктесі *айнаның төбесі (полюсі)*,  $F$  нүктесі *айнаның фокусы*, ал сфераның төбесінен фокусқа дейінгі қашықтық ( $F = FC$ ) *фокус қашықтығы* деп аталады.

2. Сфералық айналардың оптикалық өстеріне параллель сәулелердің шағылу ерекшеліктерін білу айнадағы кескіндерді салуды оңайлатады. Сондықтан оптикалық өске параллель сәулелердің шағылу ерекшеліктерін анықтап алайық. Ол үшін ойыс айнаға ені  $h = KN$  болатын бас оптикалық өске параллель жарық шоғы түссін (сурет 7.9, *a*). Оның ең шеткі  $KM$  сәулесі айна бетіне  $M$  нүктесінде түсіп одан шағылады.  $OM = R$  радиусы сфералық бетке перпендикуляр болатынын геометриядан білеміз. Ендеше, жарықтың шағылу заңы бойынша  $M$  нүктесінде сәуленің түсу бұрышы оның шағылу бұрышына тең:  $\alpha = \angle KMO = \angle OMF$ . Екі параллель түзулердің арасындағы  $\angle KMO$  бұрышы  $\angle MOC$  бұрышына сыбайлас болғандықтан, бұл бұрыштар да өзара тең:  $\angle KMO = \angle MOC = \alpha$ . Олай болса,  $OMF$  үшбұрышы теңбүйірлі үшбұрыш болып табылады:  $OF = MF$ .

Егер ойыс айнаның бас оптикалық өсіне параллель жарық шоғының  $h$  ені оның  $R$  радиусымен салыстырғанда көп кіші болса ( $h < R$ ), онда  $MF$  кесіндісінің ұзындығы  $FC$  кесіндісінің ұзындығына жақындайды (сурет 7.9, *a*). Ал жарық шоғының ені мейлінше жіңішке болғанда бұл екі кесінді бір-бірімен теңеледі:  $MF = FC$ . Бұл жағдайда фокус қашықтығы сфера радиусының жартысына тең болады:

$$F = FC = OF = R/2.$$

Осы шартқа сәйкес келетін ойыс айнаға параллель түскен жарық шоғының барлық шағылған сәулелері айнаның  $F$  фокус нүктесінде тоғысып (сурет 7.9, *b*), бірін-бірі күшейтеді. Бұдан мынадай қорытынды туындайды:

*Ойыс айнаның бас оптикалық өсіне параллель түскен жіңішке жарық шоғының барлық шағылған сәулелері оның фокусында тоғысып жиналады.* Бұл құбылыс аспан әлемінен келетін сәулелерді жинақтап ақпарат алатын телескоптарда (сурет 7.10) қолданыс тапты.



Сурет 7.10. Телескоптар



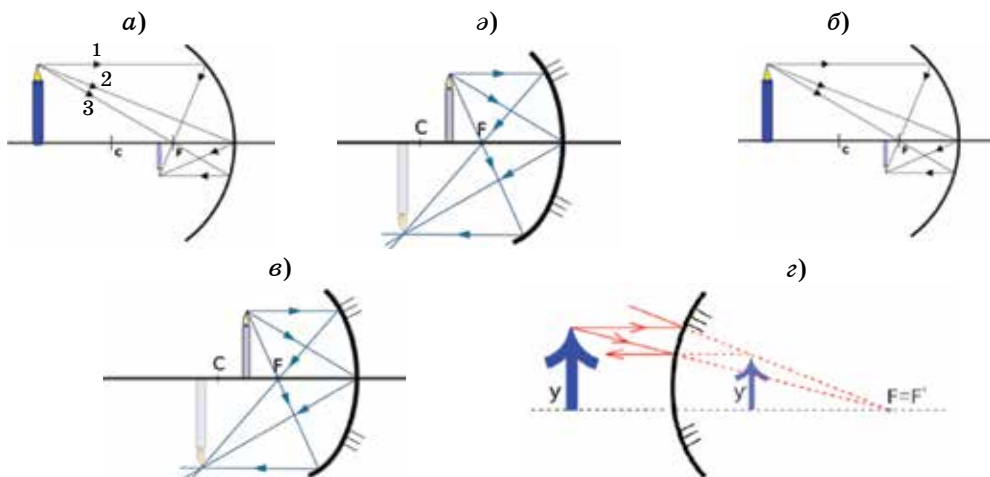
Сурет 7.11. Проектор

Егер ойыс айнаның фокусына нүктелік жарық көзін орналастырсақ, онда *қайтымдылық құбылысы* орын алып, жарықтың шағылған сәулелері оптикалық өске параллель жарық шоғы түрінде айнадан шығады. Проекторлардың (сурет 7.11) жұмыс істеу принципі осы құбылысқа негізделген.

Дөңес айнаның (сурет 7.9, в) оптикалық өсіне параллель қозғалып, М нүктесіне жеткен КМ сәулесі айна бетінен жарықтың шағылу заңына сәйкес шағылады. Алайда дөңес айнадан шағылған жарық сәулелері ойыс айнадағы сияқты фокус нүктесінде тоғыспайды, керісінше, бір-бірінен алшақтай түсіп, кеңістікте сейіліп кетеді.

**3. Енді сфералық айналарда нәрселердің кескіндерін салудың амалдарын көрсетейік.** Мысал үшін ойыс айнадағы балауыз шамының кескінін салайық. Шам ойыс айнаның центрінен тыс оптикалық өске перпендикуляр орналассын (сурет 7.12, а). Шамның жалыны ұшынан тараған шашыраған жарық шоғының біразы ойыс айнаға түседі. Айнаға түскен жарық шоғы ішінен мына үш шарттың талаптарын қанағаттандыратын үш сәулені таңдап аламыз: 1) бірінші сәуле оптикалық өске параллель болсын; 2) екінші сәуле айнаның оптикалық өстегі төбесіне түсетін болсын; 3) үшінші сәуле айнаның фокусын басып айнаға түссін.

Бірінші сәуле оптикалық өске параллель болғандықтан, оның айнадан шағылған сәулесі, жоғарыда дәлелдегеніміздей,  $F$  фокусты басып өтеді. Айнаның төбесіне белгілі бұрышпен түсіп, сондай бұрышпен шағылған екінші сәуле бірінші шағылған сәулемен қиылысады. Осы екі шағылған сәулелердің қиылысу нүктесі жалын ұшының айнадағы кескінін береді. Бұл қорытындыны үшінші шағылған сәуле де растайды. Өйткені үшінші сәуле фокусты басып айнаға түскендіктен, *қайтымдылық құбылысына* сәйкес айнадан оптикалық өске параллель шағылады. Сөйтіп, айнадан



Сурет 7.12. Сфералық айнадағы кескіндер

шағылған үш сәуле де, суретте көрсетілгендей, бір нүктеде қиылысып, жалынның ұшын кескіндейді (сурет 7.12, а).

Шамның айнадағы кескінін толық алу үшін оның табанының кескіні де жоғарыда сипатталған үш шартқа сәйкес анықталады. Біз қарастырып отырған жағдайда шамның табанынан шығатын үш сәуле де оптикалық өстің бойында жатыр. Сондықтан олардың шағылған сәулелері де осы өстің бойында жатады. Ендеше, шам жалынын кескіндейтін нүктеден оптикалық өске перпендикуляр түсіріп, оның ойыс айнадағы жасанды, бірақ толық кескінін аламыз.

Сонымен, ойыс айнаның центрінен тыс орналасқан нәрсенің айнадағы кескіні шамның **шын** (өйткені жорамал емес, нақты шағылған сәулелермен анықталған), **төңкерілген** және **кішірейтілген** кескін болып табылады.

4. Кескінді алудың жоғарыда көрсетілген әдісі және сәулелерді таңдауға қойылатын үш шарт нәрсенің орналасу қалпына тәуелсіз барлық сфералық айналар үшін бірдей қолданылады (сурет 7.12). Сондықтан оларды қайталап жатпай-ақ нәрсенің әртүрлі орналасу кезіндегі сфералық айнада пайда болатын кескіндерін қысқаша сипаттайық.

Нәрсе (біздің мысалымызда шам) айнаның центрі мен фокусының арасында орналассын (сурет 7.12, а). Бұл жағдайда алынатын кескін **шын**, **төңкерілген** және **үлкейтілген** кескін болып табылады.

Нәрсе айнаның центрінде орналассын (сурет 7.12, б). Бұл жағдайда алынатын кескін **шын** және дәлме-дәл симметриялы **төңкерілген** кескін болып табылады.

Нәрсе айна мен фокустың арасында орналассын (сурет 7.13, в). Бұл жағдайда алынатын кескін *жалған* (өйткені нақты емес, жорамал сәулелердің қиылыстары бойынша анықталған), *төңкерілмеген* және *үлкейтілген* кескін болып табылады.

Дөңес айнаның (сурет 7.12, з) фокусы – жорамал фокус. Өйткені дөңес айнаның оптикалық өсіне параллель сәулелердің барлығы да оның сыртындағы жорамал  $F'$  фокустан шыққандай болып көрінеді (пунктир сызықтар). Дөңес айнадан шағылған сәулелер шашыратылған шоқтарды түзеді. Дөңес айнаның көрсететін барлық кескіндері дене қалай орналаса да *жалған*, *кішірейтілген* және *тура* болып келеді.

5. Ойыс айналар тәжірибеде өте кең қолданыс тапқан. Олар, жоғарыда айтқанымыздай, Ғалам кеңістігіндегі құбылыстарды зерттеп, мол ақпараттар жинайтын телескоп рефлекторлардың (сурет 7.10) ең негізгі бөлігін құрайды. Диаметрі үлкен ойыс айнаны Күнге қарсы қаратып, оның фокусында сәулелік энергияның күшті концентрациясын алуға болады. Күн энергиясын жинақтау үшін, әдетте, үлкен сфералық сегменттің ішкі бетін шаршылап кесілген жазық айналармен қаптайды. Осылайша, Күн энергиясын жинақтайтын концентраторлар (шоғырлатқыш) жасалады. Мұндай концентраторлардың фокустарында температура бірнеше жүздеген градусқа көтеріледі. Егер фокусқа жақындатып суы бар қазандық орнатса, онда су жоғары қысымдағы буға айналады да, бу турбиналарын және оның білігіне бекітілген генератордың зәкірін айналдырып, жұмыс істейді. Бұл тәсіл – Күн энергиясын электр энергиясына айналдырудың кең тарай бастаған тәсілдерінің бірі болып табылады.

Ойыс айнаның фокусына орнатылған электр доғасынан шығатын қуатты жарық айнадан шағылып, сондай қуатпен кеңістікке параллель сәулелер шоғы түрінде тарайды. Мұндай қуатты сәулелер шоғы алыстағы денелерді жарықтандыра алады. *Прожекторлардың* жұмыс істеуі осы принципке негізделген. Кейінгі кездері прожекторлардың қызметін аса қуатты лазер сәулелері ығыстыра бастады.

Ойыс айналар өз фокустарына көрінетін жарықты ғана емес, кез келген көрінбейтін электромагниттік сәулелерді де (ультрақұлгін, инфрақызыл сәулелерін және радиотолқындарды) жинақтай алады. Ойыс айналардың осындай қасиеттеріне негізделіп радиоастрономия, радиолокация, дециметр және сантиметр толқын ұзындықтарында жұмыс жасайтын радиобайланыс пен теледидар қондырғылары пайдаланылады.

Дөңес айналардың қолданыс аясы тар. Олар негізінен автокөліктерде және сауда дүкендерінде қолданылады. Бұндай орындарда дөңес



айналардың басқа айналарға қарағанда айналаны көбірек қамтып, шолу жасай алатын артықшылықтары пайдаланылады. Расында да, дөңес айнаның арқасында көлік жүргізушісі де, дүкен қызметкері де өз орындарынан аумағы мен ауданы үлкен алаңды көріп, бақылай алады.



### Сұрақтар



1. Сфералық айналар деп қандай айналарды айтады және олардың қандай түрлері бар? Сфералық айналарға қатысты қандай ұғымдар мен терминдер бар? Суреттерін салып түсіндіріңдер.
2. Сфералық айналардың оптикалық өстеріне параллель сәулелердің шағылу ерекшеліктері қалай қорытындыланады? Бұл қорытынды қалай дәлелденеді? Суретін салып дәлелдеңдер.
3. Сфералық айналарда нәрселердің кескіндерін салу үшін қандай сәулелерді пайдаланады және олар қалай таңдалады? Суреттерін салып түсіндіріңдер.
4. Ойыс айнадағы кескіндер нәрсенің орналасуына байланысты қалай өзгереді? Дөңес айнадағы кескіннің ерекшелігі қандай? Суреттерін салып сипаттаңдар.
5. Сфералық айналар практиканың қандай салаларында қолданылады?



### Жаттығу 7.2



1. Дөңес айнаның жорамал фокусының орны да, ойыс айнаның фокусының орны да бір түрлі теңдеумен анықталатынын дәлелдеңдер.
2. Диаметрі 0,5 м сфераны тең екі сегментке (жарты сфераға) бөліп, екі сфералық Күн концентраторын жасау үшін олардың ішкі бетін қаптайтын қабырғалары 3 см және 5 см жазық шаршы (квадрат) айналар қолданылады. Өр концентраторға қанша жазық айна керек болатынын есептеңдер.
3. Ойыс айнаға негізделген концентратормен жұмыс жасайтын Күн электр стансысының сызба жобасын жасаңдар. Оған қажетті қондырғыларды қысқаша сипаттаңдар.
4. Күн концентраторымен су жылытатын қарапайым қондырғының сызба жобасын жасап, тұрмыста қолдана алатын моделін мектеп шеберханасында құрастырыңдар.



### Ғылым мен техниканың даму тарихынан

Ерте заманда кемелерге бағдар көрсететін ең үлкен маяк әлемнің жетінші кереметі – Александрия маягі (сурет 7.13) болып табылады. Маяк Ніл өзенінің Фарос аралына құя берісінде орналасқан Александрия қаласына жақын салынған.





Сурет 7.13. Александрия маягі

Аңызға сенсек, маяктің ұшар басына орнатылған үлкен айнадан Грекия жағалауынан шыға бастаған кемелерді көруге болады екен.

Биіктігі 120 метрдей (кей деректерде 180 м) болатын маяк көп қабатты үш деңгейлі мұнара түрінде салынған сол замандағы (біздің жыл санауымыздан 300 жылдай бұрын) ең ірі құрылыс болатын. Оның жоғарғы деңгейіндегі мұнарада жалындаған, өшпейтін от ұдайы жанып тұрыпты. Мұнара басында көптеген таңғаларлық

техникалық құралдар: флюгер, астрономиялық аспаптар, қоңыраулы сағаттар, от жалыны сәулесін алысқа жіберетін ойыс металл айналар мен линзалардан тұратын ғажайып қондырғылар орнатылыпты. Маяк прожекторы от-жалын сәулесін 60–100 км қашықтыққа дейін таратып, кемелерге бағдар көрсететін болыпты. Сәулетші Сострат Книдский жобалаған маяк жоспарланған 20 жыл орнына 5 жыл ішінде толық салынып, 7 ғасырға жуық қалтқысыз жұмыс жасапты.

XIV ғасырдағы күшті жер сілкінісінен кейін толығымен қираған маяқтың орнына, біраз жыл өткізіп барып, түріктер Кайт-Бей қорғанын тұрғызады. Александрия маңындағы Фарос аралында бірнеше рет түзетіліп салынған бұл қорған осы кезге дейін өз келбетін жоғалтқан жоқ.

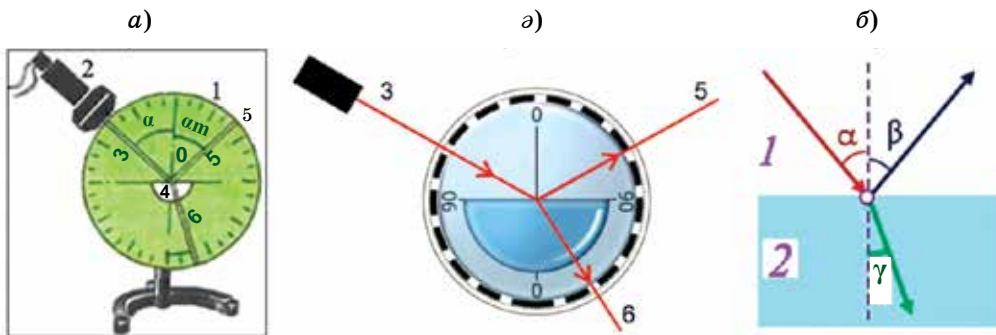
2015 жылы Мысыр (Египет) өкіметі әлемнің жеті кереметінің бірі болып табылатын Александрия маягін қайта тұрғызуға шешім қабылдады.

### §38.

## ЖАРЫҚТЫҢ СЫНУЫ. ЖАРЫҚТЫҢ СЫНУ ЗАҒЫ. ТОЛЫҚ ІШКІ ШАҒЫЛУ

1. Жарықтың сыну және ішкі шағылу құбылыстарын бақылау үшін мектеп зертханасындағы *оптикалық шайба* аспабына (сурет 7.14, а) қайта жүгінеміз. Шайба табағының (1) центріне мөлдір шыныдан жасалған жарты цилиндрді (4) орналастырайық. Нүктелік жарық көзінен (2) ауа арқылы шыны бетіне түскен сәуле (3) екі сәулеге ыдырайды. Олардың бірі – өзімізге таныс *шағылған сәуле* (5) болса, ал шынының ішіне қарай бағытталған екінші сәулені (6) *сынған сәуле* деп атайды. Ортадағы кескінде (сурет 7.14, б) шағылған сәуле солғын қызыл сызықпен, ал сынған сәуле қанық қызыл сызықпен бейнеленген.

Тәжірибелер түскен, шағылған және сынған сәулелердің бір жазықта жататынын көрсетті. Мөлдір шыны жарты цилиндрдің жазық бетінен шағылған сәуле де *шағылу заңына* бағынады, яғни  $\alpha$  түсу бұрышы  $\beta$  шағылу бұрышына (сурет 7.14, б) тең болады:  $\angle \alpha = \angle \beta$ .



Сурет 7.14. Шағылған және сынған сәулелер

Түскен сәуле мен сынған сәуленің қиылысу нүктесіне тұрғызылған перпендикуляр мен сынған сәуленің арасындағы  $\gamma$  бұрыш (сурет 7.14, б) **сыну бұрышы** деп аталады.

Жарық көзін оптикалық шайба табағының жиегімен айналдыра отырып, жарық сәулесінің  $\alpha$  түсу бұрышын өзгертсек, онда  $\gamma$  сыну бұрышының да өзгередінін көреміз. Бұл құбылыс ерте дәуірден белгілі бола тұрса да, жарықтың түсу бұрышы мен сыну бұрышының арасындағы заңдылықты ашу ұзақ жылдарға созылды. Тек жарықтың *шағылу заңы* ашылған кезеңнен 2000 жыл өткеннен кейін ғана нидерландық ғалым Виллеброрд Снелл (Снеллиус) **жарықтың сыну заңын** ашты. Бұл заң былайша тұжырымдалады:

**Берілген екі орта үшін түсу бұрышы синусының сыну бұрышы синусына қатынасы тұрақты шама болып табылады:**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n.$$

2. Тұрақты шама  $n$  заттың (ортаның) **сыну көрсеткіші** деп аталады. Заттың сыну көрсеткіші түсу бұрышына тәуелді емес, берілген екі ортаның қасиетіне қарай эксперимент жүзінде анықталады.

Сыну заңының, яғни сыну көрсеткішінің *физикалық мағынасы* кейінгі зерттеулер нәтижесінде толығымен ашылды. Жарық бір ортадан екінші ортаға өткенде сәулелердің сынуы жарықтың әртүрлі ортада әртүрлі жылдамдықпен қозғалатындығына байланысты болып шықты. Бұл байланыс  $n = c/v$  формуласымен сипатталады; мұндағы  $c$  – вакуумдағы жарық жылдамдығы,  $v$  – берілген заттағы жарықтың жылдамдығы. Сонымен, **жарықтың сыну заңы** былайша өрнектеледі:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{c}{v}.$$

3. Заттардың сыну көрсеткіштерінің кестедегі мәндері сол заттарды вакууммен салыстыру арқылы анықталған. Заттардың вакууммен салыстырғандағы сыну көрсеткіштерін **абсолют сыну көрсеткіш** деп атайды. Біздің мысалымызда екі ортаның біріншісін ауа, ал екіншісін шыны атқарды. Тәжірибенің көрсетуі бойынша ауамен салыстырғанда шынының сыну көрсеткіші  $n = 1,5$  шамасына тең. Тәжірибелер заттардың ауамен салыстырғандағы сыну көрсеткіштері оның абсолют сыну көрсеткіштеріне іс жүзінде тең болатынын көрсетті.

Заттардың әртүрлі ортамен салыстырғандағы сыну көрсеткіштерінің де әртүрлі болатындығын ескеріп, **оптикалық тығыздық** деген ұғым енгізіледі.

Егер жарық шоғы бір заттан екінші затқа өткенде сынған сәуле перпендикулярға жақындаса, яғни сыну бұрышы түсу бұрышынан кем болса, онда екінші зат **оптикалық тығыздығы үлкен орта** деп аталады.

Егер жарық шоғы бір ортадан екінші ортаға өткенде сынған сәуле перпендикулярдан алшақтаса, яғни сыну бұрышы түсу бұрышынан артық болса, онда екінші ортаның **оптикалық тығыздығы аз** деп аталады.

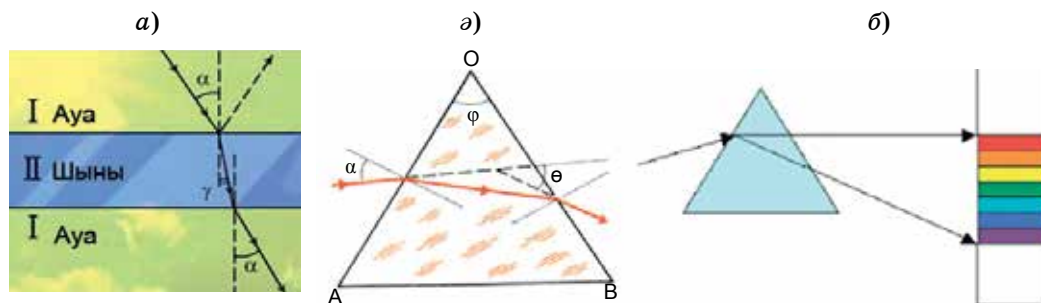
Оптикалық тығыздығы аз ортаның абсолют сыну көрсеткіші ( $n_1$ ) оптикалық тығыздығы үлкен ортаның абсолют сыну көрсеткішінен ( $n_2$ ) кіші болады:  $n_1 < n_2$ .

4. Жарық ауадан пішіндері әртүрлі мөлдір затқа (мысалы, жазық параллель бетті шыныға және үшбұрышты шыны призмаға) түсіп, одан қайыра ауаға шыққанда қандай құбылыстардың пайда болатынын анықтайық.

Жарық сәулесі ауадан жазық шынының жоғарғы бетіне  $\alpha$  бұрышпен түссін (сурет 7.15,  $a$ ). Түскен сәуленің шамалы бөлігі шыны бетінен шағылады да (пунктир сызық), негізгі бөлігі шыны ішінде  $\gamma$  бұрышпен сынады. Ауаның оптикалық тығыздығы шынының оптикалық тығыздығынан кем болғандықтан, сәуленің шыныдағы сыну бұрышы оның ауадағы түсу бұрышынан кіші болады:  $\gamma < \alpha$ , яғни шыныда сынған сәуле перпендикулярға жақындау орналасады.

Сәуле оптикалық тығыздығы үлкен ортадан (шыныдан) оптикалық тығыздығы кем ортаға (ауаға) қайта шыққанда оның ауадағы сыну бұрышы шыны ішіндегі түсу бұрышынан үлкен болады, яғни ауада сынған сәуле перпендикулярдан алшақтау орналасады. Сөйтіп, ауада екінші рет сынған сәуле алғашқы шыны бетіне түскен сәулеге параллель, бірақ оның бұрынғы орнынан біршама ығысып шығады.

5. Практикалық мақсаттарда және ғылыми-зерттеу жұмыстарында қолданылатын аспаптар мен қондырғылардың маңызды бөлігін үшбұрышты мөлдір призмалар құрайды. Сондай призманың қимасы төменде көрсетілген (сурет 7.15, а). Призманың сол жақ АО бетіне  $\alpha$  бұрышпен түскен сәуле оның төменгі АВ жағына қарай сынып, оң жақ ВО бетіне жетеді де, екінші рет ауада сынады (ортадағы суреттегі қызыл сызықтар).

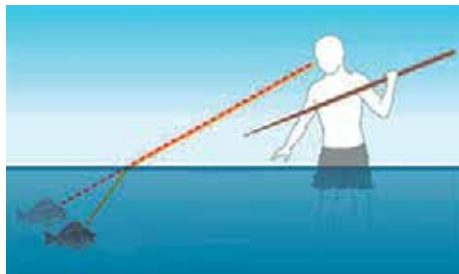


Сурет 7.15. Жарық сәулесінің жазық шыны мен призмада сынуы

Егер призманың бірінші бетіне жарық шоғы түсетін болса, онда оның екінші бетінен ауаға сынып тараған жеті түсті (қызыл, қызғылт сары, сары, жасыл, көгілдір, көк, күлгін) сәулелер шоғын көреміз (сурет 7.15, б). Бұндай көрініс, **біріншіден**, көзге көрінетін ақ жарықтың бірнеше түсті сәулелер шоғынан тұратын күрделі жарық екенін көрсетеді; **екіншіден**, әр түсті сәулелер шоғының әртүрлі бұрышпен сынаатынын дәлелдейді; **үшіншіден**, олардың заттық ортадағы таралу жылдамдықтарының да әртүрлі болатынын айғақтайды.

Жарықтың мөлдір ортадағы сыну құбылыстары денелерді нақты тұрған орындарында көрсетпей, ығыстырып алдамшы көрсететінін есте ұстау қажет. Мысалы, қандай да бір ыдыстағы немесе өзендер мен көлдердегі судың көзге көрінетін алдамшы тереңдігі шын тереңдігінен едәуір аз болады. Жарықтың судағы сыну құбылысы салдарынан біз оның ішіндегі заттар мен балықтарды шынайы орнында емес, ығысқан алдамшы орнынан көреміз (сурет 7.16). Сондай-ақ жарықтың ауа атмосферасында сынуы салдарынан Күн мен жұлдыздар да өздерінің шынайы орындарынан едәуір биігірек болып көрінеді.

6. **Оптикалық шайба** (сурет 7.14, а) көмегімен жарық сәулесін шыны немесе плексиглас жарты цилиндрінің дөңес бетіне төрт түрлі бұрышпен түсіріп (сурет 7.17), қандай құбылыстардың орын алатынын байқайық. Сәуле төрт жағдайда да дөңес бетке перпендикуляр ра-



Сурет 7.16. Жарықтың мөлдір ортадағы сынуы

диус бойымен қозғалатындықтан, жарты цилиндрдің жазық бетіндегі О нүктесіне түседі.

Бірінші жағдайда сәуле дөңес бетке де, жазық бетке де перпендикуляр түсетіндіктен (сурет 7.17, а), бағытын өзгертпей ауаға шығады. Бұл жағдайда сәуленің түсу бұрышы нөлге тең ( $\alpha_1 = 0$ ).

Екінші жағдайда сәуле жарты цилиндрдің жазық бетіне  $\alpha_2 < 90^\circ$  бұрышпен түсіп (сурет 7.17, ә), ауада  $\gamma_2 < 90^\circ$  бұрышпен сынады.

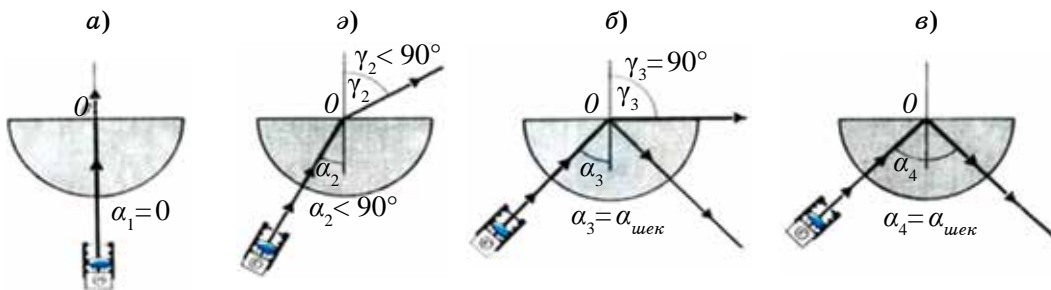
Үшінші жағдайда сәуле жарты цилиндрдің жазық бетіне  $\alpha_3 < 90^\circ$  бұрышпен түседі де (сурет 7.17, б),  $\gamma_3 = 90^\circ$  бұрышпен сынып, екі ортаны бөлетін шегара бойымен тарайды. Сынған сәуле екі ортаның шегара бойымен тараған жағдайда  $\alpha_3$  түсу бұрышын **толық шағылудың шекті бұрышы** деп атайды. Толық шағылудың шекті бұрышы ( $\alpha_3$ ) мөлдір заттың тегіне байланысты әртүрлі болып келеді. Мысалы, судағы толық шағылудың шекті бұрышы 49 градусқа тең ( $\alpha_{шек} = 49^\circ$ ).

Төртінші жағдайда (сурет 7.17, в) сәуле жазық бетке шекті бұрыштан да үлкен бұрышпен ( $\alpha_4 > \alpha_{шек}$ ) түсіп, цилиндрдің ішіне қарай толығымен шағылады. Бұл құбылыс **толық ішкі шағылу** деп аталады.

Сонымен, тәжірибелердің көрсетуі бойынша толық ішкі шағылу құбылысы мына шарттар орындалғанда байқалады: **біріншіден, сәуле тарайтын ортаның оптикалық тығыздығы оны қоршаған ортаның оптикалық тығыздығынан артық болуы қажет; екіншіден, сәуле екі ортаны қосатын бетке оптикалық тығыздығы артық ортадан бағытталуы керек; үшіншіден, сәуле екі ортаны қосатын бетке белгілі бір шекті бұрыштан үлкен бұрышпен түсуі қажет.**

7. Жоғарыда көрсетілген мысалдарда сәуле оптикалық тығыздығы көп ортадан оптикалық тығыздығы аз ортаға (ауаға) бағытталды. Мұндай жағдайда жарықтың сыну заңы мына формуламен өрнектеледі:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{1}{n}.$$



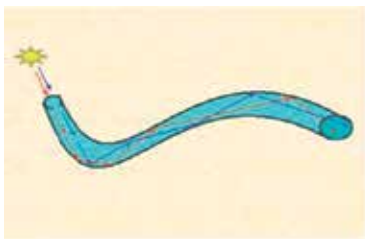
Сурет 7.17. Жартылай шыны цилиндрдегі әртүрлі бұрышпен түскен жарықтың сыну және шағылу ерекшеліктері

Бұл формуладан кез келген заттағы толық шағылудың  $\alpha_{\text{шек}}$  шекті бұрышын таба аламыз ( $\gamma = 90^\circ$ ;  $\sin 90^\circ = 1$ ):

$$\sin \alpha_{\text{шек}} = 1/n,$$

мұндағы  $n$  – берілген заттың сыну көрсеткіші.

8. Көптеген құрылғылар мен аспаптардың жұмыс жасау принципі жарықтың толық іштен шағылу құбылысына негізделген. Солардың бірі – **талшықты оптика** мен **талшықты техникада** қолданылатын иілмелі **жарық өткізгіштер** (сурет 7.18) болып табылады. Мұндай **жарық өткізгіштер** жарық сәулелерін және олармен бірге тарайтын басқа да ақпараттарды алысқа жеткізе алады.



Сурет 7.18. Толық іштен шағылуға негізделген жарық өткізгіштері



### Сұрақтар

1. Сынған сәуле, сыну бұрышы дегеніміз нені білдіреді? Сыну заңы қалай тұжырымдалады және оны кім ашты?
2. Заттың сыну көрсеткішінің физикалық мағынасы қандай формулалармен сипатталады?
3. Абсолют сыну көрсеткіш деген ұғым нені білдіреді? Оптикалық тығыздығы үлкен (немесе кіші) зат деп қандай заттарды айтады? Суретін салып түсіндіріңдер.



4. Жарық параллель бетті жазық шыныдан өткенде қандай құбылыс байқалады? Суретін салып түсіндіріңдер.
5. Жарық үшбұрышты призмадан өткенде қандай құбылыс байқалады? Бұл құбылыстан қандай қорытынды туындайды? Суретін салып түсіндіріңдер.
6. Толық шағылудың шекті бұрышы деп нені айтамыз? Толық ішкі шағылу қандай жағдайларда орын алады?
7. Толық шағылудың шекті бұрышы қандай формулалар арқылы және қалай анықталады?
8. Толық ішкі шағылу құбылысы қандай салаларда қолданыс тапты?



### Жаттығу 7.3



1. Жарық сәулесі ауадан суға өтеді. Оның түсу бұрышы  $60^\circ$ -қа тең. Сыну бұрышын анықтаңдар. Судың сыну көрсеткіші 1,333 шамасына тең.
2. Жарық сәулесі су шыны (флинт ТФ-11) шегарасын бөлетін бетке түседі. Түсу бұрышы  $70^\circ$ , сыну бұрышы  $49^\circ 28'$ . Шынының сумен салыстырғандағы сыну көрсеткішін табыңдар. Оның абсолют сыну көрсеткіштердің қатынасына тең болатынын дәлелдеңдер. Флинт ТФ-11 шынысының абсолют сыну көрсеткіші 1,648 шамасына тең.
3. Жарық сәулесі мұз – су шегарасын бөлетін бетке түседі. Түсу бұрышы  $50^\circ$ . Сыну бұрышын анықтаңдар. Мұздың абсолют сыну көрсеткіші 1,310 шамасына тең.
4. Жарық сәулесі спирттен алмазға өтеді. Түсу бұрышы  $63^\circ$ . Сыну бұрышын анықтаңдар. Абсолют сыну көрсеткіштері: спирт – 1,361; алмаз – 2,417.
5. Су, шыны (крон К80), шыны (флинт ТФ-1) және алмаз үшін толық шағылудың шекті бұрыштарын анықтаңдар. Олардың абсолют сыну көрсеткіштері: 1,333; 1,516; 1,648; 2,417.
6. Табаны теңбүйірлі тік бұрышты үшбұрыш болатын призма К80 маркалы шыныдан жасалған. Жарық сәулесі табанындағы катет арқылы өтетін призма жағына ауадан перпендикуляр түседі (сурет 7.19, а). Сәуленің одан арғы жүрісін сызыңдар.
7. Жарық сәулесі алдыңғы есептегі призманың табанындағы гипотенуза арқылы өтетін жағына ауадан перпендикуляр түседі (сурет 7.19, ө). Сәуленің одан арғы жүрісін сызыңдар.

### №10 зертханалық жұмыс

#### Шынының сыну көрсеткішін анықтау

**Жұмыстың мақсаты:** жарықтың сыну заңын пайдаланып, шынының сыну көрсеткішін анықтау.

**Аспаптар мен жабдықтар:** жазық параллель бетті қалың шыны, қатырма қағаз, миллиметрлік бөліктері бар сызғыш, циркуль; транспортир, қара және



түсті бояулары бар қарындаштар немесе шарикті қаламдар, үш түйреуіш.

### Жұмыс барысы.

1. Үстелдің үстіне қатырма қағазды қойып, оның үстіне шыны пластинканы орналастырыңдар.

2. Шынының бір қыры жағынан қатырма қағазға екі түйреуішті қадаңдар; оның біреуі (2) шыны қырына жанасып тұрсын. Олар түсетін сәуленің бағытын көрсетеді.

3. Шынының екінші қыры жағынан оның бірінші қыры жағындағы екі түйреуішті бір түзудің бойында жататындай етіп қадаңдар да, үшінші түйреуішті шыны қырына жанастырып қадаңдар (сурет 7.20).

4. Түйреуіштерді алып тастаңдар да, шыныны төңіректеп қарындашпен сызып, түйреуіштердің қалдырған орындарына нүктелерді қойып шығыңдар.

5. Қатырма қағаз бетіне түскен сәулені (1–2), сынған сәулені (2–3) сызып, шынының шегарасына перпендикуляр (үзілісті сызық) жүргізіндер (сурет 7.21).

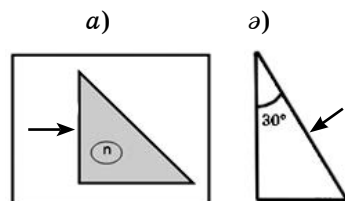
6. Түскен сәуленің бойынан кез келген А нүктесін таңдап алып, одан үзік сызыққа АС перпендикулярын түсіріңдер. Сынған сәуленің бойынан ОА кесіндісіне тең ОВ кесіндісін салыңдар да, В нүктесінен үзік сызыққа перпендикуляр түсіріңдер.

7. АС және ВD кесінділерін өлшеп алып, шынының сыну көрсеткішін мына формула бойынша есептеңдер:

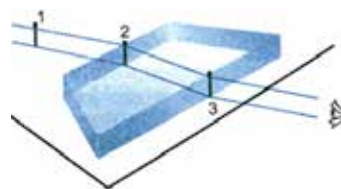
$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad \sin \alpha = \frac{AC}{OA}; \quad \sin \beta = \frac{BD}{OB} = \frac{BD}{OA}; \quad n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AC}{BD}.$$

8. Сәуленің түсу бұрышын өзгертіп, тәжірибені қайталап жасаңдар.

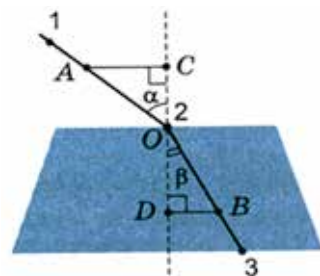
9. Өлшеулер мен есептеулердің нәтижелерін төмендегі кестеге түсіріп жазыңдар.



Сурет 7.19



Сурет 7.20



Сурет 7.21

Тәжірибелер №	AC, мм	BD, мм	n
1			
2			

10. Қорытынды жасаңдар.

§39.

## ЛИНЗАЛАР. ЛИНЗАНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ КҮШІ. КЕСКІНДЕРДІ ЛИНЗАЛАРДА САЛУ. ЖҰҚА ЛИНЗАНЫҢ ФОРМУЛАСЫ

1. Оптикалық тығыздығы әртүрлі ортада жарықтың түрліше сыну және шағылу қасиеттері көптеген аппараттар мен құралдарда жарық сәулелерін басқару үшін қолданылады. Ондай оптикалық құралдардың негізгі бөлігін *линзалар* құрайды.

**Линза** деп екі жақ беті радиустары  $R_1$  және  $R_2$  болатын (сурет 7.22) сфералық сегменттермен шектелген мәлдір денені айтады.

Линзалар шектейтін беттерінің пішіндеріне қарай 6 түрге бөлінеді (сурет 7.22, ә). Оларды қос дөңес (1), жазық дөңес (2), ойыс дөңес (3), қос ойысты (4), жазық ойысты (5) және дөңес ойыс (6) линзалар деп атайды. Дөңес линзалардың шеттеріне қарағанда ортасы қалың; ал ойыс линзалардың шеттері қалың да, ортасы жұқа келеді.

2. Линзаларды қолданып, нәрселердің кескіндерін салуға байланысты төмендегі ұғымдар мен терминдер қолданылады.

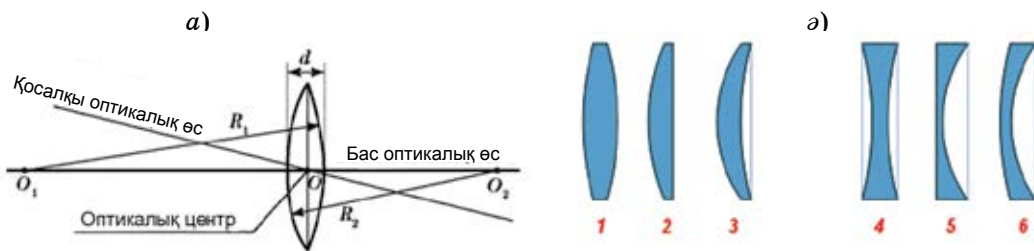
Линзаның екі сфералық сегменттерінің центрлері орналасқан  $O_1O_2$  түзуі линзаның **бас оптикалық өсі** деп аталады (сурет 7.22, а).

Бас оптикалық өс бойындағы барлық сәулелер линзадан сынбай өтетін  $O$  нүктесін линзаның **оптикалық центрі** деп атайды.

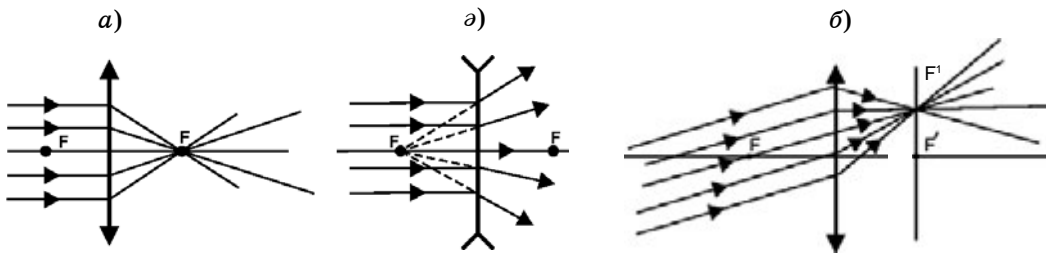
Линзаның оптикалық центрі арқылы бас өске көлбеу өтетін кез келген түзу қосалқы оптикалық өс деп аталады (сурет 7.22, а).

Оптикалық центр арқылы бас өске перпендикуляр өтетін жазықтықты линзаның **бас жазықтығы** дейді.

Линзада екі сфералық бет болатындықтан, жарық сәулесі екі беттен де сынады. Алайда кескіндерді салуды оңайлату үшін біз жұқа линзаларды ғана қарастырамыз және сәулелер тек бір беттен, яғни линзаның бас жазықтықтығынан сынады деп есептейміз. Осыған орай көп жағдайда



Сурет 7.22. Линзалар



Сурет 7.23. Дөңес және ойыс линзаларды бейнелеу

дөңес линзаны ұштары жебе тәрізді, ал ойыс линзаны ұштары айрық вертикаль сызықтармен бейнелейді (сурет 7.23).

Егер ауада орналасқан дөңес линзаға бас оптикалық өске параллель сәулелер түсірсек, олар линзадан сынып, бас өстің бойындағы  $F$  нүктеде тоғысады (сурет 7.23, а). Бұл нүктені линзаның **бас фокусы** деп атайды да, ал дөңес линзаны **жинағыш линза** дейді.

Егер ауада орналасқан ойыс линзаға бас оптикалық өске параллель сәулелер түсірсек, олар линзадан сынып, шашыратылған сәулелер шоғын түзеді (сурет 7.23, ә). Бұл сәулелер линзаның алдындағы  $F$  нүктеден шыққандай болып көрінеді (пунктир сызықтардың түйілісі). Бұл нүктені линзаның **жалған бас фокусы** деп атайды да, ал ойыс линзаны **шашыратқыш линза** дейді.

Егер ауада орналасқан жинағыш линзаға қосалқы оптикалық өске параллель сәулелер түсірсек, олар линзадан сынып, бас өстен тыс  $F'$  нүктеде тоғысады (сурет 7.23, б). Бұл нүктені дөңес линзаның **қосалқы фокусы** деп атайды. Дөңес линзаның барлық қосалқы фокустары бас фокус арқылы өтетін бас оптикалық өске перпендикуляр жазықтың бойында жатады.

Дөңес линзадағы сияқты ойыс линзаның да қосалқы жалған фокустарын салып көрсетуге болады. Олар да ойыс линзаның бас жорамал фокусын басып өтетін бас оптикалық өске перпендикуляр жазықтың бойында орналасады.

**3. Линзаның фокус қашықтығы және оптикалық күші** деп аталатын шамалар оның негізгі сипаттамалары болып табылады.

**Фокус қашықтығы** деп линзаның бас фокусынан оның центріне дейінгі қашықтықты айтады. Фокус қашықтығын  $F$  әрпімен белгілейміз.

**Линзаның оптикалық күші** деп оның фокус қашықтығына кері шаманы айтады:

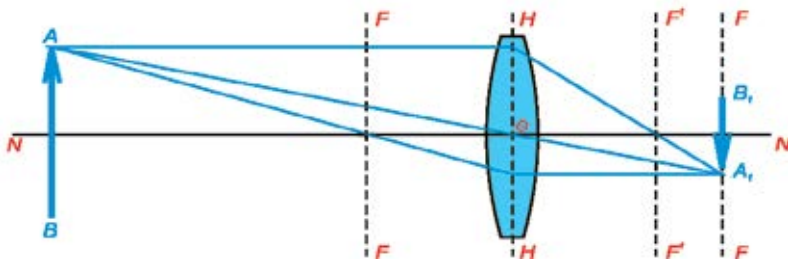
$$D = \frac{1}{F}.$$

***D*** өрпімен белгіленетін линзаның оптикалық күші **диоптрия (дптр)** деп аталатын бірлікпен өлшенеді. Егер жинағыш линзаның фокус қашықтығы 1 м болса, онда оның оптикалық күші **1 диоптрия (дптр)** болады. Халықаралық бірліктер жүйесінде бір диоптрия бір метрге кері шамамен өлшенеді:

$$1\text{дптр} = \frac{1}{\text{м}} = \text{м}^{-1}.$$

Шашыратқыш линзаның фокус қашықтығы мен оптикалық күші теріс сандармен жазылады.

4. Линзалардың көмегімен жарықты жинап немесе шашыратып *басқарумен* қатар, нәрселердің әртүрлі *кескіндерін* де алуға болады. Нәрселердің кескіндерін линзаларда салу үшін оның әр нүктесінен шығатын көптеген сәулелердің ішінен үш сәулені таңдайды. Бұл сәулелерді қалай таңдайтынын жинағыш линза мысалында көрсетейік (сурет 7.24). Нәрсе (AB) линзадан едәуір алыс ( $d > 2F$ ) орналассын. Нәрсенің A нүктесінің линзадағы кескінін салуға таңдап алынған сәулелерге мыналар жатады:



Сурет 7.24. Дөңес линзадағы кескін

**Бірінші сәуле** – бас оптикалық өске параллель AN сәуле. Бұл сәуле HN бас оптикалық жазықтықта сынады; сынған  $HA_1$  сәуле линзаның F бас фокусы арқылы өтеді.

**Екінші сәуле** – линзаның O оптикалық центрі арқылы сынбай өтетін AO сәулесі. AO сәулесі  $HA_1$  сәулесімен  $A_1$  нүктесінде қиылысады. Екі сәуленің қиылысқан  $A_1$  нүктесі нәрсенің A нүктесінің дөңес (жинағыш) линзадағы кескіні болып табылады.

**Үшінші сәуле** – линзаның 2-бас фокусы арқылы өтіп, HN бас оптикалық жазықтықта сынады да, бас оптикалық өске параллель тарап,  $A_1$  нүктесінде алдыңғы екі сәулемен қиылысады.

Міне, осы үш сәуленің екеуімен ғана нәрсенің бойындағы кез келген нүктенің линзадағы кескіні салынады. Дәл осындай әдіспен B нүктенің линзадағы  $B_1$  кескінін де, онымен қоса тұтас нәрсенің  $A_1B_1$

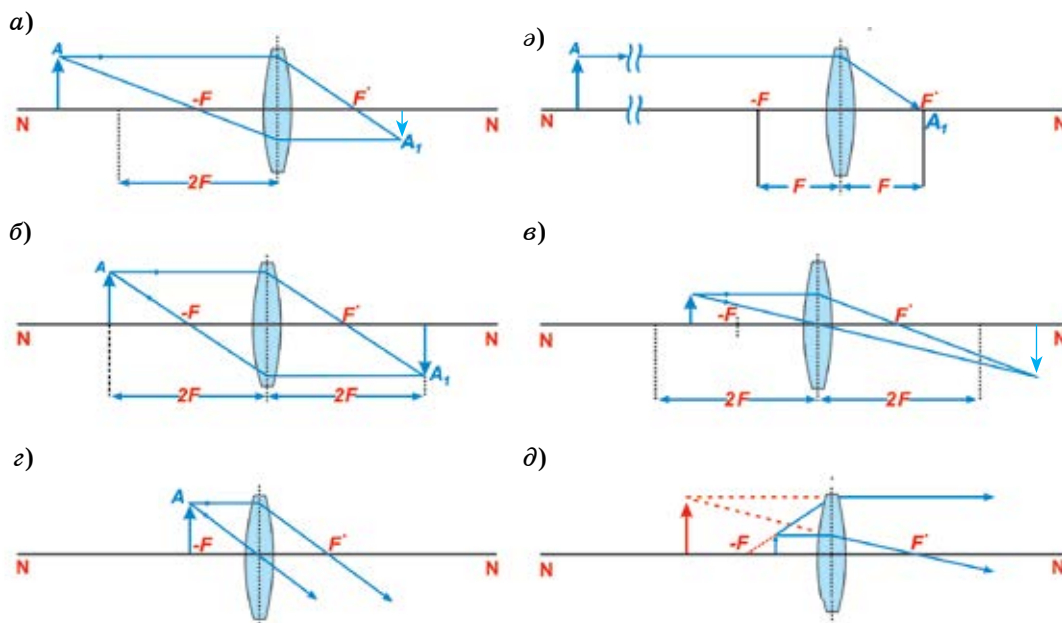
кескінін де саламыз. Сонымен, нәрсе жинағыш линзадан едәуір алыста орналасса, оның линзадағы кескіні *төңкерілген, кішірейтілген және шын* кескін болып табылады.

5. Төменде екі сәулені ғана пайдаланып, әртүрлі қашықтықтағы нәрселердің жинағыш линзадағы кескіндерін қалай салуға болатынын көрсетеміз.

Егер нәрсе линзадан едәуір алыс ( $d > 2F$ ) орналасса (сурет 7.25, а), онда екі ғана сәулені пайдаланып, жоғарыда көрсеткеніміздей (сурет 7.24), *төңкерілген, кішірейген және шын* кескін аламыз. (Сынған сәулелердің жолына қойылған жылжымалы экраннан бұл кескінді көре аламыз).

Егер нәрсе линзадан шексіз алыста орналасқан болса (сурет 7.25, ә), онда нәрсенің бойындағы кез келген нүктелерден тарайтын сәулелердің барлығы да бас өске іс жүзінде параллель болады да, линзаның бас жазықтығынан сынып, оның бас фокусында жинақталып тоғысады. Сөйтіп, линзадан шексіз алыста орналасқан нәрсенің кескіні *шын, төңкерілген және нүктеге дейін кішірейген* кескін түрінде көрінеді. (Экранның орта тұсында өте кішкентай төңкерілген кескін пайда болады).

Егер нәрсе линзадан екі фокус қашықтығында ( $d = 2F$ ) орналасса (сурет 7.25, б), онда *төңкерілген, шын және өлшемі нәрсемен бірдей* кескін аламыз.



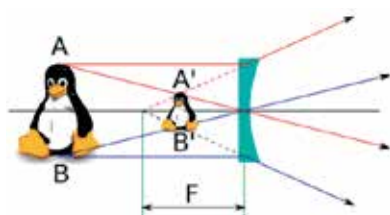
Сурет 7. 25. Нәрсенің жинағыш линзадағы кескіндері

Егер нәрсе линзаның алдыңғы фокусына жетпей  $F < d < 2F$  арасына орналасса (сурет 7.25, в), онда *төңкерілген, үлкейтілген және шын* кескін аламыз.

Егер нәрсе линзаның алдыңғы фокусын басып өтетін вертикаль жазықтықта орналасса (сурет 7.25, г), онда барлық сынған сәулелер линзадан параллель өтіп, кескін шексіздікке кетіп жоғалады. (Экранда кескінсіз ақ жарық қана көрінеді).

Егер нәрсе линза мен оның бас фокусы арасына орналасса (сурет 7.25, д), онда нәрсенің ұшынан шыққан екі сәуле линзадан шашырай сынып, бір-бірімен қиылыспайды. Олар тараған бағыттарында емес, қарама-қарсы бағытта ғана жорамал нүктеде қиылысады (үзілісті сызықтар). Бұл жағдайда линзада нәрсенің *жалған, үлкейтілген және тура* кескіні пайда болады. Нәрсенің нақ осындай кескінін лупадан қарағанда көреміз.

Сонымен, дөңес линзадағы дене кескінінің пішіні оның линзадан орналасу қашықтығына байланысты өзгеріп отырады.



Сурет 7.26. Ойыс айнадағы кескін

6. Енді нәрсенің ойыс (шашыратқыш) линзадағы кескінін қарастырайық (сурет 7.26). АВ денесі берілсін. Дененің кез келген нүктесінің (мысалы, А нүктесінің) ойыс айнадағы кескінін салу үшін жоғарыда сипатталған үш сәуленің ішінен екі сәулені таңдап аламыз. Олардың бірі А нүктесінен бас оптикалық өске параллель қозғалып, ойыс линзадан шашырай сынады. А нүктесінен

шыққан екінші сәуле линзаның центрі арқылы сынбай өтеді. Бір-бірінен алшақтай түскен бұл екі сәуле линзаның сыртында қиылыспайды. Бірінші сынған сәуленің жорамал фокусқа бағытталған жалғасы (үзілісті сызық) екінші сәулемен линзаның алдыңғы жағында А' нүктесінде қиылысады. Міне, осы нүкте А нүктесінің жорамал кескінін береді. Осылайша, В нүктесінің де В' жорамал кескінін табамыз. Сөйтіп, нәрсенің ойыс линзадағы кескіні *жалған, кішірейтілген және тура* кескін болып табылады.

Ойыс линзадағы кескін дене линзадан қандай қашықтықта орналасса да *жалған, кішірейтілген және тура* күйінде қала береді (сурет. 7.26).

7. Дененің өз өлшемі мен оның линзадағы кескінінің өлшемі бірдей бола бермейтінін көрдік. Дене мен кескіннің өлшемдерінің айырмашылығын *үлкейту* деп аталатын шама сипаттайды. Үлкейту Г әрпімен белгіленеді.

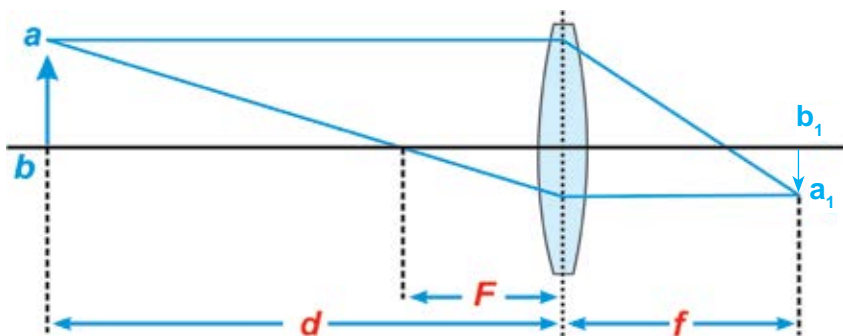
**Сызықтық үлкейту** деп кескіннің өлшемінің ( $h$  биіктігінің) нәрсенің өлшеміне ( $H$  биіктігіне) қатынасын айтады:

$$\Gamma = h/H.$$

Бұл формуланың дұрыстығына сурет 7.24-тегі  $ONA$  және  $ONA'$  тік бұрышты үшбұрыштардың ұқсастығын пайдаланып, көз жеткізулеріңе болады.

8. Жоғарыда көрсетілген кескіндердің орналасу қалпы үш түрлі шамаға тәуелді өзгередінін көрсетеді. Оларға мыналар жатады (сурет 7.27):

- 1) линзаның сипаттамасы болып табылатын фокус қашықтығы ( $F$ );
- 2) дененің линзадан қашықтығы  $d$ ;
- 3) кескіннің линзадан қашықтығы ( $f$ ).



Сурет 7.27. Дөңес айнадағы кескін

**Осы үш шаманың өзара байланысын сипаттайтын өрнек жұқа линзаның формуласы деп аталады:**

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$$

мұндағы  $\frac{1}{F} = D$  – линзаның **оптикалық күші** (линзаның екінші сипаттамасы).

Көрсетілген шамалардың таңбалары былайша таңдалады: жинағыш линзаларда нақты нәрселердің нақты кескіндері үшін барлық шамалар оң (+) таңбамен алынады. Егер кескін жалған болса, оған дейінгі қашықтық теріс (–) таңбаланады; егер линза шашыратқыш болса, оның фокус қашықтығы және оптикалық күші теріс (–) таңбаланады.

Жоғарыдағы формуланы **қалың линза** үшін де қолданады. Мұндай жағдайда қашықтықтар линзаның бегіне дейін емес, оның **бас жазықтығына** дейін өлшенеді.





## Сұрақтар

1. Линзалар деп нені айтады, қандай түрлері бар?
2. Линзаларды қолдануға байланысты қандай ұғымдар мен терминдер қолданылады?
3. Линзалардың фокус қашықтығы және оптикалық күші деген ұғымдар нені білдіреді және немен өлшенеді?
4. Линзалардың көмегімен кескіндер алу үшін сәулелер қалай таңдалады?
5. Дененің дөңес, ойыс линзалардағы кескіндері қалай салынады?
6. Сызықтық үлкейту деп қандай шаманы айтады?
7. Жұқа линзаның формуласы қалай өрнектеледі?



## Жаттығулар 7.4

1. Линзаның оптикалық күші 8 дптр. Бұл қандай линза – шашыратқыш па, жинағыш па? Оның фокус қашықтығы неге тең?
2. Линзаның оптикалық күші 5 дптр. Бұл қандай линза – шашыратқыш па, жинағыш па? Оның фокус қашықтығы неге тең?
3. Егер шыны линзаны суға батырса, оның оптикалық күші қалай өзгереді? Шынының сыну көрсеткіші 2,03; судікі – 1,33.
4. Слайдты экранда он есе үлкейтіп көрсету үшін фокус қашықтығы 20 см линзаны пайдаланады. Слайдты линзадан қандай қашықтықта орналас-тыру керек?

## №11 зертханалық жұмыс

### Жұқа линзаның фокус қашықтығын анықтау

**Жұмыстың мақсаты:** жұқа линзаның формуласын пайдаланып, линзаның фокус қашықтығын анықтау.

**Аспаптар мен жабдықтар:** жинағыш линза, сызғыш, экран, жарық көзі.

**Жұмыс барысы.**

1. Бір түзудің бойына жарық көзі мен линзаны және экранды орна-ластырыңдар.
2. Жарық көзі мен линзаны жылжыта отырып, экранда жарық көзінің айқын кескінін алыңдар. Бұл шам қылы кескінінің линзаның фокусына түскенін білдіреді. Тәжірибені үш рет қайталап, экранда шам қылының үлкейтілген, кішірейтілген және өзіне тең үш түрлі кескінін алыңдар.
3. Барлық тәжірибелерде де жарық көзінен линзаға дейінгі  $d_1$  және линза-дан экранға дейінгі  $f$  қашықтықты миллиметрлік дәлдікпен өлшендер.
4. Линзаның  $1/d + 1/f = 1/F$  формуласын пайдаланып, оның фокус қашықтығын метр бойынша есептеңдер.
5. Линзаның  $D$  оптикалық күшін және  $\Gamma$  сызықтық үлкейтуін есептеңдер.
6. Өлшеулер мен есептеу нәтижелерін төмендегі кестеге түсіріңдер.

Кескіндер	$d, \text{ см}$	$f, \text{ см}$	$F, \text{ м}$	$D, \text{ дптр}$	$\Gamma \text{ (есе)}$
Үлкейген					
Кішірейген					
Тең					

### 7. Қорытынды жасаңдар.

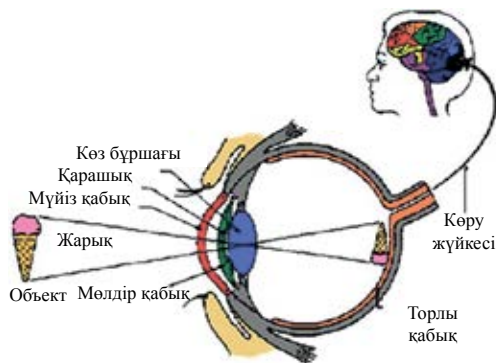
§40.

## КӨЗ – ОПТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕ. КӨЗДІҢ КӨРУ КЕМШІЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТҮЗЕТУ ӘДІСТЕРІ

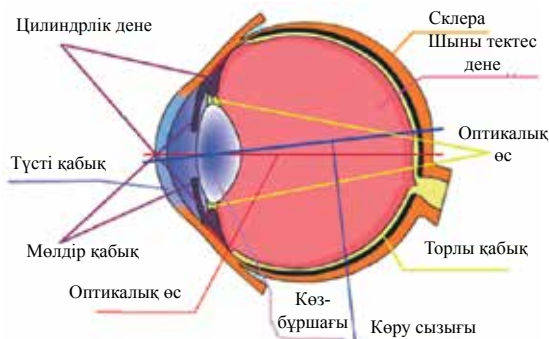
1. Қоршаған орта туралы адамдар мен жануарлардың миына жетіп өңделетін сансыз мол ақпараттардың кем дегенде 80%-ын жарық сәулелері тасиды. Ал жарық сәулелерін көріп, олардан тарайтын ақпараттарды миға жеткізетін бірден-бір құрал – *көз* (сурет 7.28). Көз – табиғи оптикалық жүйе болып табылады. Сондықтан да халықтар арасында әлмисақтан «мың естігеннен, бір көрген артық» деген сөз тараған.

Көз көру ағзасының *жүйке* жүйесімен және бастағы *мимен* тығыз байланысқан. Адамның көз алмасы – сәл қабысыңқы шарға ұқсаған дене; оның диаметрі 23–25 мм шамасында.

Көз алмасы сырт жағынан **үш негізгі қабықпен** қоршалған. Көз алмасының ең сыртқы **бірінші** негізгі қабығын **склера** (көздің ағы) құрайды (сурет 7.29, сарғылт түс). Ол көздің ішкі құрылымын қорғап, әр мүшесінің қасаңдығын қамтамасыз етеді. Склераның алдыңғы жағы сәулелерді өткізетін жылтыр, жұқа, мөлдір затпен көмкерілген; оны **мөлдір қабық** деп атайды. Сыртқы бірінші қабықтың басқа бөліктері мөлдір емес ақшылтым болып келеді; сондықтан **склераны белокті қабат** деп те атайды.



Сурет 7.28. Көз – оптикалық жүйе



Сурет 7.29. Көз алмасы

2. Склераның ішкі бет жағы көз ағзасын қоректендіретін тарамдалған капилляр қан тамырларының күрделі жүйесімен қапталған. Көз алмасының бұл **екінші** негізгі қабығы **тамырлы қабық** деп аталады (сурет 7.29 – қоңыр түс). Оның **мөлдір қабықпен** жанасатын алдыңғы жағы адамдардың көздерінің түстерін (қоңыр, көк, жасыл т.с.с.) көрсететін **түсті қабықшамен** ұштасады. **Түсті қабықшаның** жиегі «цилиарлық дене» деп аталатын бұлшық етпен көмкерілген (сурет 7.29). Түсті қабықшаның ортасында жарық өтетін саңылау – **қарашық** бар. Бұлшық ет (цилиарлық дене) сақинаны созып немесе жиырып, қарашықтан өтетін жарық ағынын реттеп отырады да, **диафрагма** қызметін атқарады.

Түсті қабықшаның артында дөңес линзаның қызметін атқаратын **көзбұршағы** орналасқан. **Мөлдір қабық** пен **көзбұршағының** арасы **сұйқылтым ылғалды ортаны** құрайды; оған жас ағызатын каналдар жалғанған. Көзбұршағының артындағы көз алмасының ішкі сферасы толығымен **шыны тектес денеден** тұрады.

**Мөлдір қабық – сұйқылтым орта – көзбұршағы – шыны тектес дене** көздің табиғи оптикалық жүйесі болып табылады. Көз жүйенің оптикалық центрі **көзбұршағынан** 5 мм-ге жуық арақашықтықта орналасқан. Жүйенің оптикалық центрі мен қарашық арқылы **бас оптикалық** өс өтеді.

Көз жүйесі оптикалық күші  $D = 58,5$  дптр (фокус қашықтығы  $F = 17,2$  мм) болатын линзаға ұқсас жұмыс жасайды.

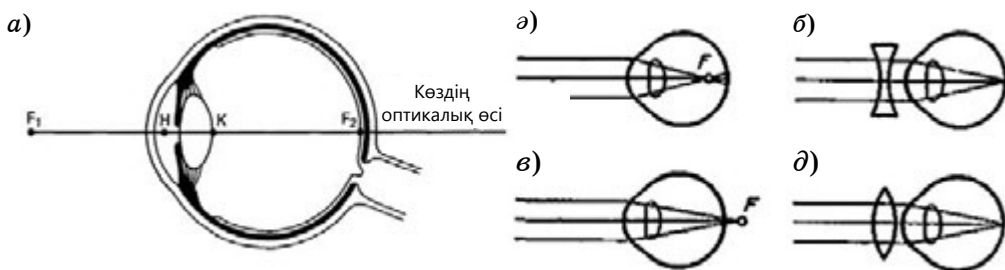
3. **Тамырлы қабықтың** ішкі жағы **торлы қабық** деп аталатын көздің **үшінші** негізгі қабығымен көмкерілген (сурет 7.29 – сары түсті жартылай сфера). Ол көз алмасының ішкі сфера бетінің алдыңғы бөлігінен басқа беттерін жауып тұрады. **Торлы қабық** бастағы мимен жалғасатын сансыз мол көру жүйкесі талшықтарының тарамдалып байланған **таяқшалары** мен **түйіншектерінен** тұрады да, көз оптикасының **шыны тектес денесімен** қабысады. Көздегі жүйке талшықтарының таяқшаларының саны шамамен 125 млн, ал ашық түйіншектердің саны 6,5 млн. Түйіншектер негізінен түстерді ажыратады.

Торлы қабық бетінде таяқшалар мен түйіншектердің орналасулары біркелкі емес. Мысалы, оның бетінде жүйке таяқшалары да, түйіншектері де жоқ **соқыр дақ** деп аталатын орын бар. Оптикалық өс бойында торлы қабықтың центрінде нәрселерді анық әрі өткір көрсететін **орталық шұқыршақ** орналасқан. Шұқыршақта жарық сәулелерінің түстерін ажырата алатын түйіншектер көбірек топтастырылған; ал басқа бөліктерінде негізінен таяқшалар жайғасқан.

Сөйтіп, **торлы қабық** көздің оптикалық жүйесіне жарық сәулелері арқылы түсетін ақпараттарды түр мен түстерге бөле қабылдап, миға

жеткізу қызметін атқарады. Торлы қабықтың түпкі бетінде пайда болатын төңкерілген кескінді (сурет 7.28) ми түзетіп, бізге табиғи қалпында жеткізеді.

4. Орталық шұқыршақта, яғни көздің оптикалық өсімен торлы қабықтың қиылыс нүктесінде қалыпты көретін көз оптикасының  $F = F_2$  фокусы орналасады (сурет 7.30, а). Өртүрлі қашықтықтағы нәрсенің кескінін  $F_2$  фокус жатқан жазықтыққа дәл түсіру үшін көзбұршағы өзінің оптикалық күшін **цилиарлық** бұлшық ет жәрдемімен үнемі өзгертіп отырады.



Сурет 7.30. Кемсін көзде (а және в сурет) кескін торламадағы фокусқа дәл түспейді

**Көзбұршағының оптикалық күшін өзгерту қасиеті аккомодация деп аталады.**

Аккомодация арқасында ғана көз алыстағы нәрсені де, жақындағы нәрсені де жақсы көре алады. *Цилиарлық бұлшық ет босаңсығанда көздің көретін нүктесі алыстағы нүкте деп, ал ең күшті жиырылғанда көретін нүкте жақындағы нүкте деп аталады.* Қалыпты көз үшін алыстағы нүкте көзден шексіз алыста, ал жақындағы нүкте 15–20 см шамасында орналасады.

**Қалыпты көз деп жиырылған күйінде торламада жатқан нүктеге параллель сәулелерді жинай алатын көзді айтады.**

5. Көрудің нашарлауы көздің параллель сәулелерді торлы қабықтағы  $F_2$  нүктеге дәл түсіріп жинай алмауы салдарынан орын алады. Оның басты себебі – көзбұршағының аккомодация қасиетін жоғалта бастауы болып табылады. Мұндай жағдайда көз сәулелерді тор қабаққа жеткізбей шыны төрізді дене ішінде жинайды (сурет 7.30, а); немесе одан асырып жинайды (сурет 7.30, в).

Егер көз нәрсенің кескінін торлы қабыққа жеткізбей жинаса (сурет 7.30, ө), онда алыстағы нәрсе бұлдыр көрінеді де, *жақыннан көргіштік* орын алады. Ал егер көз нәрсенің кескінін торлы қабықтан

асырып, оның сыртында жинаса (сурет 7.30, в), онда жақындағы нәрсе көмескі көрінеді де, *алыстан көргіштік* орын алады.

Бақытымызға қарай, көздің мұндай ақаулары мен кемістіктерін *шашыратқыш* немесе *жинағыш* линзалар арқылы жоюға болады. Жақыннан ғана көргіштік кемшілігінен арылып, қалыпты көруді қамтамасыз ету үшін *шашыратқыш* линзалар қолданылады (сурет 7.30, б). Ал алыстағыны ғана көре алатын шектеуден құтылу үшін жинағыш линзалар пайдаланылады (сурет 7.30, д).

Линзалардың көздің мөлдір қабығына тікелей жанастырып қоятын түрлері де, көзілдірік арқылы пайдаланатын түрлері де бар (сурет 7.31). Сонымен қатар ота жасау әдістерімен де көздің көру кемшіліктерін түзетеді.



Сурет 7.31. Жанаспалы линзалар мен көзілдіріктерді пайдалану



### Ғылым мен техниканың даму тарихынан

Ғылым тарихына **«оптиканың атасы»** деген атаумен енген әрі математик, әрі механик, әрі физик, әрі астроном, әрі шипагер арабтың әмбебап ғұламасы Ибн аль-Хайсам өзінің үлкен еңбегі «Оптикалық трактатында» көздің оптикалық жүйесін ашып, жұмыс істеу принципін ғылыми тұрғыда түсіндірген алғашқы ғалым болатын. Оның атағы ортағасырлық Еуропаға «Альхазен» деген латынша атпен тарады. Ол практика мен теорияны ұштастыра білген хас шебер еді. Ұқыпты жүргізген эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері математикалық-теориялық дәлелділігімен қисын тауып, замандастарын да, кейінгі ұрпақты да өз шығармаларына тәнті етті. Неміс ғалымы Генрих Вюстенфельд (1808–1899) араб тіліндегі көптеген еңбектерді, солардың ішінде Альхазеннің де еңбектерін басып шығарды.



Альхазен  
(965–1039)



## Сұрақтар

1. Ақпарат жинауда көз қандай рөл атқарады және ол неше қабықтан тұрады? *Склера* деп қандай қабықты, *мөлдір қабық* деп қандай қабықшаны атайды және олар қандай қызмет атқарады? Көз моделі бойынша түсіндіріңдер.
2. Көз алмасының екінші негізгі қабығын не құрайды, ол қалай орналасқан, қандай қызмет атқарады? Көздің оптикалық жүйесі қандай элементтерден тұрады, оның оптикалық центрі мен оптикалық өсі қайда және қалай орналасқан? Көз моделі бойынша түсіндіріңдер.
3. Көз алмасының үшінші негізгі қабығын не деп атайды, ол қайда орналасқан, қандай бөліктерден тұрады және нендей қызметтер атқарады? Көз моделі бойынша түсіндіріңдер.
4. Аккомодация дегеніміз не және қалыпты сау көз деп қандай көзді айтады?
5. Көздің көру кемшіліктері не себепті туындайды және олар қандай түрлерге бөлінеді? Көздің көру кемшіліктерінен қалай арылуға болады?



## §41.

## ОПТИКАЛЫҚ АСПАПТАР

1. «Оптикалық аспаптар» термині «оптикалық жүйелер» деп аталатын ауқымды ұғымның аясындағы құралдар мен құрылғылардың тек біразын ғана сипаттайды. Кең мағыналы *оптикалық жүйе* ұғымы биологиялық органдарды да (мысалы, көз жүйесін), ақ жарықты ғана емес, көзге көрінбейтін басқа да электромагниттік толқындарды (мысалы, радиотолқындарды), тіпті зарядталған бөлшектер ағындарын да түрлендіре алатын күрделі қондырғыларды қамтиды. Сонымен, *оптикалық аспаптар деп жарықтың шағылу, сыну т.б. заңдары негізінде жарық сәулелерін түрлендіріп, нәрселердің кескіндерін үлкейтіп немесе кішірейтіп көрсететін құрылғыларды айтады.*

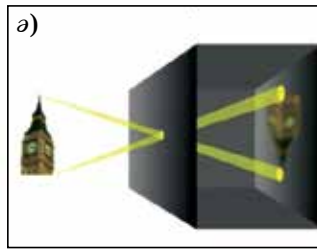
Оптикалық аспаптар қатарын *лупадан* бастап одан да күрделі *фотоаппарат, кинокамера, бейнекамера, микроскоп, телескоп, перископ, проектор, кинопроектор, диапроектор, эпидиаскоп* тағы басқалар құрайды. Олардың негізгі бөліктері әртүрлі линзалар мен айналар жүйесінен тұрады. Оптикалық аспаптардың ең қарапайым үлгілері *лупа* мен *камера-обскура* болып табылады.

2. **Лупа** – нәрсені үлкейтіп көрсетуге арналған қос дөңес линза (сурет 7.32). Әдетте лупалардың фокус қашықтығы 1–10 см аралығында жатады. Фокус қашықтығы 10 см лупаның үлкейтуі 3,5 еседей болады.





Сурет 7.32. Лупа



Сурет 7.33. Камера-обскура

**3. Камера-обскура** (лат. «camera obscura» – «қараңғы бөлме») – нәрсенің оптикалық кескінін алуға мүмкіндік беретін қарапайым құрал. Ол бір қабырғасы тесік, ал оған қарсы қабырғасында экран орнатылған жарық өткізбейтін жәшік болып табылады (сурет 7.33, а). Жарық шоғы диаметрі 0,5–5 мм болатын тесіктен өтіп, экранда нәрсенің төңкерілген кескінін береді (сурет 7.33, ә). Экранның орнына жарықсезгіш фотоқағаз қойып, нәрселердің суреттерін алуға болады. Камера-обскурада алынған кескін онша анық та, қанық та болмайды. Десек те, тесіктің диаметрін белгілі бір шекке дейін кішірейтіп, айқынырақ кескін алуға болады.

**4. Фотоаппарат, кинокамера, бейнекамера** – қозғалмайтын немесе қозғалыстағы бейнелерді фотоматериалдарға, магниттік таспаларға түсіретін немесе «цифрды есте сақтау» үшін жазып алатын оптикалық аспаптар (сурет 7.34). Олардың барлығы да *объективтен* және жарық өтпейтін *камерадан* тұрады.

Объектив – кескіні түсірілетін нәрсеге тура қаратылатын бірнеше линзалардың (кейде айналардың) біртұтас кішігірім жүйесі, әрі оптикалық аспаптың маңызды бір бөлігі. Оның біртұтас тубусқа біріктірілген линзалары (айналары) бірінің кемшілігін бірі толықтырумен қатар, жорамал бейнелерді тура бейнелерге айналдыра да алады. Қарапайым тілмен айтқанда объектив лупаның немесе «Камера-обскураның» қызметіне ұқсас жұмыс жасайды.



а)



ә)



б)

Сурет 7.34: а) фотоаппарат, ә) кинокамера, б) бейнекамера



**Фотоаппараттың** алғашқы қарапайым түрлері камера-обскураға ұқсас жұмыс жасады, алайда тесіктің орнына жинағыш линзаны пайдаланды. Кейінірек жинағыш линзаның орнына көп линзалы объективтерді қолданды. Қазіргі шығарылатын ыңғайлы да ықшам фотоаппараттар (сурет 7.34, а) цифрлы фотоға дейінгі аппараттардың барлық жақсы жақтары микроэлектрониканың заманауи жетістіктерімен ұштастырады.

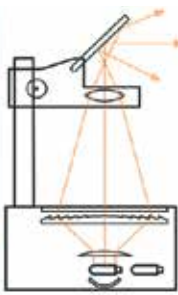
**Кинокамера** – арнайы жарықсезгіш таспаларға қозғалыстағы бейнелерді жазуға арналған құрылғы (сурет 7.34, ә). Ол әр секунд сайын 24 кадр түсіріп, қозғалыстағы дененің әртүрлі күйін тіркеп отырады. Кинокамералар негізінен кинофильмдер түсіру үшін қолданылады.

**Бейнекамералардың** қазіргі жетілдірілген түрлері (сурет 7.34, б) объективке қоса бейне және дыбыс сигналдарын жасақтайтын тетіктері (микрофон мен күшейткіші) бар құрылғы болып табылады.

**5. Проекторлар** – шынайы шағын жазық кескіндерді экранда үлкейтіп көрсетуге арналған оптикалық аспаптар. Олар бірнеше түрге бөлінеді. Төменде олардың кейбір түрлерінің қысқаша сипаттамалары беріледі.

**Диаскоптық аппараттар** жарық өткізетін материалдарға салынған кескіндерді үлкен экранда проекциялайды. Мұндай аппараттарға *кинопроектор, диапроектор, фильмоскоп, кодоскоп, фотоүлкейткіш* және басқа құрылғылар жатады. Материалдардан өтетін жарық сәулелері арқылы кескіндерді үлкейтіп көрсету әдісі **диаскоптық әдіс** деп аталады. Мысалы, мектептерде кең қолданылатын аспаптардың бір түрі – **кодоскоп** диаскоптық әдіспен мөлдір материалдарға салынған кескіндерді өтетін сәулелер арқылы үлкен экранға түсіреді (сурет 7.35).

**Кинопроектор** – мөлдір кинотаспаларға жазылған дыбыс пен қозғалыстағы кескіндерді диаскоптық әдіспен үлкен экранға түсіріп көрсететін құрылғы (сурет 7.36).



Сурет 7.35. Кодоскоп

Сурет 7.36. Кинопроектор

Сурет 7.37. Эпидиаскоп

**Эпидиаскоптық аппараттар** – өтетін сәулелерді пайдаланып, мөлдір заттарға салынған кескіндерді де, шағылған сәулелерді пайдаланып мөлдір емес заттарға салынған кескіндерді де үлкен экранға проекциялайтын әмбебап құрылғы (сурет 7.37).

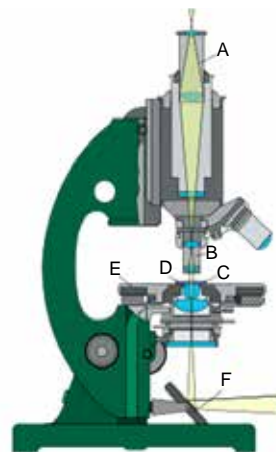
Материалдардан шағылатын жарық сәулелері арқылы кескіндерді үлкейтіп көрсету әдісі **эпископтық әдіс** деп аталады. Тек **эпископтық әдісті** ғана пайдаланып жұмыс жасайтын құрылғыларға **эпископтар** мен **мегаскоптар** жатады.

**Лазер** сәулелерін пайдаланатын проекторлар да шығарыла бастады. **Лазерлік проекторлар** нәрселердің көлемдік кескіндерін де көрсетіп бере алады (сурет 7.38).



Сурет 7.38. Лазерлік проектор

**6. Оптикалық микроскоп** (сурет 7.39) – өте кіші көзге көрінбейтін нысандарды (мысалы, бактериялар мен жасушаларды) жақын қашықтықтан үлкейтіп көрсететін аспап. Микроскоптың оптикалық жүйесі **объективтен** (В) және **окулярдан** (А) тұрады. Олар металл тұғырдың жоғарғы жағындағы қозғалмалы тубусқа бекітілген. Металл тұғырдың төменгі жағында зерттеу **нысанын** (С) орналастыратын кішкентай **үстел** (Е) бекітілген. Объективтегі бірінші линза нысанның төңкерілген тура кескінін жасайды. Окулярдағы екінші линза лупа сияқты кескіннің көру бұрышын одан сайын үлкейте түседі. Микроскоптың үлкейтуі объект пен окулярдың үлкейтулерінің көбейтіндісіне тең. Заманауи микроскоптардың барлығы дерлік жарықтағыш жүйе **конденсатормен** (D) және оны басқаратын тетікпен, жарық сәулелерін шағылдыратын **айнамен** (F), тубусты қозғалтып көру айқындығын жақсартатын **макро- және микробұрандалармен** қамтамасыз етілген. Қолданыс аяларына қарай микроскоптар қазіргі цифрлы технология жетістіктерін де қолдана алатын сан алуан құрылымдық түрде шығарылады.



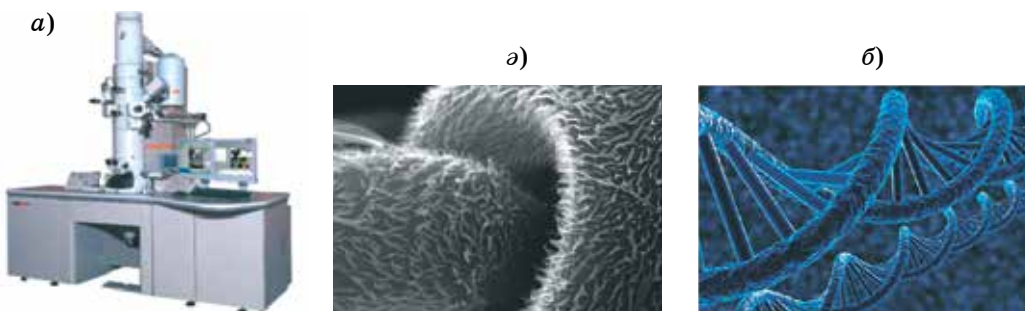
Сурет 7.39. Микроскоп

**7. Жарық шоқтарымен жұмыс жасайтын оптикалық микроскоптардың** үлкейтулері бірнеше жүздеген еседен 1000–1500 есеге дейін жетеді. Ал электрон шоқтарымен жұмыс жа-

сайтын **электрондық микроскоптар** (сурет 7.40, а) зерттеу нысанын миллиондаған есе үлкейте алады. Электрондық микроскоптарда оптикалық линзалардың рөлін электрмагниттік линзалар атқарады да, зарядталған электрон шоқтарын басқара алады (параллель өткізеді, фокус жазықтығына жинақтайды).

Шексіз де шетсіз микроәлемді көз алдымызға әкеп көрсететін микроскоптардың рөлі орасан зор. Оны түсіну үшін олардың жәрдемімен алынған көріністерге зер салайық (сурет 7.40, ә-б).

Электрондық микроскоп маса терісін 1504 есе үлкейтіп, оның қылшық аралас ұлпадан тұратынын анықтауға мүмкіндік берді (сурет 7.40, ә). Зерттеулер қылшықтардың «антенна» қызметін атқаратынын дәлелдеді. Осындай антенналарының арқасында масалар айналасындағы барлық өзгерістерді «көріп» сезіне алады.



Сурет 7.40: а) электрондық микроскоп; ә) маса терісінің ұлпасы; б) ДНК молекуласы

2012 жылы Италияның технологиялық институты миллиондаған есе үлкейте алатын электрондық микроскоптың жәрдемімен ағзалардың болашақ даму барысын анықтайтын ДНК молекуласының құрылымдық фотосуретін алды (сурет 7.40, б). ДНК тіршілік иелерінің ұрпақтан-ұрпаққа берілетін генетикалық даму бағдарламасы жазылған **макромолекула** болып табылады.



### Сұрақтар

1. Оптикалық аспаптар деп қандай құрылғыларды айтады және олар қалай аталады?
2. Лупа және камера-обскура деп қандай аспаптарды айтады? Оларда кескін қалай алынады? Суреттерін салып түсіндіріңдер.
3. Фотоаппарат, кинокамера, бейнекамералардың бәріне ортақ қандай бөліктері бар және бір-бірінен қалай ерекшеленеді?
4. Проекторлар деп қандай құрылғыларды айтады? Диaproекторларға қандай құрылғылар жатады және олардың ерекшеліктері неде?





5. Эпидианпроекторларға қандай құрылғылар жатады және олардың ерекшеліктері неде? Нәрселердің көлемдік кескіндерін қандай проектормен алуға болады?



6. Микроскоп деп қандай құрылғыны айтады және қандай құрылымдық бөліктерден тұрады? Микроскоптың моделі немесе сызбасы бойынша түсіндіріңдер.



7. Микроскоптардың қандай түрлері бар және олардың ғылыми-зерттеу жұмыстарындағы атқаратын рөлдері қалай сипатталады? Нақты мысалдар келтіріңдер.

### Жетінші тараудағы ең маңызды түйіндер

1. Жарықтың түзусызықты таралу заңы. *Мөлдір біртекті ортада жарық түзу сызық бойымен тарайды.*

2. Жарық сәулесі деп жарық көзінен энергия тарайтын бағытты көрсететін түзу сызықты айтады.

3. Жарық шоғы деп кеңістіктің шектелген аймағында тарайтын жарық сәулелерінің жиынын айтады.

4. Жарықтың шағылу заңы:

а) түскен сәуле шағылған сәуле және екі ортаны бөлетін шекараға түскен сәуле нүктесі арқылы тұрғызылған перпендикуляр жазықтың үстінде жатады;

ә) жарық қандай бұрышпен түссе, сондай бұрышпен шағылады:

$$\angle \alpha = \angle \beta.$$

5. Жарықтың сыну заңы. *Берілген екі орта үшін түсу бұрышы синусының сыну бұрышы синусына қатынасы тұрақты шама болып табылады:*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n \text{ (егер } n_1 < n_2); \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{1}{n} \text{ (егер } n_1 > n_2).$$

6. Толық шағылудың  $\alpha_{\text{шек}}$  шекті бұрышы:  $\sin \alpha_{\text{шек}} = \frac{1}{n}.$

7. Линзаның оптикалық күші:  $D = \frac{1}{F}.$

8. Жұқа линзаның формуласы:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$

## ҚОСЫМШАЛАР

## Заттардың меншікті жылуsыйымдылығы

Кесте № 1

Заттар	с, кДж/(кг · °С)	Заттар	с, кДж/(кг · °С)
<b>Газдар</b> (Атм. қысымда)		<b>Қатты</b> <b>заттар</b>	
Азот (20°С)	1,051	Алюминий (0–200°С)	0,92
Ауа (20°С)	1,009	Вольфрам (0–1000°С)	0,13
Гелий (20°С)	5,296	Темір (0–400°С)	0,46
Сутек (20°С)	14,369	Алтын (0–500°С)	0,13
Су буы (100°С)	2,14	Мыс (0–300°С)	0,38
Оттек (20°С)	0,913	Никель (0–500°С)	0,46
Неон (20°С)	1,038	Платина (0–500°С)	0,14
<b>Сұйықтар</b>		Қорғасын (0–300°С)	0,13
Азот (–196°С)	2,00	Күміс (0–500°С)	0,24
Ауа (–192°С)	2,05	Болат, шойын (0–200°С)	0,46–0,52
Гелий (–269°С)	4,27	Цинк (0–300°С)	0,40
Сутек (–258°С)	7,41	Алмаз (20°С)	0,5
Су (10–100°С)	4,18	Бетон	0,88
Теңіз суы (20°С)	3,94	Гранит	0,8
Оттек (20°С)	1,67	Графит (20°С)	0,7
Бензин	1,4–2,1	Ағаш	2,4
Керосин (20–100°С)	2,1	Кірпіш	0,84
Сынап (0–300°С)	0,14	Мұз (–40–0°С)	2,1
Спирт (0–100°С)	2,4	Тығын	2,05
Эфир (20–100°С)	2,0–2,3	Шыны (0–300°С)	0,7–0,8
		Эбонит (20–100°С)	1,38

### Отынның меншікті жану жылуы

**Кесте № 2**

Заттар	$q, \text{МДж/кг}$	Заттар	$q, \text{МДж/кг}$
Ацетилен	50	Мұнай	44
Бензин	46	Табиғи газ	44
Дизель отыны	43	Антрацит (кокс)	30
Сутек	120	Таскөмір	27
Керосин	46	Ағаш	10
Спирт	27	Ағаш көмірі	34

### Балқу температурасы және меншікті балқу жылуы

**Кесте № 3**

Заттар	$t_{\text{балқу}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \text{кДж/кг}$	Заттар	$t_{\text{балқу}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \text{кДж/кг}$
Азот	-210	25,9	Нафталин	80,3	151
Алюминий	660,4	393	Никель	145,5	305,6
Су (мұз)	0	332,4	Қалайы	231,9	59
Сутек	-259,14	58,6	Платина	1772	113
Вольфрам	3387	185	Сынап	-38,862	11,7
Гелий (2,5 МПа)	-272,2	5,72	Қорғасын	327,5	24,3
Темір	1535	270	Күміс	961,93	87,3
Алтын	1064,43	67	Спирт (этилді)	-98,0	105
Оттек	-218,4	13,8	Болат, шойын	1100-1500	85-140
Мыс	1084,5	213	Цинк	419,58	112,2
Шыны	460-800	-			

### Қайнау температурасы және меншікті булану жылуы

**Кесте № 4**

Заттар	$t_{\text{қайнау}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \text{кДж/кг}$	Заттар	$t_{\text{қайнау}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \text{кДж/кг}$
Азот	-195,80	199,3	Оттек	-182,262	213
Ацетон	56,5	521	Нафталин	217,9	314
Бензин	40-180	290	Сынап	356,66	293,1
Бензол	80,1	394	Скипидар	161	287
Гелий	-268,93	19,5	Спирт (эт.)	78,3	906
Су	100	2257	Фреон-12	-29,8	167
Сутек	-252,87	457			

### Заттардың меншікті электр кедергісі

Кесте № 5

Заттар	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	Заттар	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$
Алюминий	$2,70 \cdot 10^{-8}$	Қалайы	$1,13 \cdot 10^{-7}$
Вольфрам	$5,30 \cdot 10^{-8}$	Осмий	$9,50 \cdot 10^{-8}$
Темір	$9,90 \cdot 10^{-8}$	Платина	$1,05 \cdot 10^{-7}$
Алтын	$2,20 \cdot 10^{-8}$	Сынап	$9,54 \cdot 10^{-7}$
Константан	$4,70 \cdot 10^{-7}$	Қорғасын	$2,07 \cdot 10^{-7}$
Жез	$6,30 \cdot 10^{-8}$	Күміс	$1,58 \cdot 10^{-8}$
Манганин	$3,90 \cdot 10^{-7}$	Фехраль	$1,10 \cdot 10^{-6}$
Мыс	$1,68 \cdot 10^{-8}$	Мырыш	$5,95 \cdot 10^{-8}$
Никелин	$3,8 \cdot 10^{-7}$	Никель	$7,30 \cdot 10^{-8}$
Нихром	$1,05 \cdot 10^{-6}$		

### Заттардың диэлектрлік өтімділігі

Кесте № 6

Су .....81	Парафин .....2,1
Керосин.....2.1	Слюда .....6
Май .....2.5	Шыны .....7

### Заттардың сыну көрсеткіштері

Кесте № 7

Заттар	$n$	Заттар	$n$
<b>Газдар</b>		<b>Қатты денелер</b>	
Азот	1,000298	Алмаз	2,42
Сутек	1,000132	Темір (жұқа жарғақ)	1,63
Су буы	1,000255	Алтын (жұқа жарғақ)	0,37
Ауа	1,000292	Ас тұзы	1,54
Оттек	1,000271	Мұз	1,31
<b>Сұйықтар</b>		Мыс (жұқа жарғақ)	2,06
Ацетон	1,36	Натрий (жұқа жарғақ)	0,005
Бензин	1,38–1,41	Рубин	1,76
Су	1,33	Қант	1,56
Глицерин	1,47	Күміс (жұқа жарғақ)	0,18
Сүт	1,35-136	Шыны (өр түрі)	1,5-1,9
Спирт метилді	1,33	Янтарь (шайыртас)	1,55
Әфир	1,35		



**ЖАТТЫҒУЛАРДЫҢ ЖАУАБЫ**

- Жаттығу 1.1:** 1. 309,8 К. 2. 273 К. 3. 2 есе өседі. 4. 2 есе кемиді.  
5. 14,2 К, 20,2 К.
- Жаттығу 1.5:** 1.  $3,4 \cdot 10^5$  Дж. 2.  $1,27 \cdot 10^6$  Дж. 3. 46,9°C. 4. 31°C. 5. 34°C.  
6. 15.2 кг. 7. 250 Дж/кг°C.
- Жаттығу 1.6:** 4. 912 кг. 5. 1,9 кВт.
- Жаттығу 2.1:** 1. 12,4%. 3.  $4,2 \cdot 10^9$  Дж. 4. 27,6°C. 6. 6,85 кг (8,5л).
- Жаттығу 2.2:** 3. 6,1МДж. 4. 33 г. 5. 6,7 кг; 67%. 6. 414 м/с. 7.  $\Delta t_k / \Delta t_a = 6,57$ .
- Жаттығу 3.1:** 1. 3 кДж-ға өседі. 2. Мүмкін; ішкі энергия кемиді; температура төмендейді.  
3. Мүмкін; ішкі энергия өзгермейді. 4. 3 МДж. 5. 700 Дж.
- Жаттығу 3.2:** 1. 100 кг. 2. 8 л. 3. 30%. 4. 31 л. 5. 25%.
- Жаттығу 4.1:** 1.  $9 \cdot 10^3$  Н. 2. 90 Н. 3.  $2,5 \cdot 10^3$  Н. 4. 1,75 м. 5. 6,7 см.
- Жаттығу 4.2:** 4. 0,5 Н/Кл.
- Жаттығу 4.3:** 2. 500 В. 4. 100 В/м. 5.  $10^{-5}$  Дж. 6. 3,4 кВ.
- Жаттығу 5.2:** 1. 440 Ом. 2. 2,9 А. 3.  $3,8 \cdot 10^{-7}$  Ом · м. 4. 18 м. 5. 100 Ом; 50 Ом.
- Жаттығу 5.3:** 1. 19 шам. 2. 1040 Ом; 0,21 А. 3. Болады; сығырайып жанады.  
4. Параллель; 1,2 А. 5. 44 Ом.
- Жаттығу 5.4:** 1.  $432 \text{ кДж} = 120 \text{ Вт} \cdot \text{сағ}$ . 2.  $13 \text{ МДж} = 3,6 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$ .  
3.  $A = I^2 R t = U^2 t / R$ . 4. 0,83 А; 123В. 5. 25 м. 6.  $P = I^2 R = U^2 / R$ .  
7. Тізбектеп қосқанда екінші шам; бірінші шам.
- Жаттығу 5.5:** 1. 0,5 Ом; 200 Вт. 2.  $3100 \text{ с} = 52 \text{ мин}$ .
- Жаттығу 7.3:** 1.  $40^\circ 31'$ . 2.  $1,236 = 1,648 / 1,333$ . 3.  $48^\circ 50'$ .  
4.  $30^\circ 7'$ . 5.  $48^\circ 36'$ ;  $41^\circ 16'$ ;  $37^\circ 21'$ ;  $24^\circ 26'$ .
- Жаттығу 7.4:** 1. Жинағыш,  $f = 125 \text{ мм}$ . 2. Шашыратқыш,  $f = -20 \text{ см}$ .  
3. 25 см. 4. 2 есе кішірейеді.

## МАЗМҰНЫ

Алғы сөз.....	3
---------------	---

### I тарау. Жылу құбылыстары

§1. Жылулық қозғалыс. Броундық қозғалыс. Диффузия .....	5
§2. Температура. Температураны өлшеу тәсілдері. Температуралық шкалалар .....	10
§3. Ішкі энергия. Ішкі энергияны өзгерту тәсілдері .....	15
§4. Жылуөткізгіштік. Конвекция. Сәуле шығару .....	18
§5. Табиғаттағы және техникадағы жылу алмасу .....	24
§6. Жылу құбылыстарының тірі ағзалардың өмірлеріндегі рөлі .....	27
§7. Жылу мөлшері. Заттардың меншікті жылусыйымдылығы .....	33
§8. Отынның энергиясы. Отынның меншікті жану жылуы .....	38
<i>№1 зертханалық жұмыс.</i> Температуралары әртүрлі суды араластырғандағы жылу мөлшерлерін салыстыру .....	40
§9. Жылу процестеріндегі энергияның сақталу және айналу заңы...	41

### II тарау. Заттың агрегаттық күйлері

§10. Қатты денелердің балқуы және қатаюы. Балқу темпера- турасы. Меншікті балқу жылуы.....	47
<i>№2 зертханалық жұмыс.</i> Мұздың меншікті балқу жылуын анықтау.....	52
§11. Булану және конденсация. Қаныққан және қанықпаған булар...	53
§12. Қайнау. Меншікті булану жылуы. Қайнау температурасының сыртқы қысымға тәуелділігі .....	57

### III тарау. Термодинамика негіздері

§13. Термодинамиканың бірінші заңы. Газ бен будың жұмысы .....	66
§14. Жылу процестерінің қайтымсыздығы. Термодинамиканың екінші заңы .....	70
§15. Жылу қозғалтқыштары .....	74
§16. Жылу қозғалтқыштарының пайдалы әрекет коэффициенті.....	79
§17. Жылу машиналарын пайдаланудағы экологиялық мәселелер ....	82

### IV тарау. Электрстатика негіздері

§18. Денелердің электрленуі. Электр заряды. Өткізгіштер мен диэлектриктер .....	88
--	----

§19. Электр зарядының сақталу заңы. Қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесуі. Кулон заңы .....	93
§20. Электр өрісі. Электр өрісінің кернеулігі.....	98
§21. Электр өрісінің потенциалы. Потенциалдар айырымы. Конденсатор және оның электр сыйымдылығы .....	105

### ***V тарау. Тұрақты электр тогы***

§22. Электр тогы. Ток көздері. Электр тізбегі және оның құрамдас бөліктері .....	113
§23. Ток күші. Өткізгіштің электр және меншікті кедергісі. Электр кернеуі .....	118
<i>№3 зертханалық жұмыс.</i> Электр тізбегін жинау және оның әртүрлі бөліктеріндегі ток күші мен кернеуін өлшеу .....	124
§24. Тізбектің бөлігі үшін Ом заңы. Резисторлар. Реостаттар .....	125
<i>№4 зертханалық жұмыс.</i> Ток күшінің электр тізбегі бөлігіндегі кернеуге тәуелділігін зерттеу .....	129
§25. Өткізгіштерді тізбектеп және параллель жалғау .....	130
<i>№5 зертханалық жұмыс.</i> Өткізгіштерді тізбектеп жалғауды зерттеу .....	132
<i>№6 зертханалық жұмыс.</i> Өткізгіштерді параллель жалғауды зерттеу .....	133
§26. Электр тогының жұмысы мен қуаты. Токтың жылулық әрекеті. Джоуль–Ленц заңы. ....	134
<i>№7 зертханалық жұмыс.</i> Электр тогының жұмысы мен қуатын өлшеу .....	138
§27. Металдардың электр кедергілерінің температураға тәуелділігі. Асқынөткізгіштік .....	138
§28. Электрқыздырғыш аспаптар. Қысқа тұйықталу. Балқымалы сақтандырғыштар .....	142
§29. Электр тогының табиғаты және химиялық әрекеті. Фарадей заңы.....	145

### ***VI тарау. Электрмагниттік құбылыстар***

§30. Тұрақты магниттер. Магнит өрісі.....	152
<i>№8 зертханалық жұмыс.</i> Тұрақты магниттің қасиеттерін зерделеу және магнит өрістерінің бейнелерін алу.....	156
§31. Тогы бар түзу өткізгіштің магнит өрісі. Тогы бар шарғының магнит өрісі .....	157

§32. Электрмагниттер және оларды қолдану .....	160
<i>№9 зертханалық жұмыс. Электрмагнитті құрастыру</i> және оның әрекетін зерделеу .....	164
§33. Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әсері. Тұрақты токтың электрқозғалтқыштары және өлшеуіш аспаптары .....	164
§34. Электрмагниттік индукция. Генератор .....	169

### ***VII тарау. Жарық құбылыстары***

§35. Жарықтың түзусызықты таралу заңы .....	176
§36. Жарықтың шағылуы. Шағылу заңдары. Жазық айна .....	181
§37. Сфералық айналар. Сфералық айна көмегімен кескін алу.....	186
§38. Жарықтың сынуы. Жарықтың сыну заңы. Толық ішкі шағылу.....	192
<i>№10 зертханалық жұмыс. Шынының сыну көрсеткішін</i> анықтау.....	198
§39. Линзалар. Линзаның оптикалық күші. Кескіндерді линзаларда салу. Жұқа линзаның формуласы .....	200
<i>№11 зертханалық жұмыс. Жұқа линзаның фокус</i> қашықтығын анықтау.....	206
§40. Көз – оптикалық жүйе. Көздің көру кемшіліктері және оларды түзету әдістері.....	207
§41. Оптикалық аспаптар.....	211
<b>Қосымшалар.....</b>	<b>217</b>
<b>Жаттығулардың жауабы .....</b>	<b>220</b>

О қ у б а с ы л ы м ы

**Башарұлы Рахметола  
Шүйіншина Шолпан  
Сейфоллина Күлжан**

**ФИЗИКА**

**Жалпы білім беретін мектептің 8-сыныбына арналған**

*Редакторы Ұ. Өмірзақ  
Көркемдеуші редакторы А. Искакова  
Техникалық редакторы Ұ. Рысалиева  
Корректоры Е. Амангелді  
Компьютерде беттеген Н. Развинавичене*

**ИБ № 083**

Теруге 17.01.2018 берілді. Басуға 28.05.2018 қол қойылды. Пішімі 70х90<sup>1/16</sup>.  
Офсеттік қағаз. Мектептік өріп. Офсеттік басылыс. Шартты баспа табағы 16,38.  
Есептік баспа табағы 15,15. Таралымы 35 000 дана. Тапсырыс № 3477.

«Атамұра» корпорациясы» ЖШС, 050000, Алматы қаласы,  
Абылай хан даңғылы, 75.

Қазақстан Республикасы «Атамұра» корпорациясы» ЖШС-нің  
Полиграфкомбинаты, 050002, Алматы қаласы, М. Мақатаев көшесі, 41.

