

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі ұсынған

Н.А. Закирова

Р.Р. Аширов

# ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептің  
қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы  
10-сыныбына арналған оқулық

# 10



ӘОЖ 373. 167. 1  
КБЖ 22.3я 72  
3-16

3-16 Закирова Н.А., Аширов Р.Р.  
**Физика:** жалпы білім беретін мектептің қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы 10-сыныбына арналған оқулық./ Закирова Н.А., Аширов Р.Р – Нұр-Сұлтан: «Арман-ПВ» баспасы, 2019. – 240 б.

ISBN 978-601-318-220-9

«Физика» оқулығы жалпы білім беру деңгейінің қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы 10-сыныбына арналған жаңартылған мазмұндағы үлгілік оқу бағдарламасына сәйкес келеді. Материалдарды ұсынуда оқытудың ғылыми ұстанымдары мен оқушылардың жас ерекшеліктері ескерілген.

ӘОЖ 373. 167. 1  
КБЖ 22.3я 72

ISBN 978-601-318-220-9

© Закирова Н.А.,  
Аширов Р.Р., 2019  
© «Арман-ПВ» баспасы, 2019

Барлық құқығы қорғалған. Баспаның рұқсатынсыз көшіріп басуға болмайды.

## Шартты белгілер

### Анықтамалар

### Бақылау сұрақтары

Теориялық материал бойынша өзін тексеруге арналған сұрақтар

### ★ Жаттығу

1

Сыныпта орындалатын жаттығулар

### Эксперименттік тапсырмалар

Зерттеу жұмыстарына арналған тапсырмалар

### Шығармашылық тапсырма

Шығармашылық деңгейдегі тапсырмалар

#### ? Жауабы қандай?

Физикалық құбылыстардың мәнін түсіндіруді талап ететін сұрақтар

#### 📄 Маңызды ақпарат

Тақырыпты тереңірек түсіну үшін қажетті ақпараттар

#### 🔄 Тапсырма

Сыныпта орындалатын тапсырмалар

#### 🗣️ Естеріңе түсіріңдер!

Меңгерілген материалды қайталауға арналған тапсырмалар

#### 🕒 Өз тәжірибең

Сыныпта орындалатын эксперименттік тапсырмалар

#### ! Назар аударыңдар!

Жаттығуды орындау кезінде қиындық тудыратын оқу материалы

#### 📖 Бұл қызық!

Тақырыпқа қатысты қосымша ақпараттар

#### ✅ Есте сақтаңдар!

Жадынама

### ! Назар аудар

Электронды қосымша жүктелген CD қолжетімсіз болған жағдайда, қосымшаны *arman-pv.kz* сайтынан тауып, өз компьютеріңе жүктеп алуыңа болады

## Алғы сөз

Балалар, физика – табиғат туралы ең қызықты ғылымның бірі, оны білу күнделікті өмірде әрбір адам үшін қажет. Физика – адамның табиғаттағы орны мен рөлін түсінуге мүмкіндік беретін ғылым.

Гуманитар-мамандардың өз тәжірибелік іскерлігіне танымның жаратылыстану-ғылыми әдістерін қолдана білуі – қазіргі заман талабы. Ұсынылып отырған оқулықтың негізгі ерекшелігі табиғи құбылыстарды ашуда танымның ғылыми әдісінің қолданылуында болып отыр. Сонымен қатар қарастырылатын заңдар, құбылыстар, теориялар гуманитарлық саладағы мамандардың айналадағы технологиялық әлемде еркін қызмет ете алуы үшін де қажет.

Оқулықтың мазмұны болашақ тіл мамандары мен тарихшыларды физикаға қызықтыратындай етіп құрылған әрі басты мақсат – оқу бағдарламасында көрсетілген негізгі материалдарды меңгеруді көздеп отыр.

Айналамызда болып жатқан үдерістерге талдау жасауға мүмкіндік беретін зертханалық бақылауларға, демонстрациялық тәжірибелерге және сапалық есептерді шығаруға көп көңіл бөлінген.

Шығармашылық тапсырмаларды орындау барысында бірнеше ондаған немесе жүздеген жылдар бойы қандай физикалық жаңалықтар ашылды, сол елдердегі тарихи жағдай қандай болды, ғалымдар қайда жұмыс істеді, қандай белгілі жазушылар, ақындар, композиторлар, суретшілер және саяси тұлғалар болғанына көңіл бөлінді. Осылай «дәуір келбетін» жасауға болады. Бұл жұмыс қызықты, себебі «әлемнің тарихи-физикалық бейнесі» осылай пайда болады.

Бүкіл оқу жылы бойы орындалатын ғылыми таным әдістеріне негізделген жұмыстардың нәтижесінде жыл соңында курстық жұмысты қорғау ұсынылады. Материалды таңдау, оны салыстырмалы сараптау нәтижесінде ой қорыту және презентация жасау ұзақ уақытты талап етеді. Мұндай жұмыс нәтижесінде авторлық ұжым қалыптасуы да мүмкін.

Сендерге физиканы – біз өмір сүретін әлемді зерттеуде табыс тілейміз!

*Авторлар*

«Механика» (μηχανική) сөзі ежелгі грек тілінен аударғанда мәшинелер туралы ғылым, құрылғыларды жасау өнері деген мағынаны білдіреді. Физиканың бөлімі ретіндегі мағынасы әлдеқайда кең.

Механика – материялық денелердің механикалық қозғалысы мен олардың өзара әрекеттесуі туралы ғылым.

Бұл тарауда механиканың кинематика, динамика, статика, сақталу заңдары, аэродинамика және гидродинамика бөлімдеріндегі бірқатар мәселелер қарастырылады.

## 1-ТАРАУ

# КИНЕМАТИКА

Кинематика (ежелгі грек. κινεῖν – қозғалыс) – денелердің қозғалыс заңдылықтарын олардың массасы мен денеге әсер ететін күштерді ескермей сипаттайтын механиканың бөлімі. Кинематика нүкте кинематикасы, қатты дене кинематикасы және үнемі өзгеретін орталар – деформацияланатын қатты дене, сұйықтар мен газдар кинематикасы бөлімдеріне жіктеледі. Кинематикада қозғалысты жіктеу, оларды қандай да бір белгілері бойынша түрлерге бөлу жүргізіледі.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- есептер шығару кезінде кинематика теңдеуін қолдануды және қозғалыс графиктеріне талдау жасауды;
- орын ауыстырулар мен жылдамдықтарды қосудың классикалық заңына күнделікті өмірден мысалдар келтіруді;
- қисықсызықты қозғалысты сипаттайтын шамаларды анықтауды үйренесіңдер.

# § 1. Дене қозғалысы кинематикасының теңдеулері мен графиктері

## Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- есептер шығару кезінде кинематикалық теңдеулерді қолдана аласыңдар және қозғалыс графиктеріне талдау жасай аласыңдар.



## Жауабы қандай?

Кинематикада дененің қозғалысын зерттегенде неліктен орын ауыстыру жылдамдығымен қатар сызықтық жылдамдық қолданылады?

## I Кинематиканың негізгі мақсаты

Кинематикада дененің қозғалысын сипаттау үшін мына шамалар қолданылады: үдеу, орын ауыстыру жылдамдығы, сызықтық жылдамдық, орын ауыстыру, жүрілген жол, дененің координатасы, уақыт. Дененің орнын анықтау үшін *координата жүйесі, траектория, қозғалыстың салыстырмалылығы, механикалық қозғалыс, санақ жүйесі, санақ денесі* сияқты физикалық түсініктерді қолданамыз. Денелердің қозғалысы әртүрлі болады: траектория түзу сызықты немесе қисықсызықты, бір дененің қозғалыс жылдамдығы тұрақты, ал басқалардікі айнымалы болуы мүмкін.

**Кинематиканың негізгі міндеті – материялық нүктелердің немесе денелердің қозғалыс заңдарын зерделеу және қозғалыстың сәйкес кинематикалық сипаттамаларын анықтау.**

## II Есептер шығарудың координаталық әдісі

Үдеу, жылдамдық, орын ауыстыру – векторлық шамалар. Кинематиканың есептерін координаталық әдіспен шешу үшін векторлық шамаларға амалдар қолданудан скаляр шамаларға амалдар қолдануға өту керек. Бізге 9-сыныптың физика курсынан векторлық шамалардың қатынасы мен олардың проекциялары қатынасының бір-бірінен айырмашылығы жоқ екені белгілі. Мысалы,  $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$  векторлық түрдегі үдеуді есептеу формуласын векторлардың проекциялары арқылы жазуға болады:

$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$ , тендік өзгермейді. Векторлардың проекциялары – скаляр шамалар, демек, оларды жай сандар сияқты қосуға, алуға, көбейтуге және бөлуге болады.

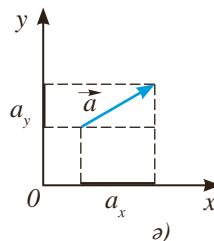
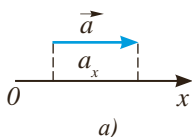
*Есептерді координаталық әдіспен шешу мынадай ретпен жүреді: координата осьтері таңдап алынады, берілген вектордың проекциясы табылады, олармен жұмыс жасау барысында белгісіз векторлық шамалардың алынған осьтегі проекциялары анықталады.*

Вектордың координата осіндегі проекциясының мәні белгілі болса, оның модулін анықтауға болады. Мысалы, үдеу векторы  $0x$  осіне параллель болса, онда оның модулі осы оське проекциясына тең болады (*1 а) сурет*):

$$a = a_x$$

Қарастырылып отырған вектордың  $0x$  және  $0y$  осьтеріне проекциялары берілген болса, (*1 ә) сурет*) оның модулі Пифагор теоремасы бойынша анықталады:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}.$$



1-сурет. Вектордың таңдалған осьтердегі проекциялары

### III Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс үшін кинематика формулалары

1-кестеде дененің түзу сызықты теңайнымалы қозғалысын сипаттайтын шамаларды:  $a_x$  үдеуді,  $v_x$  орын ауыстыру жылдамдығын,  $s_x$  орын ауыстыруды және  $x$  дененің координаталарын есептеу формулалары көрсетілген. Денелердің еркін түсуі түзу сызықты теңайнымалы қозғалыстың дербес жағдайы болып табылады, бұл жағдайда дене



**Жауабы қандай?**

Неліктен орташа жылдамдықтың мәні тек жолдың белгілі бір бөлігіне ғана тиесілі?

$g = 9,8 \frac{M}{c^2}$  үдеумен қозғалады.

1-кесте. Кинематика формулалары

Физикалық шамалар	Қозғалыс түрлері	
	Түзу сызықты теңайнымалы	Еркін түсу
Үдеу	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$	$g = 9,8 \frac{M}{c^2}$
Орташа жылдамдық	$v_{opt} = \frac{v_0 + v}{2}$	$v_{opt} = \frac{v_0 + v}{2}$
Лездік жылдамдық	$v_x = v_{0x} + a_x t$	$v_y = v_{0y} + g_y t$
Орын ауыстыру	$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}; s_x = \frac{v_0 + v}{2} t$	$h_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$ $h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}; h_y = \frac{v_0 + v}{2} t$
Дене координаталары	$x(t) = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$	$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$

Дене координатасының қозғалыс уақытына тәуелділік теңдеуі қозғалыс заңы деп аталады.  $a = 0$  екенін ескеріп, теңайнымалы қозғалыс формулаларынан бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс формулаларын алуға болады.

## IV Түзу сызықты теңайнымалы қозғалысты сипаттайтын шамалардың уақытқа тәуелділік графиктері

Физикалық шамалардың тәуелділік графиктерін тұрғызу кезінде математикалық әдістер қолданылады. Шамалардың сызықтық тәуелділігінің графигін тұрғызу үшін екі нүкте жеткілікті. Квадраттық тәуелділік графигі – парабола, ол есептеуді және көп нүктелер тұрғызуды қажет етеді (2-кесте).

Шамалар модульдерінің теріс мәндері болмайды, шама модулінің тәуелділік графигі проекцияның тәуелділік графигінің уақыт осіне қатысты айналық кескінінен алынады.

Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигінің астындағы фигура ауданы сандық мәні жағынан дененің орын ауыстыруына тең екенін дәлелдеу қиындық тудырмайды.

2-кесте. Кинематикалық шамалардың уақытқа тәуелділік графиктері

Физикалық шама	Уақытқа тәуелділік теңдеуі, тәуелділік түрі	Шама проекциясының уақытқа тәуелділік графигі	Шама модулінің уақытқа тәуелділік графигі
Үдеу	$a_x = \text{const}$ Үдеу уақытқа тәуелді емес		
Лездік жылдамдық	$v_x = v_{0x} + a_x t$ Жылдамдық уақытқа тура пропорционал тәуелді		
Орын ауыстыру	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ Орын ауыстырудың уақытқа тәуелділігі квадраттық функцияны береді		



Физикалық шама	Уақытқа тәуелділік теңдеуі, тәуелділік түрі	Шама проекциясының уақытқа тәуелділік графигі
Координата	$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ <p>дене координатасы – уақыттың квадраттық функциясы</p>	<p> <math>I: x_1 &lt; 0, v_{0x} &gt; 0, a_x &gt; 0</math>  <math>II: x_2 &gt; 0, v_{0x} &gt; 0, a_x &lt; 0</math> </p>

### ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Құлау уақыты 5 с, дененің құлау биіктігін анықтандар. Ол әр секунд сайын қандай арақашықтықты өтеді?

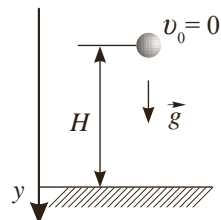
**Берілгені:**

$t = 5 \text{ с}$   
 $g = 9,8 \text{ м/с}^2$   
 $v_0 = 0$

$H - ?$   $h_1 - ?$   $h_2 - ?$   
 $h_3 - ?$   $h_4 - ?$   $h_5 - ?$

**Шешуі:**

Суретте денені,  $\vec{g}$  еркін түсу үдеуі векторының бағытын,  $Oy$  осін бейнелейміз. Дененің бастапқы орнын нөлдік биіктік деңгейімен сәйкестендіреміз. Ұшу биіктігін  $H$  әрпімен белгілейміз. Еркін түсу кезінде дене координаталары



$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} \tag{1}$$

заңы бойынша өзгереді. Дененің бастапқы координатасы  $y_0 = 0$ , соңғы координатасы  $y = H$ , үдеу векторының  $Oy$  осіне проекциясы оң мәнге ие:  $g_y = g$ . Бастапқы жылдамдық  $v_0 = 0$ . (1) формула мына түрге келеді:

$$H = \frac{gt^2}{2}; \quad H = \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 25 \text{ с}^2}{2} \approx 125 \text{ м}.$$

Алғашқы секундта дене  $h_1 = \frac{gt_1^2}{2}$  қашықтыққа орын ауыстырды.

$$h_1 = \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \text{ с}^2}{2} \approx 5 \text{ м}.$$

Әр кезекті секунд сайынғы орын ауыстыру қатынасы тақ сандар қатарының қатынасымен анықталады:

$$h_1 : h_2 : h_3 : h_4 : h_5 = 1 : 3 : 5 : 7 : 9. \tag{2}$$

Демек,  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{3}$  немесе  $h_2 = 3h_1$ , осылайша:  $h_2 = 15 \text{ м}$ . (2) формуладан  $\frac{h_1}{h_3} = \frac{1}{5}$  немесе  $h_3 = 5h_1$  екені шығады.  $h_1$  мәнін қойып,  $h_3 = 25 \text{ м}$  екенін табамыз.  $h_4$  пен  $h_5$  -те дәл осылай анықталады:  $\frac{h_1}{h_4} = \frac{1}{7}$  немесе  $h_4 = 7h_1$ ,  $h_4 = 35 \text{ м}$  және  $\frac{h_1}{h_5} = \frac{1}{9}$  немесе  $h_5 = 9h_1$ ,  $h_5 = 45 \text{ м}$ .

Алынған нәтижелерді қосайық:  $H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 5 \text{ м} + 15 \text{ м} + 25 \text{ м} + 35 \text{ м} + 45 \text{ м} = 125 \text{ м}$ .

**Жауабы:**  $H = 125 \text{ м}$ ;  $h_1 = 5 \text{ м}$ ;  $h_2 = 15 \text{ м}$ ;  $h_3 = 25 \text{ м}$ ;  $h_4 = 35 \text{ м}$ ;  $h_5 = 45 \text{ м}$ .

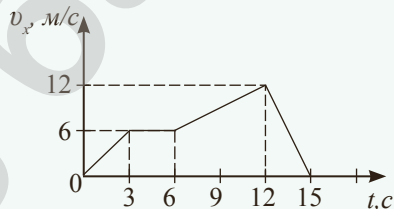
## Бақылау сұрақтары

1. Кинематиканың негізгі міндеті қандай?
2. Дене қозғалысын қандай шамалар сипаттайды? Оларға анықтама беріңдер.
3. Дене қозғалысын сипаттайтын шамалардың қайсысы қозғалыс түрін анықтайды?

## ★ Жаттығу

1

1. Ұзындығы 100 м тау баурайының етегінде шаңғышының жылдамдығы 8 м/с болды. Ылдилау уақыты 20 с болса, шаңғышының бастапқы жылдамдығы мен үдеуін анықтандар.
2. Тас жер бетінен 10 м биіктіктен құлайды. Дәл осы уақытта 8 м биіктіктен вертикаль жоғары қарай екінші тас лақтырылды. Егер тастар Жер бетінен 5 м биіктікте соқтығысса, екінші тас қандай бастапқы жылдамдықпен лақтырылған? Ауаның кедергісін ескермендер, еркін түсу үдеуі  $10 \text{ м/с}^2$ .
3. 2-суретте жолдың түзу сызықты бөлігінде дененің қозғалыс жылдамдығының уақытқа тәуелділік графигі көрсетілген.



2-сурет. 1-жаттығудың 3-есеміне

- а) дененің жолдың әр бөлігіндегі үдеуін анықтандар. Жүрілген жол мен орын ауыстыру неге тең?
- ә) Жолдың бірінші бөлігі үшін дененің қозғалыс заңын жазыңдар.
- б) Дененің бастапқы координатасы  $x_0 = 5 \text{ м}$  болатын бөлік үшін дене координатасының және орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигерін тұрғызыңдар.

4. Балық аулау үшін бірқазан суға еркін құлайды (3-сурет). Балыққа бірқазаннан қашып құтылу үшін  $0,15 \text{ с}$  қажет болса, ол бірқазанды қандай биіктікте байқауы тиіс? Бірқазан 5 м биіктіктен еркін құлайды, ал балық судың бетінде жүзіп жүр деп алыңдар.



3-сурет. 1-жаттығудың 4-есеміне

## Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Әртүрлі көліктердің тежелу жолын қысқарту тәсілдері.
2. Ұшу аппараттары үшін ұшып-қону жолағын есептеу.

## § 2. Салыстырмалы қозғалыс

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- орын ауыстырулар мен жылдамдықтарды қосудың классикалық заңына күнделікті өмірден мысалдар келтіре аласыңдар.



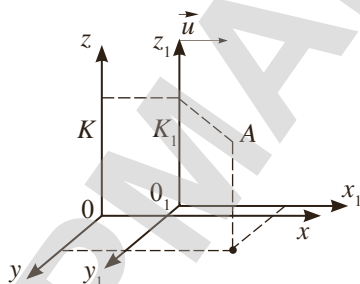
### Тапсырма

Бірнеше бақылаушы үшін бір дененің қозғалыс траекториясы әртүрлі болатынына мысалдар келтіріңдер.



### Жауабы қандай?

1. Сендер келтірген мысалдарда денелердің орын ауыстырулары мен жылдамдықтары әртүрлі бола ма?
2. Инерциялық санақ жүйелерінің инерциялық емес санақ жүйелерінен айырмашылығы неде?
3. Сендер қозғалысты қандай санақ жүйелеріне қатысты қарастырдыңдар?



4-сурет.  $K$  – бақылаушыға қатысты қозғалмайтын санақ жүйесі,  $K_1$  – қозғалыстағы санақ жүйесі

### I Механикалық қозғалыстың салыстырмалылығы. Инвариантты және салыстырмалы шамалар

Механикалық қозғалысты сипаттайтын кинематикалық түсініктер – траектория, координата, орын ауыстыру, жылдамдық, үдеу бір санақ жүйесінен басқа бір санақ жүйесіне өткенде өзгеруі мүмкін. Механикалық қозғалыстың салыстырмалылығы дегеніміз осы. Егер шама бір санақ жүйесінен басқа санақ жүйесіне өткенде өзгертін болса, оны салыстырмалы деп атайды. Егер шама өзгеріссіз қалса, онда ол инвариантты болып табылады.

Кинематиканың маңызды мәселесі – бір-біріне қатысты қозғалатын әртүрлі координата жүйелеріндегі механикалық қозғалыстарды сипаттайтын кинематикалық шамалардың арасында байланыс орнату.

### II Галилей түрлендірулері

Декарттық координаталар жүйесінде  $K$  және  $K_1$  санақ жүйелерінде бір-біріне қатысты  $\vec{u}$  жылдамдықпен қозғалатын материялық нүктенің орнын анықтайық (4-сурет).  $A$  нүктесінің  $K_1$  санақ жүйесіндегі координаталарының мәні  $x_1, y_1, z_1$ . Қозғалатын санақ жүйесі  $t$  уақыт ішінде қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты  $Ox$  осінің бойымен  $OO_1 = u_x t$  қашықтыққа орын ауыстыратындықтан, қозғалмайтын санақ жүйесінде  $A$  нүктесінің  $x$  координатасының  $x_1$  координатасынан  $u_x t$  мәнге айырмашылығы бар.  $y, z$  және  $y_1, z_1$  координаталары екі санақ жүйесінде де бірдей. Қарастырылып отырған санақ жүйелерінде уақыт біркелкі өтеді. Галилей түрлендірулеріне сәйкес  $K_1$  жүйесінен  $K$  жүйесіне өткен координаталар мынадай түрге келеді:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + ut \\ y &= y_1 \\ z &= z_1 \\ t &= t_1 \end{aligned} \quad (1)$$

Дене координаталары – салыстырмалы шамалар, төмен жылдамдықпен қозғалатын денелер үшін уақыт инвариантты болып табылады.

### III Орын ауыстыруларды қосу ережесі

Дененің жазықтықтағы қозғалысын қарастырайық. Бұл жағдайда оның орны екі координатамен анықталады. Бірі тыныштықта тұрған денемен, ал

екіншісі қозғалыстағы денемен байланысты координаталар жүйелерін қарастырайық. Бастапқы уақыт мезетінде  $O_1$  және  $O$  нүктелері қарастырылып отырған дененің орнымен сәйкес келеді.  $t$  уақыттан соң дене  $A$  нүктесіне орын ауыстырады. Қозғалатын санақ жүйесінің  $O_1$  нүктесі  $O$  нүктесіне қатысты  $\vec{u}$  жылдамдықпен қозғала отырып,  $\vec{s}_2 = \vec{u}t$  қашықтыққа орын ауыстырады (5-сурет).

Қарастырылып отырған дененің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруын  $\vec{s}$ , қозғалатын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруын  $\vec{s}_1$  деп белгілейік. Векторларды қосу ережесінен шығатыны:

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2. \quad (2)$$

Дененің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруы – дененің қозғалатын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруы мен қозғалатын санақ жүйесінің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруларының геометриялық қосындысына тең. Орын ауыстыру – салыстырмалы шама.

Орын ауыстыруларды қосу формуласының  $Ox$  және  $Oy$  осьтеріне проекциялары мынадай болады:

$$\begin{aligned} s_x &= s_{1x} + s_{2x} \\ s_y &= s_{1y} + s_{2y}. \end{aligned}$$

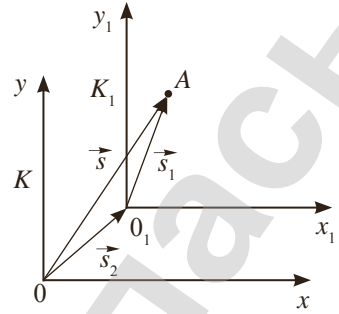
$s_x = x, s_{1x} = x_1, s_y = y, s_{1y} = y_1$  болғандықтан (5-сурет), формулалардың таңдап алынған осьтерге проекцияларын келесі түрде жазуға болады:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + s_{2x} \\ y &= y_1 + s_{2y}. \end{aligned}$$

Егер қозғалатын санақ жүйесі қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты  $Ox$  осі бойымен  $u_x$ , ал  $Oy$  осі бойымен  $u_y$  жылдамдықпен қозғалатын болса, онда жоғарыда жазылған теңдеулер мынадай түрге келеді:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + u_x t \\ y &= y_1 + u_y t. \end{aligned}$$

Орын ауыстыруларды қосу арқылы біз жазықтықта қозғалатын дене үшін Галилей түрлендірулерін алдық.



**5-сурет.** Әртүрлі санақ жүйесінде орналасқан бақылаушылар үшін  $A$  нүктесінің орын ауыстыруы



### Өз тәжірибең

Екі оқушы

1. бір түзудің бойымен бір бағытта әртүрлі жылдамдықтармен;
2. бір түзудің бойымен қарама-қарсы бағытта;
3. өзара перпендикуляр екі бағытта қозғалған кезде, олардың қозғалыстың бастапқы нүктесіне қатысты және бір-біріне қатысты орын ауыстыруларын анықтандар.

Жасалған эксперименттегі қозғалатын және қозғалмайтын санақ жүйелерін және қозғалыстағы денені атаңдар.

Екі оқушының қозғалыстың бастапқы нүктесіне қатысты және бір-біріне қатысты орын ауыстыруларын өздерің таңдаған масштабта дептерлеріңе сызыңдар.



### Жауабы қандай?

1. Тәжірибедегі оқушылардың бірін қозғалмайтын санақ жүйесі ретінде қабылдауға бола ма?
2. Санақ нүктесін таңдау оқушылардың бір-біріне қатысты орын ауыстыруына әсер ете ме?

## IV Жылдамдықтарды қосу ережесі

$\vec{s}_1 = \vec{v}_1 t$ ,  $\vec{s}_2 = \vec{u} t$ ,  $\vec{s} = \vec{v} t$  екенін ескерсек, онда (1) теңдеу мына түрге келеді  $\vec{v} t = \vec{v}_1 t + \vec{u} t$  немесе

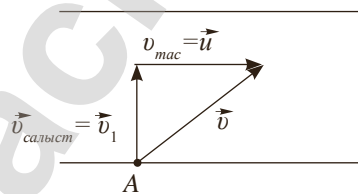
$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{u}.$$

Дененің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы – дененің қозғалатын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы мен қозғалатын санақ жүйесінің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығының геометриялық қосындысына тең.

Жылдамдықтарды есептеу ыңғайлы және көрнекі болу үшін *салыстырмалы және тасымал жылдамдық* деген түсініктер пайдаланылады.

**Салыстырмалы жылдамдық – дененің қозғалатын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы.**

**Тасымал жылдамдық – қозғалатын санақ жүйесінің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы.**



**6-сурет.** Жүзушінің суға қатысты  $\vec{v}_{\text{салыст}}$  және  $A$  бақылаушыға қатысты  $\vec{v}$  жылдамдығының бағыты

Мысалы, жүзуші суға қатысты  $\vec{v}_{\text{салыст}} = \vec{v}_1$  салыстырмалы жылдамдықпен қозғалады (6-сурет), ағын оны жағаға қатысты  $\vec{v}_{\text{мас}} = \vec{u}$  тасымал жылдамдықпен алып кетеді. Жүзуші жағаға қатысты  $\vec{v}$  жылдамдықпен қозғалады. Осылайша, жылдамдықтарды қосу формуласы мынадай түрге келеді:

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{салыст}} + \vec{v}_{\text{мас}}.$$

Дене жылдамдығы – салыстырмалы шама.

## V Екі дененің салыстырмалы жылдамдығы

$A$  және  $B$  денелері Жерге қатысты  $\vec{v}_A$  және  $\vec{v}_B$  жылдамдықтармен қозғалады (7 а) сурет).  $B$  денесінің  $A$  денесіне қатысты жылдамдығын анықтайық. Ол үшін  $A$  денесін қозғалмайтын санақ жүйесі ретінде қарастырамыз, яғни осы денеге ойша орналасып, қоршаған денелердің қозғалысын қарастырамыз. Жерді қоса алғанда барлық денелер кеңістікте модулі бойынша  $A$  нүктесінің жылдамдығына тең, бірақ қарама-қарсы бағытталған жылдамдықпен орын ауыстырады (7 ә) сурет). Осылайша,  $B$  нүктесінің  $A$  нүктесіне қатысты қозғалыс жылдамдығын анықтау үшін векторларды қосу формуласын пайдаланамыз:

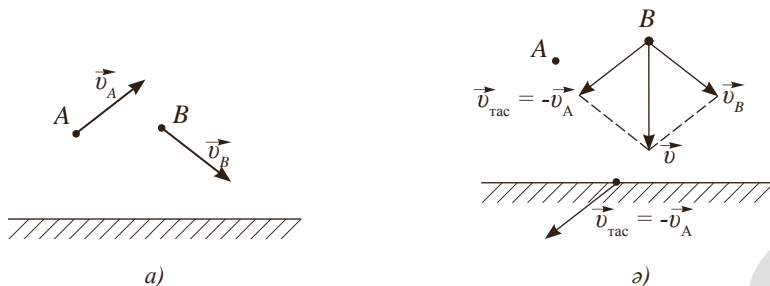
$$\vec{v} = \vec{v}_B + \vec{v}_{\text{мас}}$$

немесе  $\vec{v}_{\text{мас}} = -\vec{v}_A$  қатынасын ескере отырып, мынаны аламыз:  $\vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ .



### Жауабы қандай?

Неліктен Жерге қатысты қозғалатын денені қозғалмайтын санақ жүйесі деп қабылдап, ойша осы денеге орналасып, қоршаған денелер қозғалысын соған қатысты қарастырамыз?



7-сурет. В нүктесінің А нүктесіне қатысты жылдамдығының бағытын табу

Екі дененің салыстырмалы жылдамдығы олардың жылдамдық векторларының айырмасы ретінде анықталады.

### ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Жаңбыр тамшылары Жерге қатысты  $v_1 = 20$  м/с жылдамдықпен түседі. Автокөліктің көкжиекке  $45^\circ$  бұрыш жасай орналасқан артқы айнасында жаңбыр тамшыларының іздері қалмауы үшін автокөлік Жерге қатысты қандай минимал жылдамдықпен қозғалуы қажет? Тамшылардың автокөлікке қатысты жылдамдығы қандай?

**Берілгені:**

$$v_1 = 20 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$v - ?$

$v_2 - ?$

**Шешуі:**

Тамшылардың автокөлікке қатысты жылдамдық векторы айнаға параллель бағытталса ғана, олар автокөліктің айнасына тимей өтеді. Автокөліктің минимал жылдамдығы осылай анықталады.

Оны табу үшін жылдамдықтарды қосу заңын қолданамыз:

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{салыст}} + \vec{v}_{\text{тас}}$$

Қозғалмайтын координаталар жүйесін Жермен байланыстырамыз.

Қозғалатын жүйені автокөлікпен байланыстырамыз. Тамшылардың

автокөлікке қатысты жылдамдығы  $\vec{v}$ . Онда

$$\vec{v} = \vec{v}_1, \vec{v}_{\text{салыст}} = \vec{v}, \vec{v}_{\text{тас}} = \vec{v}_2. \text{ Демек жылдамдықтарды қосу заңы}$$

келесі түрде жазылады:

$$\vec{v}_1 = \vec{v} + \vec{v}_2.$$

Бұдан:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2.$$

Векторларды азайту суретте көрсетілген.

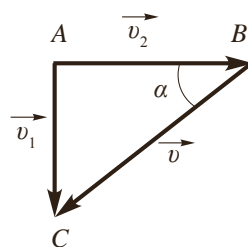
Үшбұрыш тікбұрышты болғандықтан,

$$v = \frac{v_1}{\sin \alpha} \text{ және } v_2 = v_1 \text{ctg} \alpha.$$

Есептеулерді орындаймыз:

$$v = \frac{20 \text{ м/с}}{\sin 45^\circ} = 28 \text{ м/с} \text{ және } v_2 = v_1 = 20 \text{ м/с}.$$

**Жауабы:**  $v = 28$  м/с,  $v_2 = 20$  м/с.



## Бақылау сұрақтары

1. Денелердің салыстырмалы қозғалысының мәні неде?
2. Галилей түрлендірулерін қандай шамалар байланыстырады?
3. Сендерге Галилей түрлендірулерінің қандай салдары белгілі?
4. Координаталар жүйесін таңдау денелер арасындағы арақашықтыққа әсер ете ме?
5. Екі дененің салыстырмалы жылдамдығы қалай анықталады?

## ★ Жаттығу

2

1. Екі автобус бір бағытта қозғалып барады. Олардың жылдамдықтарының модульдері сәйкесінше 90 км/сағ және 60 км/сағ. Бірінші автобустың екінші автобуска қатысты жылдамдығы неге тең?
2. Екі параллель теміржол бойымен бір-біріне қарама-қарсы бағытта екі пойыз 72 км/сағ және 108 км/сағ жылдамдықтармен қозғалып келе жатыр. Бірінші пойыздың ұзындығы 800 м, екіншісінің ұзындығы 200 м. Бірінші пойыз екіншісінің жанынан өтетін уақыт аралығын анықтаңдар.
3. Ағысының жылдамдығы 2 м/с өзенде катер жағаға қатысты 3,5 м/с жылдамдықпен жағаға перпендикуляр қозғалуы үшін мотор катерге суға қатысты қандай жылдамдық беруі керек?
4. Метро эскалаторы оның бойымен қозғалып келе жатқан жолаушыны 1 мин ішінде төменге түсіреді. Егер жолаушы екі есе жылдам жүрсе, ол төменге 45 с уақытта түседі. Егер жолаушы қозғалмай тұрса, онда ол қанша уақытта төмен түседі? Эскалатор жылдамдығы 0,9 м/с. Оның ұзындығын анықтаңдар. Егер «Жібек Жолы» стансысында эскалатордың ұзындығы 104 м болса, ол жолаушыны қанша уақытта төменге түсіреді (8-сурет)?



8-сурет. Алматы метрополи-  
тенінің «Жібек Жолы»  
стансысы

## Шығармашылық тапсырма

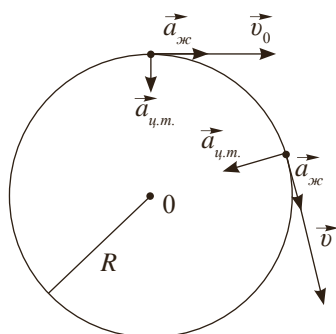
1. «Қозғалыстың салыстырмалылығын әртүрлі салаларда – өнеркәсіпте, ауылшаруашылығында, цирк аттракциондарында, авиацияда, әртүрлі спорт түрлерінде және т.б. пайдалану» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.
2. Әдеби шығармалардан қозғалыстың салыстырмалылығын сипаттайтын жолдарды тауып жазыңдар.

### § 3. Қисықсызықты қозғалыс кинематикуасы

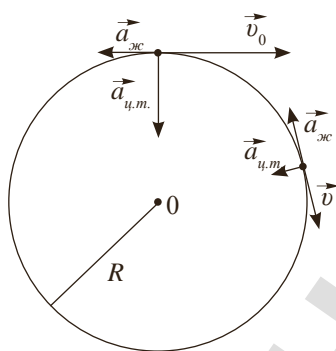
#### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- қисықсызықты қозғалысты сипаттайтын шамаларды анықтай аласыңдар.



а)



б)

**9-сурет.** Материялық нүктенің шеңбер бойымен теңайнымалы қозғалысы

Кез келген қисық сызықпен қозғалатын дене қозғалысын зерттеген кезде траекторияны түзу-сызықты бөліктер мен радиустары бірдей шеңбер доғаларының үйлесімі ретінде қарастыруға болады. Дененің шеңбер бойымен қозғалысын қарастырайық.

#### I Дененің шеңбер бойымен теңайнымалы қозғалысын сипаттайтын сызықтық шамалар

Дененің шеңбер бойымен теңайнымалы қозғалысы кезінде оның сызықтық жылдамдығы кез келген теңдей уақыт аралығында бірдей мәнге өзгеріп отырады. Теңүдемелі қозғалыс кезінде (9 а) сурет)

$$v = v_0 + a_{жс} t, \quad (1)$$

теңкемімелі қозғалыс кезінде (9 б) сурет)

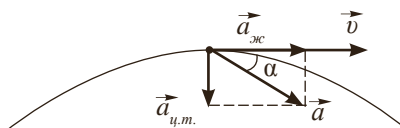
$$v = v_0 - a_{жс} t. \quad (2)$$

(1) және (2) формулалардағы  $a_{жс} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  үдеуді

жанама немесе тангенциал үдеу деп атайды. Ол сызықтық жылдамдықтың бағытымен траектория жана-масы бойымен немесе оған қарама-қарсы бағыт-талады. Егер шеңбер радиусы  $R$  тұрақты шама болатын болса, онда сызықтық жылдамдықтың өз-геруі нәтижесінде центрге тартқыш үдеу  $a_{ц.т.} = \frac{v^2}{R}$  айнымалы шама болады.

Шеңбер бойымен теңайнымалы қозғалатын де-ненің толық үдеуін анықтайық (10-сурет):

$$\vec{a} = \vec{a}_{жс} + \vec{a}_{ц.т.}$$



**10-сурет.** Толық үдеу және оның құраушылары: жанама және центрге тартқыш (нормаль) үдеу

Толық үдеудің құраушылары  $\vec{a}_{жс}$  мен  $\vec{a}_{ц.т.}$  өзара перпендикуляр, себебі шеңберге жүргізілген жанама радиусқа перпендикуляр болады. Пифагор теорема-сына сәйкес толық үдеу мынаған тең:

$$a = \sqrt{a_{жс}^2 + a_{ц.т.}^2} \quad (3)$$

#### Жауабы қандай?

1. Неліктен жанама үдеуді тангенциал үдеу деп атайды?
2. Радиусы тұрақты шеңбер бойымен теңайнымалы қозғалыстың толық үдеуі не себепті Пифагор теоремасымен анықталады?



Жылдамдық пен толық үдеудің арасындағы бұрыштың мәні белгілі болса, нормаль және жанама үдеуді мына формуламен байланыстыруға болады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_{\text{н.м.}}}{a_{\text{ж}}} \quad \text{немесе} \quad a_{\text{ж}} = \frac{a_{\text{н.м.}}}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Шеңбер бойымен теңайнымалы қозғалыс кезінде үдеу векторы шеңбердің ішіне қарай бағытталады. Осы вектордың жанама (тангенциал) құраушысы жылдамдықтың модуль бойынша өзгеруін, ал центрге тартқыш (нормаль) құраушы бағыты бойынша өзгеруін сипаттайды.

## II Дененің шеңбер бойымен қозғалысын сипаттайтын бұрыштық шамалар

Шеңбер бойымен қозғалысты зерттеу үшін бұрыштық шамаларды пайдалану ыңғайлы. Теңайнымалы қозғалыс кезінде  $\omega$  бұрыштық жылдамдық пен  $\varphi$  бұрыштық орын ауыстырудан басқа  $\varepsilon$  бұрыштық үдеу түсінігін енгізу қажет.

**Бұрыштық үдеу – бұрыштық жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама.**

Теңүдемелі қозғалыс үшін:  $\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$ . (4)

Теңкемімелі қозғалыс үшін:  $\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t}$ . (5)

Бұрыштық үдеудің өлшем бірлігі  $[\varepsilon]$  – 1 рад/с<sup>2</sup>, бұрыштық жылдамдықтың өлшем бірлігі  $[\omega]$  – 1 рад/с.

(4) және (5) формулалардан бұрыштық жылдамдықтың лездік мәнін аламыз:

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t.$$

Алынған формула теңайнымалы қозғалыс кезінде сызықтық жылдамдықты есептеу формулаларына ұқсас. Демек, бұрыштық орын ауыстыру формулалары да сызықтық орын ауыстыруды есептеу формулаларына ұқсас болады.

Шеңбер бойымен теңүдемелі қозғалыс үшін:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon},$$

шеңбер бойымен теңкемімелі қозғалыс үшін:

$$\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}.$$

Бұрыштық жылдамдықтың орташа мәнін енгі-

зейік:  $\omega_{\text{орт}} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$ , онда бұрыштық орын ауыстыру

мына формула бойынша анықталады:  $\varphi = \frac{\omega_0 + \omega}{2} t$ .



### Жауабы қандай?

Дененің шеңбер бойымен қозғалысын сипаттау үшін неліктен бұрыштық шамаларды қолдану ыңғайлы?



### Естеріңе түсіріңдер!

Сызықтық шамалардың бұрыштық шамалармен байланысы:

$$l = \varphi R$$

$$v = \omega R$$

$$a_{\text{н.м.}} = \omega^2 R.$$



### Есте сақтаңдар!

$$a_{\text{ж}} = \varepsilon R$$

$$a = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$$

**3-кесте.** Сызықтық және бұрыштық кинематикалық шамалардың салыстырмалы кестесі

Бұрыштық шамалар	Сызықтық шамалар
$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ ; $\omega = \omega_0 - \varepsilon t$	$v = v_0 + at$ ; $v = v_0 - at$
$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$ ; $\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$	$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ ; $s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$
$\omega > \omega_0$ болғанда $\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$ ;	$a_x > 0$ болғанда $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ ;
$\omega_0 > \omega$ болғанда $\varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}$	$a_x < 0$ болғанда $s = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}$
$\omega_{opt} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$	$v_{opt} = \frac{v_0 + v}{2}$



**Тапсырма**

3-кесте бойынша бұрыштық және сызықтық шамаларды есептеу формулаларының ұқсастықтары мен айырмашылықтарын көрсетіндер.

**III Бұрыштық және сызықтық шамалардың байланысы**

Бізге жүрілген жол мен бұрыштық орын ауыстыру, сызықтық және бұрыштық жылдамдық, нормаль үдеу мен бұрыштық жылдамдық арасындағы байланыс 9-сыныптың физика курсынан белгілі. Үдеулер арасында байланыс орнатайық.

(4) формуладағы бұрыштық жылдамдықты сызықтық жылдамдыққа алмастырайық:

$$\varepsilon = \frac{\frac{v}{R} - \frac{v_0}{R}}{t} = \frac{v - v_0}{tR} = \frac{a_{жс}}{R}$$

Осылайша, бұрыштық үдеу жанама (тангенциал) үдеумен келесі қатынаспен байланысады:

$$a_{жс} = \varepsilon R. \tag{6}$$

(3) және (6) формулаларды пайдаланып, толық үдеудің бұрыштық шамалармен қатынасын аламыз:

$$a = \sqrt{a_{u.m.}^2 + a_{жс}^2} = \sqrt{\omega^4 R^2 + \varepsilon^2 R^2} = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$$

$$a = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}.$$

**ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ**

Радиусы 10 см дөңгелек 3,14 рад/с<sup>2</sup> тұрақты бұрыштық үдеумен айналады. Қозғалыс басталғаннан кейінгі бірінші секундтың соңында 1) бұрыштық жылдамдықты, 2) сызықтық жылдамдықты, 3) жанама үдеуді, 4) центрге тартқыш үдеуді, 5) толық үдеуді анықтаңдар.

**Берілгені:**

$$R = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\varepsilon = 3,14 \text{ рад/с}^2$$

$$v_0 = 0, \omega_0 = 0$$

$$t = 1 \text{ с}$$

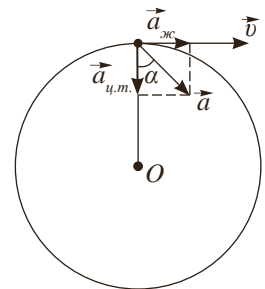
$$\omega - ? \quad v - ? \quad a_{жс} - ? \quad a_{u.m.} - ?$$

$$a - ?$$

**Шешуі:**

Дененің шеңбер бойымен теңүдемелі қозғалысы кезінде оның бұрыштық жылдамдығы  $\omega = \omega + \varepsilon t$ . Есептің шарты бойынша  $\omega_0 = 0$ , онда  $\omega = \varepsilon t$ . Бірінші секундтың соңында  $\omega = 3,14 \text{ рад/с}$ .

Сызықтық жылдамдықтың бұрыштық жылдамдықпен байланыс формуласы  $v = \omega R$ . Бірінші секундтың соңында  $v = 3,14 \text{ м/с}$ .



Жанама үдеу уақытқа тәуелді емес, ол тұрақты және  $a_{жс} = \varepsilon R = 0,314 \text{ м/с}^2$ -қа тең. Центрге тартқыш үдеу уақыттың квадратына пропорционал өседі:

$$a_{ц.м.} = \omega^2 R = \varepsilon^2 t^2 R, \text{ бірінші секундтың соңында } a_{ц.м.} = 0,986 \text{ м/с}^2.$$

Толық үдеуді Пифагор теоремасы бойынша анықтаймыз:  $a = \sqrt{a_{ц.м.}^2 + a_{жс}^2}$ .  
 $t = 1 \text{ с}$  болғанда,  $a = 1,03 \text{ м/с}^2$ .

**Жауабы:**  $\omega = 3,14 \text{ рад/с}$ ,  $v = 3,14 \text{ м/с}$ ,  $a_{жс} = 0,314 \text{ м/с}^2$ ,  $a_{ц.м.} = 0,986 \text{ м/с}^2$ ,  $a = 1,03 \text{ м/с}^2$ .

### Бақылау сұрақтары

1. Сызықтық жылдамдықтың модуль бойынша өзгеру шапшаңдығын толық үдеудің қай құраушысы сипаттайды? Бағыты бойынша өзгеруін ше?
2. Қандай шарттарда қисықсызықты қозғалатын дене траекториясы түзу сызықты болады?
3. Қандай шаманы бұрыштық үдеу деп атайды? Ол жанама үдеумен қалай байланысады? Толық үдеумен ше?

### ★ Жаттығу

3

1. Радиусы 1 м шеңбер бойымен теңүдемелі қозғала бастаған нүкте 10 с ішінде 50 м жол жүріп өтеді. Қозғалыс басталған соң 5 с өткеннен кейін нүктенің центрге тартқыш үдеуі неге тең?
2. Пойыз 54 км/сағ бастапқы жылдамдықпен жолдың дөңгелектенген бөлігіне кіреді және 600 м жолды 30 с ішінде жүріп өтеді. Дөңгелектеу радиусы 1 км. Осы жолдың соңындағы пойыздың жылдамдығы мен толық үдеуінің модулін табындар, жанама үдеуді модулі бойынша тұрақты деп есептеңдер.
3. Сермер (маховик)  $\omega_0 = 2\pi \text{ рад/с}$  бастапқы бұрыштық жылдамдыққа ие болды. Ол 10 айналым жасап, үйкеліс нәтижесінде мойынтіректе тоқтады. Сермердің бұрыштық үдеуін тұрақты деп есептеп, оның мәнін табындар.
4. Нұр-Сұлтан қаласындағы «Думан» ойын-сауық кешенінің жанында орналасқан шолу дөңгелегінің биіктігі 65 метрді құрайды (11-сурет). Айналу периоды 7 минутты құрайтын болса, жұмыс кезінде дөңгелек кабиналары бекітілген нүктелердің сызықтық және бұрыштық жылдамдықтарын, центрге тартқыш және бұрыштық үдеулерін анықтаңдар.



*11-сурет. ТМД елдеріндегі биіктігі жағынан екінші орындағы шолу дөңгелегі*

### Шығармашылық тапсырма

«Дүниежүзі саябақтарындағы экстремалдық аттракциондардың кинематикалық сипаттамалары. Оларды қолдану кезіндегі қауіпсіздік техникасы» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.

## 1-тараудың қорытындысы

Галилей түрлендірулері		Галилей түрлендірулерінің салдары	
$x = x_1 + ut$ $y = y_1$ $z = z_1$ $t = t_1$		$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$ $\vec{v} = \vec{v}_{салыст} + \vec{v}_{мас}$	
Шеңбер бойымен теңайнымалы қозғалыс	Үдеу	Бұрыштық үдеу	Үдеулердің байланыстары
	$a = \sqrt{a_{ум.}^2 + a_{эс}^2}$	$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$ $\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t}$	$a_{эс} = \varepsilon R$
	Бұрыштық жылдамдық	Бұрыштық орын ауыстыру	Үдеу мен бұрыштық жылдамдықтың байланысы
	$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$ $\omega_{opt} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$	$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$ $\varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}$	$a_{ум.} = \omega^2 R$ $a = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$

### Глоссарий

**Механика** – материялық денелердің механикалық қозғалысы мен олардың өзара әрекеттесуі туралы ғылым.

**Кинематика** – денелердің қозғалыс заңдылықтарын олардың массасы мен денеге әсер ететін күштерді ескермей сипаттайтын механиканың бөлімі.

**Қозғалыс заңы** – дененің координатасының қозғалыс уақытына тәуелділігі.

**Салыстырмалы жылдамдық** – дененің қозғалатын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы.

**Тасымал жылдамдық** – қозғалатын санақ жүйесінің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы.

**Бұрыштық үдеу** – бұрыштық жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама.

## ДИНАМИКА

Дененің қозғалыс түрінің пайда болу себебін қарастыратын механика бөлімі *динамика* деп аталады. *Динамика* (ежелгі грек. *δύναμις* – күш) – денеге әсер ететін күштердің әсерінен болатын қозғалысты қарастыратын механиканың бөлімі. Бөлімнің негізінде Ньютонның үш заңы жатыр. Динамика есептерін шешу үшін керекті барлық теңдеулер мен теоремалар Ньютон заңдарының салдары болып табылады.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- Ньютон заңдарын түсінесіңдер және теңәсерлі күшті анықтауды;
- бүкіләлемдік тартылыс заңын түсінесіңдер және ғарыш аппаратарының қозғалысын сипаттауды;
- көкжиекке бұрыш жасай және вертикаль лақтырылған денелердің қозғалысы кезінде физикалық шамалардың өзгеруін сипаттауды үйренесіңдер.

## § 4. Күштер. Күштерді қосу. Ньютон заңдары

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- Ньютон заңдарын түсініп, теңәсерлі күшті анықтай аласыңдар.



### 1-тапсырма

1. Массасы 2500 кг жонғыш білдекке әсер ететін ауырлық күшін және оның салмағын өздерің қалаған масштабта бейнелеңдер.
2. Тапсырманың орындалу алгоритмін құрастырыңдар.



### 2-тапсырма

1. Молекула текті электромагниттік күштерді есептеу формулаларын жазыңдар.
2. Аталған күштердің бағыттарын және түсу нүктелерін көрсетіп, графикалық түрде бейнелеңдер.

## I Табиғаттағы күштер

Бізді қоршаған денелер өзара әрекеттесу нәтижесінде кеңістіктегі орнын өзгертеді немесе деформацияланады. *Басқа денелерге немесе өріске әсер ету шамасы – күш, бағыты бар физикалық шама болып табылады.* Күш әсерінің нәтижесі оның сандық мәніне, бағытына және түсу нүктесіне тәуелді. Күш дененің қозғалыс жылдамдығының өзгеруіне тікелей себепкер болып табылады.

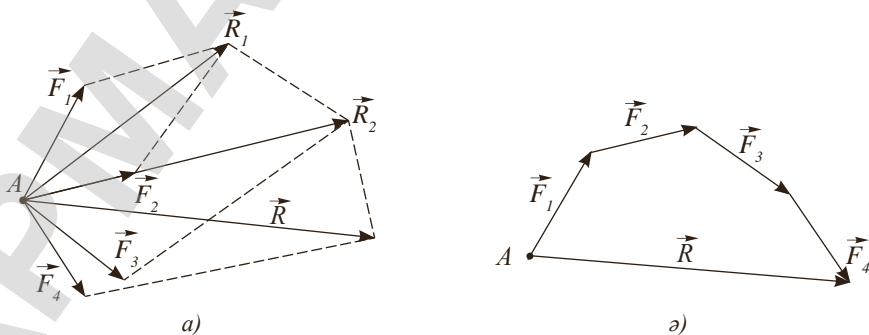
Пайда болу табиғатына байланысты күш төрт түрлі болады: гравитациялық, электромагниттік, күшті (ядролық), әлсіз.

Гравитациялық күштерге бүкіләлемдік тартылыс күші мен ауырлық күші жатады. Молекула текті электромагниттік күштерге серпімділік күші, үйкеліс күші, дененің салмағы, тіректің реакция күші, Архимед күші жатады. Механикада денелердің гравитациялық және молекула текті электромагниттік күштердің әсерінен пайда болған қозғалыстары қарастырылады. Күшті және әлсіз күштер ядролық физикада және элементар бөлшектер физикасында оқытылады.

## II Күштерді қосу

Денеге әсер ететін барлық күштердің теңәсерлі күшін анықтаудың екі тәсілі бар – *геометриялық және аналитикалық.* Геометриялық тәсіл векторларды үшбұрыш немесе параллелограмм ережесі бойынша қосуға негізделген. Теңәсерлі күшті аралық теңәсерлі күштерді (12 а) сурет) немесе күштік көпбұрышты (12 ә) сурет) тұрғызу арқылы күштерді тізбектей қосу жолымен анықтайды. Теңәсерлі күшті графиктік жолмен анықтауда күш векторларын кез келген тәртіпте сызуға болады, бұдан теңәсерлі күштің бағыты мен шамасы өзгермейді. Теңәсерлі күштің векторы бірінші вектордың басынан соңғы вектордың ұшына бағытталған.

мен анықтауда күш векторларын кез келген тәртіпте сызуға болады, бұдан теңәсерлі күштің бағыты мен шамасы өзгермейді. Теңәсерлі күштің векторы бірінші вектордың басынан соңғы вектордың ұшына бағытталған.



12-сурет. Теңәсерлі күшті анықтаудың геометриялық тәсілі

Аналитикалық немесе координаталық тәсіл барлық әсер етуші күштердің өзара перпендикуляр  $Ox$  және  $Oy$  осьтеріне проекцияларының қосындысын анықтауға негізделген:

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny}$$

Алынған нәтижелерді Пифагор теоремасы бойынша теңәсерлі күш модулін анықтау үшін қолданады:

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$$

### III Динамиканың негізгі заңдары

Денелердің қозғалыс түрлері және олардың пайда болу себептерін қорытындылай келе, Ньютон үш түрлі заң тұжырымдады.

#### Ньютонның I заңы:

**Денеге күш әсер етпесе немесе денеге түсірілген күштердің әсері теңгерілген болса, онда дене инерциялық санақ жүйелеріне қатысты тыныштық күйін сақтайды немесе бірқалыпты және түзу сызықты қозғалады.**

Егер денеге әсер ететін күштердің теңәсерлі күші нөлге тең болса, Ньютонның I заңы мына түрге келеді:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0, \quad a = 0, \quad v = const$$

немесе  $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$

Ньютонның бірінші заңы дене бірқалыпты және түзу сызықты қозғалатын шарттарды анықтайды. Ньютонның бірінші заңы орындалатын санақ жүйесін *инерциялық санақ жүйесі (ИСЖ)* деп, ал заңның өзін *инерция заңы* деп атайды.

Планетамыздағы механикалық құбылыстарды сипаттау үшін ИСЖ ретінде Жерді, тыныштықтағы денелерді және Жерге қатысты тұрақты жылдамдықпен қозғалатын денелерді алады.

Үдеумен қозғалатын денелерге қатысты Ньютонның бірінші заңы орындалмайды. Үдеумен қозғалатын денелермен байланысқан жүйелерді *инерциялық емес (ИЕСЖ)* деп атайды.

#### Ньютонның II заңы:

**Дененің алатын үдеуі оған түсірілген теңәсерлі күшке тура пропорционал және оның массасына кері пропорционал.**

#### Күштік көпбұрыш тұрғызу алгоритмі

1. Жазықтықта А нүктесін немесе дененің массалар центрін таңдаймыз.
2. Таңдалған нүктеге  $\vec{F}_1$  бірінші вектордың басын түсіріп, пішінін немесе ұзындығын сақтай отырып, өз-өзіне параллель орналастырамыз.
3. Бірінші вектордың ұшына  $\vec{F}_2$  екінші вектордың басын орналастырайық. Қалған  $\vec{F}_3$  және  $\vec{F}_4$  күш векторларын осы тәртіпте сыза береміз.
4. Теңәсерлі күш векторы алынған сынық сызықты тұйықтайды, ол бірінші вектор басын соңғы вектордың ұшымен жалғайды және оған қарсы бағытталады.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n}{m}$$

Үдеудің бағыты денеге түсірілген барлық күштердің теңәсерінің бағытымен сәйкес келеді  $\vec{a} \uparrow \vec{F}_R$ . Егер теңәсерлі күш шамасы өзгермесе  $\vec{F}_R = const$ , дене теңайнымалы, яғни тұрақты үдеумен  $\vec{a} = const$  қозғалады. Ньютонның екінші заңы дене теңайнымалы немесе бірқалыпты емес қозғалатын шарттарды анықтайды. Ньютонның екінші заңы инерциялық санақ жүйесінде орындалады.

### Ньютонның III заңы:

**Денелер модулі жағынан тең, бағыттары қарама-қарсы күштермен өзара әрекеттеседі. Олар әртүрлі денелерге түсірілген табиғаты бірдей күштер, бір түзудің бойында әсер етеді.**

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Динамикада есептерді шешуде стандартты тапсырмаларды орындауға мүмкіндік беретін алгоритм қолданылады.

### Динамикада есептер шешу алгоритмі

1. Суреттен денеге әсер ететін күштерді және үдеудің бағытын көрсету (13-сурет).

2. Қозғалыстың негізгі заңын векторлық түрде жазу:

$$m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{үйк}} + \vec{N}.$$

3. Есептеуге ыңғайлы  $Ox$  және  $Oy$  осьтерін таңдап, олардың бірін дененің қозғалыс бағыты бойынша бағыттау.

4. Қозғалыстың негізгі заңын таңдалған осьтерге проекциялар түрінде жазу:

$$ma_x = F_x + mg_x + F_{\text{үйк}x} + N_x$$

$$ma_y = F_y + mg_y + F_{\text{үйк}y} + N_y.$$

5. Векторлар проекцияларын таңбаларын ескеріп, модульдері арқылы өрнектеу:

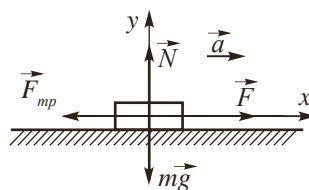
$$ma = F - F_{\text{үйк}}$$

$$0 = -mg + N.$$

6. Қажет болған жағдайда кинематикалық шамалар мен күштерді есептеу формулаларын жазу, мысалы:

$$F_{\text{үйк}} = \mu N; a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}.$$

7. Теңдеулер жүйесін белгісіз шамаға, мысалы, соңғы жылдамдыққа қатысты шешу.



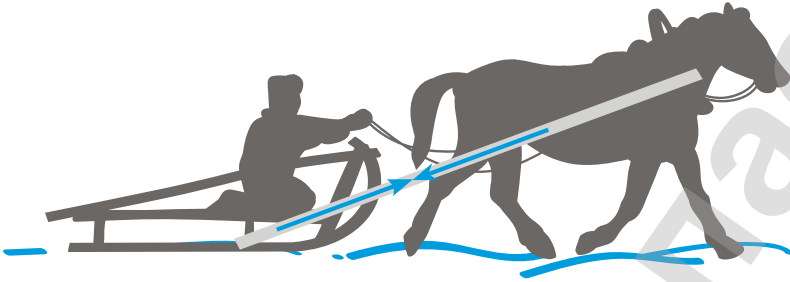
**13-сурет.** Төрт түрлі күштің әсерінен дене көлденең жазықтықта  $a$  үдеумен қозғалады





**Жауабы қандай?**

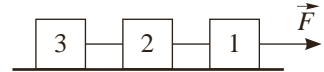
Ньютонның III заңы бойынша жылқының және шананың өзара әрекеттесу күштері бірдей (14-сурет). Неліктен жылқы шананы сүйреп бара жатыр, неге керісінше емес?



14-сурет. Ньютонның III заңы бойынша өзара әрекеттесу күштері тең

**ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ**

Салмақсыз жіппен байланысқан бірдей үш текше, бірінші текшеге түсірілген  $F = 12$  Н күштің әсерінен, үстел бетімен горизонталь қозғалады. Екінші және үшінші текшені байланыстырып тұрған жіптің керілу күші неге тең (суретті қараңдар)?



**Берілгені:**

$F = 12$  Н  
 $m_1 = m_2 = m_3 = m$   
 $F_k - ?$

**Шешуі:**

Массалары  $m$ , бірдей 3 текшеден тұратын жүйе үшін Ньютонның II заңын жазамыз:

$3ma = F$ . (1)

Жіптің керілу күші әсерінен қозғалатын үшінші дене үшін:

$ta = F_k$ . (2)

Текшелердің үдеулері бірдей болғандықтан (созылмайтын жіп), (1) және (2) теңдеулерден шығатыны:

$F_k = \frac{F}{3}$ ,

$F_k = 4$  Н.

**Жауабы:**  $F_k = 4$  Н.

**Бақылау сұрақтары**

1. Теңәсерлі күшті қалай анықтайды?
2. Ньютон заңдарын тұжырымдаңдар.
3. Күштер пайда болу табиғатына қарай неше түрге бөлінеді?

1. Вертикаль болат пешке жабысып тұрған массасы 50 г магнит бірқалыпты вертикаль жоғары орын ауыстыруы үшін оған қандай күш түсіру керек? Магниттің бірқалыпты ( $a = 0$ ) вертикаль төмен қозғалуы үшін 1,5 Н күш жұмсалады. Есепті алгоритм бойынша шешіңдер.
2. Қылыш-балық шабуылдаған кезде оның жылдамдығы 140 км/сағ-қа жетеді (15-сурет). Ол өзіне ешқандай зақым келтірместен, қайықты тесе алады. Оның үшкір тұмсығы – «қылышының» түбінде, гидравликалық амортизатор – май толған кішірек қабаттар болады. Олар соққыны әлсіретеді. Егер массасы 10 кг балық қалыңдығы 20 см қайықты 0,5 с ішінде тесіп өтсе, қайық қаптамасының кедергі күшін анықтаңдар.



15-сурет. Қылыш-балық қайықтарға қауіп тудырады

### Шығармашылық тапсырма

Негізгі сипаттамаларын және өзара байланыстарын көрсете отырып, «Табиғаттағы күштер» кластерін құрастырыңдар.

## § 5. Бүкіләлемдік тартылыс заңы

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- бүкіләлемдік тартылыс заңын түсінесіңдер және ғарыш аппараттарының қозғалыстарын сипаттай аласыңдар.

### I Бүкіләлемдік тартылыс заңын материялық нүктелерге қолдану

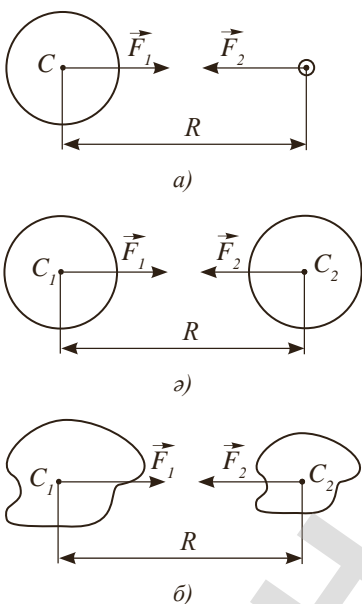
Бүкіләлемдік тартылыс заңын 1667 жылы Исаак Ньютон тұжырымдады.

**Екі дененің тартылыс күші осы денелердің массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал.**

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}, \quad (1)$$

мұндағы  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$  – гравитациялық тұрақты.

Массалары аз денелердің тартылыс күштері мардымсыз. Пішіндері негізінен шар тәріздес болып келетін аспан денелері үшін оның мәні көбірек болады. Гравитациялық өзара әрекеттесу күштері денелердің ауырлық центрлерін қосатын түзудің бойымен бағытталған, оларды *центрлік күштер* деп атайды (16-сурет).



### II Планета серіктерінің орбиталары. Бірінші ғарыштық жылдамдық

Ньютон планеталардың және олардың серіктерінің қозғалысы бүкіләлемдік тартылыс заңына, энергияның сақталу заңына және динамиканың негізгі заңдарына бағынады деп санаған. Ньютонның екінші заңы бойынша бірінші ғарыштық жылдамдықтың мәнін анықтайық:

$$ma_{u.m.} = F. \quad (2)$$

Бүкіләлемдік тартылыс заңын және центрге тартқыш үдеуді планета серігінің сызықтық жылдамдығымен байланыстыратын формуланы қолдана отырып, (2) өрнекті мына түрде жазамыз:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}, \quad (3)$$

мұндағы  $M$  – Жер массасы. (3) қатынастан планета серігінің жылдамдығын өрнектейміз:

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}}. \quad (4)$$

Жердің жасанды серіктері (ЖЖС) үшін бірінші ғарыштық жылдамдық 7,9 км/с. Жер бетіне жақын маңда 7,9 км/с жылдамдықпен горизонталь жіберілген дене ЖЖС болып табылады. Біздің планетамыздың қисықтығына байланысты ол Жер бетіне құлай алмайды.

**16-сурет.** Бүкіләлемдік тартылыс күштері центрлік күштерге жатады



### Жауабы қандай?

Көлемі үлкен денелер арасындағы тартылыс күшін анықтағанда, неліктен олардың ауырлық центрлерінің орналасуын білу қажет?



**Есте сақтаңдар!**

Жердің жасанды серіктерінің қозғалыс жылдамдығын есептеуде еркін түсу үдеуін центрге тартқыш үдеу ретінде, ал Жердің радиусы мен ұшу биіктігін Жердің жасанды серігі қозғалатын шеңбердің радиусы ретінде қабылдаймыз.



**Есте сақтаңдар!**

Егер Жердің жасанды серігін континентаралық стансыдан ұшырса, онда бірінші ғарыштық жылдамдық

$$v_{1n} = \sqrt{\frac{GM}{R_{жс} + h}}$$

аз болады. Жер радиусына тең биіктікте:

$$v_{1n} = 5,6 \frac{км}{с}$$

Дене орбитасының радиусы көп болған сайын оның орбиталық жылдамдығы аз болады.



**Маңызды ақпарат**

Энергияның сақталу заңын қолдана отырып, Жердің жасанды серігінің Жердің тартылыс күшін жеңіп шығып, Күннің жасанды серігіне айналатын жылдамдығын оңай есептеуге болады. Бұл жылдамдықты *екінші ғарыштық жылдамдық* деп атайды. Жер үшін екінші ғарыштық жылдамдық 11,2 км/с.

**III ЖЖС орбиталарының параметрлері**

Орбиталардың Жер бетінен арақашықтығы шамамен 100 км – 40 мың км аралығында өзгеріп отырады, салыстыру үшін Жердің радиусы шамамен 6400 км екенін еске түсірейік. Жердің жасанды серігін Жер айналасындағы төменгі орбиталарға шығару экономикалық жағынан тиімді, бірақ Жердің тартылысы және атмосфераның жоғарғы қабаттарының үйкелісінің әсерінен мұндай аппараттардың жұмыс істеу мерзімі ұзаққа созылмайды.

Жердің жасанды серіктерінің жұмыс істеу мерзімін арттыру үшін олардың Жерді айнала қозғалу жылдамдықтарын арттыру керек. 4-кестеде Жер айналасындағы және геостационарлық жасанды серіктердің орбиталық жылдамдықтарының мәндері берілген.

*4-кесте. Жер айналасындағы және геостационарлық ЖЖС-нің орбиталық жылдамдықтары мен периодтары*

Орбита	Жер бетінен биіктігі	Орбиталық жылдамдық	Орбиталық период
Жердің беті, салыстыру үшін	0 км	7,89 км/с	–
Төменгі тірек орбита	200–2000 км	Айналмалы 6,9–7,8 км/с Эллипстік 6,5–8,2 км/с	89–128 мин
Геостационарлық	35786 км	3,1 км/с	23 сағ 56 мин



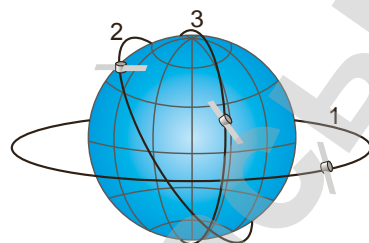
**Бұл қызық!**

1957 жылы 4 қазанда біздің планетамыздың ең алғашқы жасанды серігі пайда болды (17-сурет). Кеңес Одағы «Спутник-1» жасанды серігін Жер айналасындағы орбитаға ұшырды, ол планетаны 24500 км/сағ жылдамдықпен айналып, 92 тәулік ұшты, содан кейін атмосфераға еніп, жанып кетті.



*17-сурет. Алғашқы ЖЖС*

Жер серігі орбитасы Жерді айналу жазықтығының экватор жазықтығына бұрылу бұрышымен сипатталады (18-сурет). Егер ЖЖС орбитасы полярлы (3) болса, онда ол полюстерде экватор жазықтығына  $90^\circ$  бұрыш жасай айналады. Мұндай жасанды серіктер планетаның барлық бетін зерттей алады, оларды геодезиялық зерттеулер үшін қолданады. Егер Жердің жасанды серігінің орбитасы экваторлық (1) және Жер бетінен ұшу биіктігі 35786 км болса, онда Жердің айналу бағытымен ұшып бара жатқан ЖЖС геостационар орбитада болады және Жер экваторының бір нүктесінің үстінде Жермен бірге айналады. Мұндай ЖЖС Жер серіктік байланыс орнату үшін қолданылады. Экватор жазықтығына бұрылуы  $90^\circ$ -тан төмен (2) орбиталар навигациялық ЖЖС үшін қолданылады.



18-сурет. ЖЖС орбиталарының түрлері

#### IV Жердің жасанды серіктерінің түрлері

Жердің жасанды серіктері ғылыми зерттеулер үшін және халық шаруашылығындағы әртүрлі мәселелерді шешу үшін қолданылады. Жердің жасанды серіктерінің мынандай түрлері бар: метеорологиялық, астрономиялық, зерттеушілік, геофизикалық, телебайланыстық, навигациялық.

Метеорологиялық ЖЖС ауа райы жағдайларын болжау үшін қолданылады. Олар үнемі Жердегі стансыларға бұлт, Жердің мұзды және қарлы жамылғысы суреттері түріндегі және атмосфераның түрлі қабаттарындағы және Жер бетіндегі температура туралы мәліметтерді, ауаның химиялық құрамы, атмосфералық қысым туралы ақпараттарды жіберіп тұрады. Алғашқы метеорологиялық жер серігі TIROS 1960 жылы 1 сәуірде ұшырылды (19-сурет). Заманауи метеорологиялық ЖЖС көрінетін ғана емес, тіпті инфрақызыл спектрде байқалатын құбылыстарды да тіркеп отыратын радиометрлермен жабдықталған.



19-сурет. Жердің алғашқы метеорологиялық жасанды серігі TIROS

Астрономиялық ЖЖС – планеталарды, галактикалар мен басқа да ғарыш нысандарын зерттеуге арналған жасанды серіктер. Мұндай аппараттарға электромагниттік толқындардың әртүрлі диапазонында әрекет ететін орбиталық телескоптар мысал бола алады. Орбитаға біршама елдердің телескоптары шығарылды, мысалы, италиялық «AGILE», америкалық «Fermi Gamma-ray Space Telescope», сондай-ақ инфрақызыл толқындардың диапазонында жұмыс істейтін жапондық «AKARI» телескобы. АҚШ шығарған «Hubble Space Telescope» телескобы инфрақызыл сәулеленуден ультракүлгін сәулеленуге дейінгі диапазондағы ғарыш нысандарын зерттейді (20-сурет).



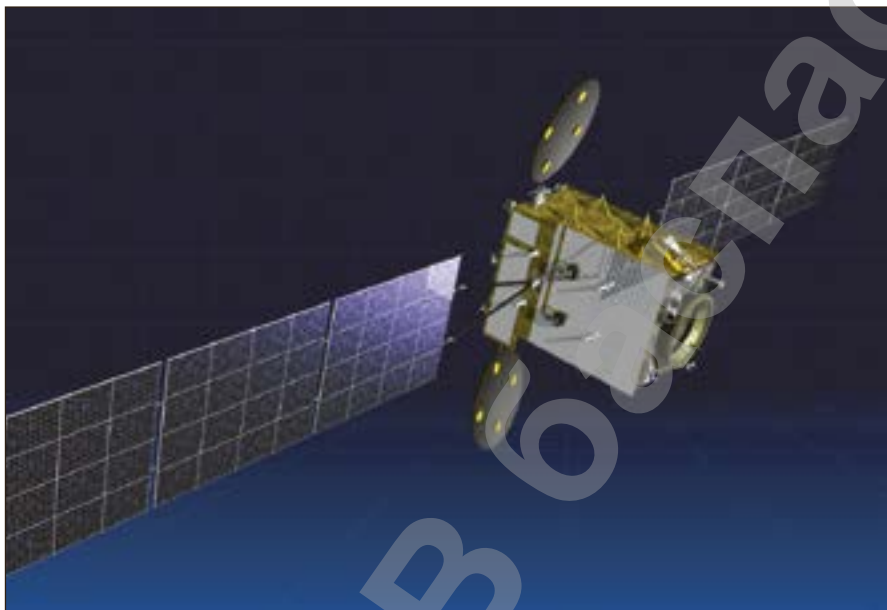
*20-сурет. «Hubble» телескобы*

*Геофизикалық ЖЖС* – Жерді қашықтықтан барлауды (ЖҚБ) жүзеге асыратын жасанды серіктер. Түсіру аппараты қабылдайтын толқын ұзындығының диапазоны ультракүлгіннен бастап радиотолқынға дейінгі аралықты қамтиды. Жердің жасанды серіктері флора мен фаунаның жағдайын, әуе және теңіз ағынын бақылау үшін, пайдалы қазбаларды барлау үшін қолданылады. Мұндай аппараттарға, мысалы, «AQUA», «AURA», «Landsat» (21-сурет) сериясындағы жасанды Жер серіктері жатады. Осы типтегі алғашқы аппарат «Landsat 1» 1972 жылы 23 шілдеде ұшырылды. Ол біздің планетамыздың беткі қабатын бақылау мен зерттеу мақсатында ұшырылған алғашқы жасанды серік болатын.



*21-сурет. Жерді қашықтықтан барлауды іске асыратын ЖЖС «Landsat 8»*

*Телебайланыстық ЖЖС* – құрлықтар арасында телефон байланысын ұйымдас-тыруға, телевизия арналарын планетаның барлық аймақтарына таратуға, интернет-мәліметтерді Жердің кез келген нүктесіне жіберуге арналған (22-сурет). Мұндай жасанды серіктермен тәжірибе жасауды АҚШ 1960 жылы, Кеңес Одағы 1965 жылы, Қазақстан 2006 жылы бастады.



**22-сурет.** Қазақстандық телебайланыстық ЖЖС KazSat-3

*Навигациялық ЖЖС* – GPS жүйесі (23-сурет) арқылы планетадағы нысандарды жылдам және нақты анықтауға арналған Жердің жасанды серігі. Нысанның жағдайы мен нақты уақыты туралы бірнеше Жер серіктерінің жіберген мәліметтерінің арқасында, Жердегі нысанның орнын ондаған метрге дейінгі дәлдікпен есептеуге болады. Қазіргі уақытта навигацияның ғаламдық жүйесі GPS пен ГЛОНАСС болып табылады.

*Ғылыми-зерттеу ЖЖС* – биологиялық, медициналық немесе инженерлік т.б. түрлі ғылыми зерттеулерді жүргізу үшін қолданылады.



**23-сурет.** GPS навигациялық жүйесі

## **V Қазақстандық ЖЖС**

М.Хруничев атындағы Ресей мемлекеттік ғарыштық ғылыми-өндіріс орталығында құрастырылған алғашқы қазақстандық ЖЖС 2006 жылы маусымда Байқоңыр ғарыш айлағынан ұшырылды. «KazSat-1» жасанды серігі – жеңіл телебайланыстық

геостационарлық жасанды серік. Оған ҚР интернет-байланыс және телехабар жүйесі көшірілді. Басқару жүйесінде қалыптан тыс жағдай орын алуына байланысты «KazSat-1» жасанды серігі 2008 жылдың 8 маусымында бағдарланбаған ұшу тәртібіне көшті. 2009 жылы 6–13 тамыз аралығында «KazSat-1» апаттық ғарыш аппаратын жою шаралары өткізілді, өйткені ғарыш аппараты Жердің басқа жасанды серіктерінің ұшуына қауіп төндіре бастаған еді.

Орбитаға 2011 жылы «Протон» зымыран-тасымалдағышымен «KazSat-2» және 2014 жылы «KazSat-3» ЖЖС шығарылды. ЖЖС телевизия хабарларын таратуды қамтамасыз етуге және ҚР аумағына, Орталық Азия мен Ресейдің орталық бөліктеріне Жер серіктік байланыс жүйесінде мәліметтер жіберуге, сонымен қатар қазақстандық Жер серіктік байланыс операторларының қажеттіліктерін қанағаттандыруға арналған. Кезекті «KazSat-4» жасанды Жер серігін Нұр-Сұлтан қаласындағы жинақтау-сынау кешенінде құрастыру жоспарлануда.

Жерді қашықтықтан барлаудың ғарыштық жүйесінің қазақстандық алғашқы жасанды серігі – KazEOSat-1 (24- сурет) 2014 жылы 30 сәуірде Франциялық Гвианадағы Куру ғарыш айлағынан «Ariane» зымыран-тасымалдағышымен ұшырылды. ҒА ЖҚБ орташа рұқсатты KazEOSat 2014 жылы 20 шілдеде Ресейдің «Ясный» ғарыш айлағынан ұшырылды.



24-сурет. ҚР Геофизикалық ЖЖС KazEOSat-1

### Бақылау сұрақтары

1. Бүкіләлемдік тартылыс заңын тұжырымдаңдар.
2. Тартылыс күші дененің қандай нүктесіне түсіріледі?
3. Аспан денелерінің гравитациялық өрістері олардан алыстағанда қалай өзгереді?
4. Жердің жасанды серіктері дегеніміз не?
5. Жердің жасанды серіктерінің қандай түрлерін білесіңдер?

### ★ Жаттығу

5

1. 1961 жылы 12 сәуірде әлемнің алғашқы ұшқыш-ғарышкері Ю.А. Гагарин басқарған «Восток» ғарыш кемесінің Жер бетінен көтерілген ең үлкен қашықтығы 327 км болатын. Оған орбитада әсер еткен ауырлық күші Жерде әсер еткен ауырлық күшінен неше процентке аз? Ғарышкер неліктен салмақсыздық күйінде болған?
2. Жердің жасанды серігі Жер бетінен 600 км биіктікте дөңгелек орбита бойымен қозғалу үшін қандай жылдамдыққа ие болуы керек? Оның айналу периоды қандай?



3. Жер бетінен 21600 км биіктікте қозғалып бара жатқан Жердің жасанды серігінің жылдамдығы Жер бетінен 600 км биіктікте қозғалып бара жатқан жасанды серіктің жылдамдығынан неше есе өзгеше? Жердің радиусын 6400 км деп алыңдар.
4. Байқоңыр ғарыш айлағынан 1959 жылдың 12 қыркүйегінде «Восток-Л» зымыраны ұшырылды. Ол Жердің табиғи серігі Айдың ұшу траекториясына «Луна-2» автоматтандырылған планетааралық стансысын алып шықты, стансы келесі күні Айға қонды. Бұл – әлемдегі Айға орналастырылған ең бірінші стансы (25-сурет). Стансыға әсер ететін Жердің тартылыс күші  $R_{жс}$ ,  $2R_{жс}$ ,  $3R_{жс}$  қашықтықтарда неше есеге азаяды?



25-сурет. «Луна-2» автоматты планетааралық стансысы

### Шығармашылық тапсырма

1. Күн мен оның жүйесіндегі планеталардың арасындағы тартылыс күшін анықтаңдар. Алынған нәтижелерге талдау жасаңдар. Қажетті мәліметтерді анықтамалық қосымша әдебиеттерден алыңдар.
2. Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:
  - Ең алғашқы ЖЖС-тың ұшырылуы.
  - Ғарыш қоқысы мәселесінің шешімі.
  - Неліктен ЖЖС-тар соқтығысуы мүмкін?
  - Жерлеу орбитасы.

## § 6. Гравитациялық өрістегі дененің қозғалысы

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- көкжиекке бұрыш жасай және вертикаль лақтырылған дененің қозғалысы кезіндегі физикалық шамалардың өзгеруін сипаттай аласыңдар.

### I Үдеу, гравитациялық өрісте вертикаль қозғалған дененің лездік және орташа жылдамдығы

Дене Жердің тартылыс күшінің әсерінен еркін түсу үдеуімен қозғалады. Бұндай жағдайда қозғалысты *еркін түсу* деп атайды. Үдеу – жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама екені белгілі:

$$g_y = \frac{v_y - v_{oy}}{\Delta t} \quad (1)$$

Қозғалыстың бастапқы жылдамдығының мәні белгілі болғанда дене қозғалысының лездік жылдамдығын анықтауға болады. *Лездік жылдамдық* – дененің кез келген уақыт мезетіндегі жылдамдығы.

$$v_y = v_{oy} + g_y t \quad (2)$$

Жылдамдықтың уақытқа тәуелділігі – сызықты. Демек, орташа жылдамдықты жеке аумақтағы бастапқы және соңғы жылдамдықтардың арифметикалық орташа мәні ретінде анықтауға болады:

$$v_{opt} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (3)$$

### II Қозғалыстардың тәуелсіздігі

Физиктер қозғалыс түрлерін зерттеу барысында бір дененің бірнеше қозғалысқа қатыса алатынын және бұл қозғалыстар бір-біріне әсерін тигізбейтінін анықтады. Мысалы, көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене қозғалысы ауа кедергісін ескермеген жағдайда, екі түзу сызықты қозғалыстың – дененің вертикаль еркін түсуі мен горизонталь бағыттағы бірқалыпты қозғалысының үйлесімі ретінде қарастырылады. Қозғалыстың әрбір түрі сәйкесінше бір-бірінен өзгеше заңдармен және кинематикалық шамаларды есептеу теңдеулерімен сипатталады. Бұл қозғалыстарға ортақ нәрсе – қозғалыс уақыты.



#### Естеріңізге түсіріңдер!

Егер дененің үдеуі оның қозғалыс жылдамдығымен бағытталса, онда қозғалыс теңдеуі болады.

Егер дененің үдеуі оның қозғалыс жылдамдығына қарама-қарсы бағытталса, онда қозғалыс теңдеуі болады.



#### Жауабы қандай?

1. Вертикаль жоғары лақтырылған дене қалай қозғалады?
2. Оның қозғалысы вертикаль төмен түскенде қалай өзгереді?



#### Есте сақтаңдар!

*Баллистика* – лақтырылған дененің Жер атмосферасындағы қозғалысын зерттейтін ғылым.

### III Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалыс траекториясы.

#### Баллистика

Затты алыс қашықтыққа лақтыру ертеден қарастырылып келеді. Қолмен лақтырылған немесе айырсадақтан атылған тас, садақтан атылған жебе, мылтықтан атылған оқ, артиллериялық снаряд, баллистикалық зымыран – осы саланың жетістіктері болып саналады.

Криминалистер баллистикалық сараптама жүргізу арқылы оқ атушының орнын және атылған оқтың траекториясын нақты анықтай алады. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене *парабола* деп аталатын қисық сызықтың бойымен қозғалады. Оны қозғалыстың тәуелсіздігі принципін (ауа кедергісін есептемей) қолданып, оңай тұрғызуға болады. Дененің бастапқы жылдамдығы горизонталь болатын ең қарапайым жағдайды қарастырайық.

Қандай да бір  $t$  уақыт өткен соң дене көлденеінен  $s_1 = v_0 t$  және төмен  $h_1 = \frac{gt^2}{2}$  бөлікке орын ауыстырады (26-сурет).  $2t$  уақыт өткен соң горизонталь бөлік  $s_2 = 2v_0 t$ , ал вертикаль бөлік  $h_2 = 4 \frac{gt^2}{2}$  болады.  $3t$  уақыт аралығына  $s_3 = 3v_0 t$  және  $h_3 = 9 \frac{gt^2}{2}$  орын ауыстыру сәйкес келеді. Алынған нүктелерді біріктіріп, дененің қозғалыс траекториясын аламыз.

Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалыс траекториясын осыған ұқсас аламыз. Ол үшін алдын ала жылдамдықты вертикаль және горизонталь құраушыларға жіктейміз. Горизонталь сызыққа дененің  $s_1 = v_{гор} t$ ,  $s_2 = v_{гор} 2t$ ,  $s_3 = v_{гор} 3t$  орын ауыстыруларын белгілейік. Ал вертикаль сызық бойынша

$$h_1 = v_{верт} t - \frac{gt^2}{2}, h_2 = v_{верт} 2t - \frac{g4t^2}{2}, h_3 = v_{верт} 3t - \frac{g9t^2}{2}$$

бөліктерді белгілейік. Алынған нүктелерді қосатын болсақ, парабола шығады (27-сурет).

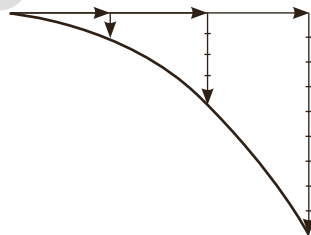
### IV Максимал ұшу қашықтығы кезіндегі бұрыштың мәні

Дененің максимал көтерілу уақыты:  $t = \frac{v_{верт}}{g}$ , толық ұшу уақыты 2 есе артық:  $t_{ұшу} = 2t = \frac{2v_{верт}}{g}$ . Ұшу қашықтығын анықтайық:

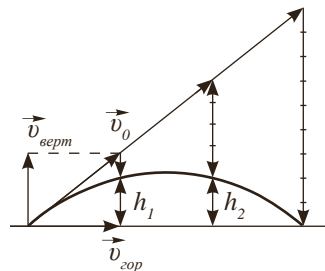
$$l = v_{гор} t = \frac{2v_{гор} v_{верт}}{g}$$

#### Бұл қызық!

Лақтырғыш мәшинелер – орта ғасырларда қолданылған әскери техника түрі. Салмағы 22 кг снарядтың қалыпты ұшу қашықтығы шамамен 460 метрді құраған. *Континентаралық баллистикалық зымыран* – ұшу қашықтығы 5500 км әскери баллистикалық зымыран.



26-сурет. Горизонталь лақтырылған дене қозғалысының траекториясы



27-сурет. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене қозғалысының траекториясы – парабола

Ұшу қашықтығы бастапқы жылдамдық құраушыларының көбейтіндісіне пропорционал. Жылдамдықтардың  $v_{гор}$   $v_{верт}$  көбейтіндісі диагоналі бастапқы жылдамдық болып саналатын тік төртбұрыш ауданына тең (29-сурет). Демек, тік төртбұрыш ауданы неғұрлым көп болса, дене соғұрлым алысқа ұшады.

Бұдан  $v_{гор} = v_{верт}$ , болғанда, бастапқы жылдамдық векторы көкжиек сызығымен  $45^\circ$  бұрыш құрайтыны шығады. Аталған шарт орындалған кезде ұшу қашықтығы максимал болады.

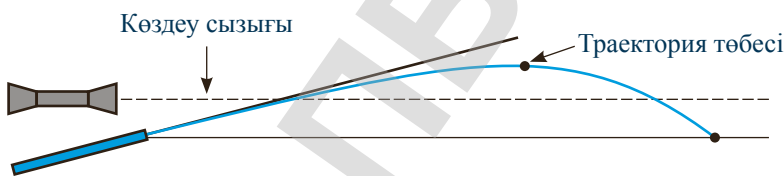
**Маңызды ақпарат**

Геометрия курсынан білетініміздей, егер диагональдардың мәні белгілі болса, қабырғалары тең тік төртбұрыштың ауданы максимал болады.

**V Модельдер әдісі және нақты әлем**

Модельдер әдісі қоршаған ортаны танудың ғылыми әдісі болып табылады. Бұл әдістің ерекшелігі – зерттелетін нысан туралы жеңілдетілген түсінік қалыптастыру, ал бұл модельдер негізінде тұжырымдалған теориялар мен жүргізілген зерттеулердің нәтижесіне жуық сипаттама бере алады. Сондықтан практикада теорияның қолданылу шегін көрсету керек.

Модельдер әдісін қолдана отырып, көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің ұшу қашықтығы максимал болатын бұрышты анықтадық. Біз ортаның кедергісі болмайтын жағдайды қарастырдық. Алынған нәтижелер Жерде емес, Айда лақтырылған дене қозғалысының траекториясына жақын болады. Ауа кедергісі ұшу қашықтығын біршама азайтып, қозғалыс траекториясын өзгертеді (28-сурет).



28-сурет. Ауаның кедергі күшінің әсерінен парабола траекториясының оң жақ тармағы өзгереді

**Жауабы қандай?**

1. Бірінші дүниежүзілік соғыс кезінде (1918 жылы) немістер Парижге ұдайы ауа шабуылын жүргізді, бірақ көп кешікпей қарсыластар тойтарыс бере бастады. Неміс штабы шабуылдың жаңа түрін – жаңа артиллериялық тактиканы таңдады. Сол кезде ату бұрышы  $52^\circ$  болғанда Парижді 110 км-ден артық қашықтықтан бомбалауға болатыны анықталды. Егер снаряд  $45^\circ$  бұрышпен атылса, оның ұшу қашықтығы 1 км-ден аспаған. Қалай ойлайсыңдар, мұның себебі неде?
2. Ұшақтарды зымырандармен жарақтандыру кезінде мынадай мәселе туындады: ұшақтан тасталған зымыран ұшақтың ұшу бағытына қарама-қарсы бағытта қозғалуы керек. Алайда зымырандар кері бұрылып, өзін тастаған ұшақтың ізіне түсетін болған. Осы құбылыстың себебін түсіндіріңдер.

## ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Дене 16 м/с жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылды. Қандай биіктікте дененің қозғалыс жылдамдығы 4 есе азаяды?

**Берілгені:**

$$v = v_0 / 4 = 4 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$h - ?$

**Шешуі:**

Қозғалыс теңдеуін жазайық:

$$v = v_0 - gt, \quad (1)$$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

(1) теңдеуден уақытты табайық:  $t = \frac{v_0 - v}{g} = \frac{16 - 4}{10} = 1,2 \text{ с.}$

(2) формулаға қойып, мынаны аламыз:

$$h = 16 \cdot 1,2 - \frac{10 \cdot 1,2^2}{2} = 12 \text{ м.}$$

**Жауабы:**  $h = 12 \text{ м.}$

## Бақылау сұрақтары

1. Қандай шаманы үдеу деп атайды?
2. Қандай жылдамдықты *лездік жылдамдық* деп атайды?
3. Қозғалыстың тәуелсіздігінің мәні неде?
4. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене қалай қозғалады?
5. Қандай шарт кезінде ұшу қашықтығы максимал болады?
6. Физикада модельдер әдісі не үшін қажет?

## ★ Жаттығу

6

1. Садақтан 60 м/с жылдамдықпен көкжиекке  $20^\circ$  бұрыш ( $\sin 20^\circ \approx 0,34$ ;  $\cos 20^\circ \approx 0,94$ ) жасай атылған жебенің бастапқы жылдамдығының құраушыларын анықтаңдар (29-сурет).



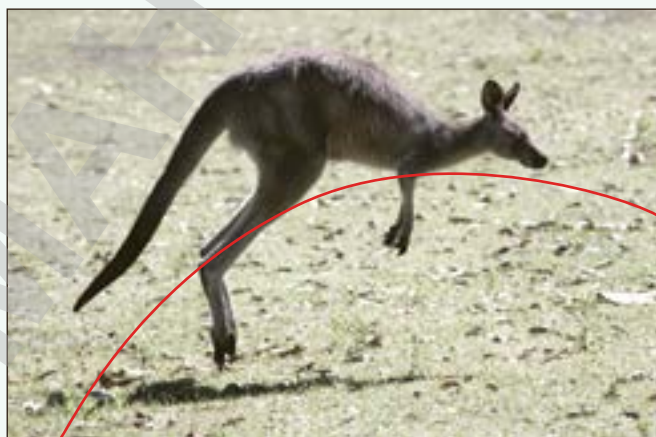
29-сурет. Садақ атудан республикалық жарысқа дайындық жаттығулары, Жамбыл облысы

2. Аустрияда *дорикниум* деп аталатын кішкентай шалабұта өседі. Күн шуағы өсімдіктің жемістерін қыздырғанда, жемістер шоғырынан тұқымдар атылып шығады. Өсімдік өз тұқымын тарату үшін алысырақ «атуға» тырысады. Егер бұтаның биіктігі 70 см, ал тұқым лақтырылған арақашықтық 2 м болса, өсімдік өз тұқымдарын қандай жылдамдықпен горизонталь «атады» (30-сурет)?



30-сурет. Тұқымдардың бұтақтан ұшу траекториясы – парабола тармағы

3. Кенгурудың артқы аяқтары үлкен әрі мықты. Сондықтан кенгурулар секіріп орын ауыстырады және құйрықтарымен тепе-теңдікті сақтайды. Ғалымдар тіркеген кенгурулардың ең ұзақ секіру қашықтығы – 13 м 63 см. Максимал секіру биіктігі – 3 м 20 см. Кенгуру максимал секіру биіктігіне жету үшін жерден қандай жылдамдықпен секіруі керек? Кенгуру максимал қашықтығына жету үшін жерден қандай бұрышпен секіруі керек (31-сурет)?



31-сурет. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған денеге мысал – кенгурудың секіруі

### Эксперименттік тапсырма

Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене траекториясының өзгеру дәрежесін дене қозғалысының жылдамдығы және лақтыру бұрышы арқылы анықтау үшін зерттеу жүргізіндер. Зерттеуде дененің орнына су ағынын алуға болады.

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Заманауи баллистиканың жетістіктері.
2. Баллиста, оның құрылысы және қолданылуы.
3. Орта ғасырдағы лақтыру мәшинелері.

## 2-тараудың қорытындысы

Ньютонның I заңы	Ньютонның II заңы	Ньютонның III заңы
$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0,$ $a = 0, v = \text{const}$	Ілгерілемелі қозғалыс үшін $\vec{F} = m\vec{a}$	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
Бүкіләлемдік тартылыс заңы		
Бір-бірінен алыстатылған денелер үшін $F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$	Басқа дененің бетінде орналасқан дене үшін $F = mg$	
Еркін түсу үдеуі		
Кеңістіктің аспан денесінің бетінен h қашықтықтағы нүктесі үшін $g = \frac{GM_D}{(R_D + h)^2}$	Аспан денесінің бетінде $g = \frac{GM_D}{R_D^2}$	

### Динамика заңдары

#### Ньютонның I заңы

Денеге күш әсер етпесе немесе денеге түсірілген күштердің әсері теңгерілген болса, онда дене инерциялық санақ жүйелеріне қатысты тыныштық күйін сақтайды немесе бірқалыпты және түзу сызықты қозғалады.

#### Ньютонның II заңы

Дененің алатын үдеуі оған түсірілген теңәсерлі күшке тура пропорционал және оның массасына кері пропорционал.

#### Ньютонның III заңы

Денелер модулі жағынан тең, бағыттары қарама-қарсы күштермен өзара әрекеттеседі. Олар әртүрлі денелерге түсірілген табиғаты бірдей күштер, бір түзудің бойында әсер етеді.

#### Бүкіләлемдік тартылыс заңы

Екі дененің тартылыс күші осы денелердің массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал.

### Глоссарий

**Динамика** (грек. *dynamic* – күш) – денеге әсер ететін күштердің әсерінен болатын қозғалысты қарастыратын механиканың бөлімі.

**Лездік жылдамдық** – дененің кез келген уақыт мезетіндегі жылдамдығы.

**Үдеу** – жылдамдықтың өзгеру шапшандығын сипаттайтын физикалық шама.



# СТАТИКА ЖӘНЕ ГИДРОСТАТИКА

Статика (*грек.  $\sigma\tau\alpha\tau\acute{o}\varsigma$*  – тепе-теңдік туралы ғылым) – материялық денелердің күш әсерінен болатын тепе-теңдік жағдайын зерттейтін механика бөлімі.

## Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- абсолют қатты денелердің массалар центрін анықтау және әртүрлі тепе-теңдікті түсіндіруді;
- Паскаль заңын және оның қолданылуын сипаттауды;
- гидростатикалық қысым терминін түсіндіруді үйренесіңдер.

## § 7. Массалар центрі. Тепе-теңдік түрлері

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- абсолют қатты денелердің массалар центрін таба аласыңдар және әртүрлі тепе-теңдікті түсіндіре аласыңдар.

### I Дененің массалар центрі

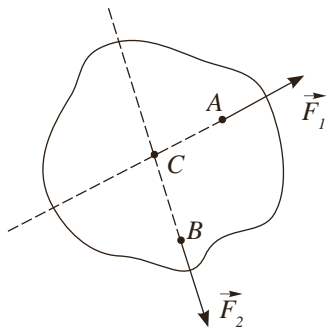
Сендер 7-сыныпта физика курсынан *массалар центрі* және *ауырлық центрі* деген ұғымдармен таныстыңдар.

**Ауырлық центрі** – кез келген жағдайда денеге әсер ететін ауырлық күшінің түсу нүктесі.

**Массалар центрі** – денені ілгерілемелі қозғалысқа келтіретін күштердің әсер ету сызықтарының қиылысу нүктесі.

### Өз тәжірибең

Бұрыс пішінді дененің массалар центрін табыңдар (32-сурет).



32-сурет. Дененің массалар центрін анықтау

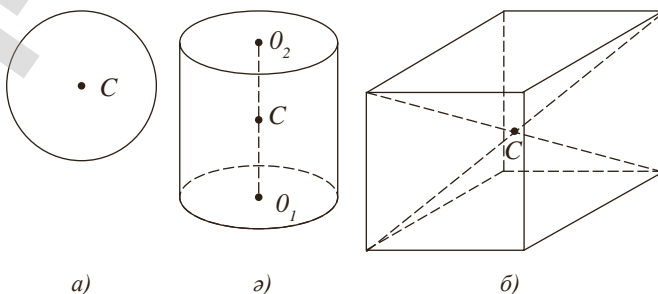
*Жер бетіндегі барлық өзара әрекеттесулерде ауырлық центрі массалар центрімен сәйкес келеді, себебі барлық денелердің көлемі Жерге қарағанда әлдеқайда кіші.*

Дұрыс пішінді дененің массалар центрі оның симметриялық центрімен сәйкес келеді. Шар, сақина, диск үшін бұл олардың геометриялық центрі (33 а сурет), ал цилиндр мен түтікше үшін осьтерінің ортасы болып табылады (33 ә сурет). Ал текше, тікбұрышты параллелепипед үшін бұл олардың диагональдарының қиылысу нүктесі болады (33 б сурет).

Денелердің бірнеше күш әсерінен болған ілгерілемелі қозғалысын қарастырғанда, біз оларды дененің барлық массасы жинақталған материялық нүктемен алмастырдық, ол нүкте *массалар центрі* болып табылады.

### 1-тапсырма

Дененің массалар центрі координаталарын анықтайтын практикалық тапсырмаларды шешудің алгоритмін құрастырыңдар.



33-сурет. Дұрыс пішінді фигуралардың массалар центрі олардың геометриялық центрінде орналасқан

### Өз тәжірибең

Денеге әсер ету сызығы массалар центрі арқылы өтпейтін күш түсіріңдер. Қозғалыс түрін сипаттаңдар.

### II Абсолют қатты дененің айналымды қозғалысының шарттары

Бізді қоршаған денелер ілгерілемелі және айналымды қозғалыс жасайды. Денеге түсірілген күштің

әсер ету сызығы немесе барлық күштердің теңәсері массалар центрі арқылы өтсе, дене қозғалысы ілгерілемелі болатыны белгілі. Әсер ету сызығы массалар центрі арқылы өтпейтін күштердің әсерінен дене айналмалы қозғалыс жасайды.

Ғимараттар мен көпірлерге, әртүрлі құрылыстарға түрлі табиғи және техникалық күштер әсер етеді, алайда олар тыныштық күйін сақтауы қажет. Тыныштықтағы денені *тепе-теңдік күйдегі дене* деп атайды. Механиканың абсолют қатты денелердің *тепе-теңдік күйін зерттейтін бөлімі статика* деп аталады.

### III Абсолют қатты дененің тепе-теңдік шарты

Келесі екі шарт орындалған кезде дене тепе-теңдік күйде болады:

1. Денеге түсірілген сыртқы күштердің қосындысы нөлге тең болғанда:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0. \quad (1)$$

2. Барлық сыртқы күштер моменттерінің қосындысы кез келген айналу осіне қатысты нөлге тең болғанда:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0, \quad (2)$$

$$M = Fd,$$

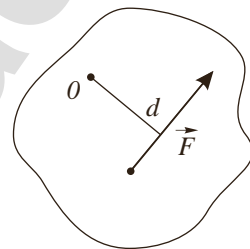
мұндағы  $M$  – күш моменті,  $d$  – күш иіні (34-сурет).

Егер күш денені сағат тілінің бағытына қарсы айналдырса, онда күш моменті оң, ал егер сағат тілінің бағытымен айналдырса, теріс болады.



#### Есте сақтаңдар!

Абсолют қатты дене – күш әсер еткенде бөлшектерінің арақашықтығы өзгермейтін дене.



**34-сурет.** Иін әсер ететін күш сызығымен тікбұрыш құрайды



#### Жауабы қандай?

1. Нәліктен әсер ету сызығы дененің массалар центрі арқылы өтпейтін күш әсерінен дене айналмалы қозғалыс жасайды?
2. Нәліктен ұзын өзекті бір ұшынан ұстағаннан гәрі көлденеңінен қойып, ортасынан ұстаған ыңғайлы?

### IV Тепе-теңдік түрлері

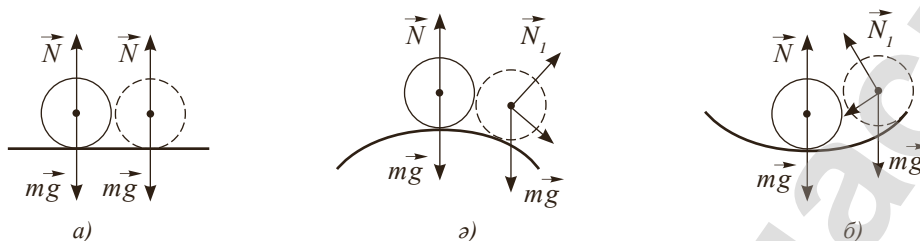
**Тепе-теңдік – дененің немесе денелер жүйесінің түсірілген күштердің әсерінен тыныштық күйін сақтауы.**

Тепе-теңдіктің үш түрі болады – *орнықты, орнықсыз және талғаусыз (35-сурет).*



## 2-тапсырма

35-суретте көрсетілген тепе-теңдік түрлерін атаңдар.



35-сурет. Тепе-теңдік түрлері

**Егер тепе-теңдік күйінен шығарылған дене бастапқы күйіне қайта оралса, онда тепе-теңдік орнықты деп аталады.**

Дене орнықты тепе-теңдік күйінен шығарылғанда дененің тепе-теңдік күйін қалпына келтіретін күштер пайда болады. Орнықты тепе-теңдік күйінде дененің ауырлық центрі барлық мүмкін жағдайлардың ең төменгісінде болады. Орнықты тепе-теңдік күйінде дене минимал потенциалдық энергияға ие болады. Мысалы, тербелмелі кресло орнықты тепе-теңдікте болады.

**Егер тепе-теңдік күйінен шығарылған дене одан әрі тепе-теңдік күйден ауытқыса, тепе-теңдік орнықсыз деп аталады.**

Дене орнықсыз тепе-теңдік күйінен сәл ғана ауытқыса да, денеге әсер ететін күштердің теңәсерлі күші оның ауытқуын арттырады. Орнықсыз тепе-теңдік күйінде ауырлық центрінің биіктігі ең үлкен болады, демек, дененің потенциалдық энергиясы максимал мәнге ие болады. Орнықсыз тепе-теңдік ке даршы (биікте тартылған арқан үстінде өнер көрсетуші адам) мысал бола алады (36-сурет).



36-сурет. Даршы орнықсыз тепе-теңдік күйінде

**Егер тепе-теңдік күйінен шығарылған дене өзінің күйін өзгертпесе, тепе-теңдік талғаусыз деп аталады.**

Талғаусыз тепе-теңдік кезінде дененің потенциалдық энергиясы өзгермейді, себебі ауырлық центрінің биіктігі бастапқы деңгейде қалады. Талғаусыз тепе-теңдік горизонталь жазықтықпен домалап бара жатқан дөңгелекке, шар тәріздес денелерге тән.

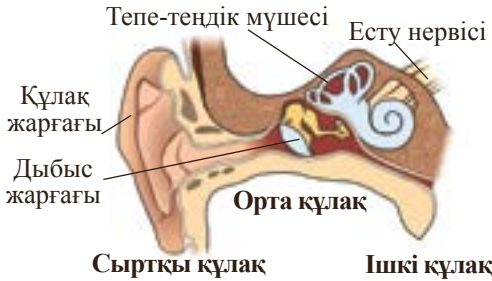


## 3-тапсырма

Орнықты, орнықсыз және талғаусыз тепе-теңдікте болатын денелерге мысал келтіріңдер.

**Бұл қызық!**

Адамдар мен жануарлардың құлағы тек есту қызметін ғана атқармайды, құлақтың ішкі бөлігінде дененің тепе-теңдігіне жауап беретін мүше бар (37-сурет).



37-сурет. Есту мүшесінің құрылысы

**Бұл қызық!**

Майкл Грэб – тастан ғажайып конструкциялы мүсіндер жасауды меңгерген америкалық суретші (38-сурет). Ол ешқандай бекітетін материалдарды пайдаланбай тастан керемет мүсіндер жасайды.

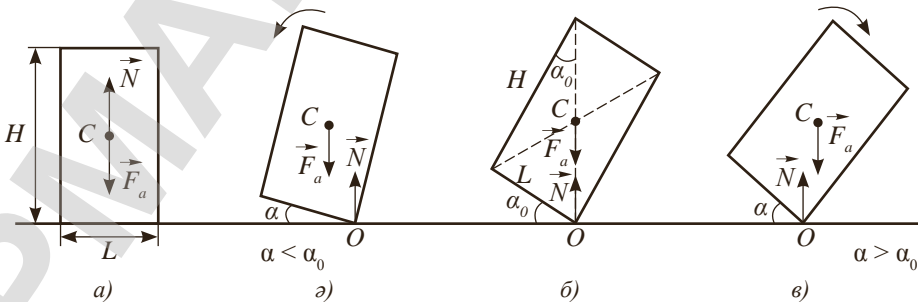


38-сурет. Мүсіндегі тастар орнықсыз тепе-теңдік күйінде орналасқан

**V Тіректегі дененің тепе-теңдік орнықтылығы. Аударылу**

Бізді қоршаған денелер, яғни ғимараттар, жиһаздар мен күнделікті тұрмыстағы заттар, мәшинелер, әткеншектер, тіпті адамдар да белгілі бір тірекке сүйенеді. Қандай жағдайда ғимараттардың орнықтылығы артаынын анықтайық. Кесек тепе-теңдігінің орнықтылығын қарастырайық (39-сурет). Кесекті белгілі бір шекті бұрышқа дейін бұруға болады, одан әрі ол аударылып түседі. Шекті бұрылу бұрышын геометриялық түрде анықтайды:  $tg\alpha_0 = \frac{L}{H}$  (39 б) сурет). Тәжірибе жүзінде тірекке тірелген денені оның ауырлық центрі арқылы өткен вертикаль тірек ауданымен қиылысқанға дейін бұруға болатынына көз жеткізуге болады (39 а) сурет). Бұл жағдайда дене сағат тілінің бағытына қарсы бағытта айналып, бастапқы күйіне оралады. Вертикаль тірек ауданынан тыс аймаққа өткенде дене аударылады (39 в) сурет). Демек, тірек ауданы неғұрлым көп және дене аласа болған сайын, ол соғұрлым орнықты бола түседі.

Кесектің массалар центрі орнықты тепе-теңдік кезінде ең кіші биіктікте болады, ол  $H/2$ -ге тең (39 а) сурет). Орнықсыз тепе-теңдікте массалар центрінің биіктігі максимум мәніне дейін көтеріледі (39 б) сурет).



39-сурет. Тірекке тірелген дененің аударылу шарттары

Тірек ауданы бар дене сол дененің ауырлық центрі арқылы өтетін вертикаль түзу тірек ауданынан тыс аймаққа шықпаса, тепе-теңдік күйде болады.

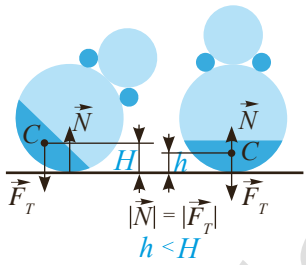
**Жауабы қандай?**

1. Неліктен зәулім ғимараттардың жоғарғы бөлігі үшкірлеу болып келеді (40-сурет)?



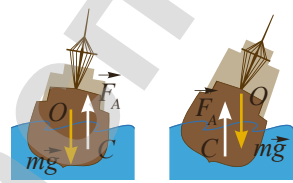
40-сурет. Дубайдағы 163 қабатты зәулім ғимарат, биіктігі 828 м

2. Айналмалы ойыншықтың қозғалу принципін түсіндіріңдер (41-сурет).



41-сурет. Айналмалы ойыншық орнықты тепе-теңдік күйге ие

3. Неліктен жүкті кемеңің палубасына емес, трюміне тиеу керек (42-сурет)?



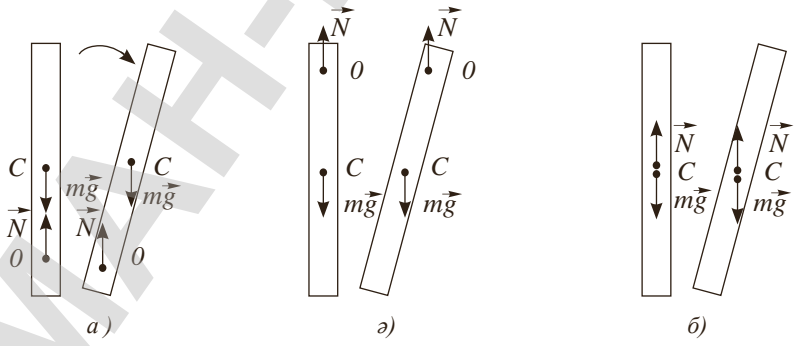
42-сурет. Кемеңің орнықты және орнықсыз тепе-теңдік күйлері

**VI Аспалы дененің тепе-теңдік орнықтылығы**

Егер дененің *C* ауырлық центрі арқылы өтетін вертикаль түзу *O* айналу осі арқылы өтетін болса, айналу осі бар дене тепе-теңдік күйде болады (43 а) сурет).

Егер ауырлық центрі айналу осінен төмен орналасса, онда тепе-теңдік орнықты болады (43 ә) сурет). Кез келген ауытқуда потенциалдық энергия артады, ауырлық күшінің моменті денені тепе-теңдік күйін қалпына келтіреді.

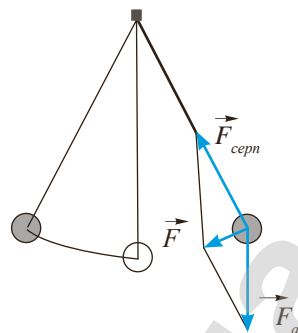
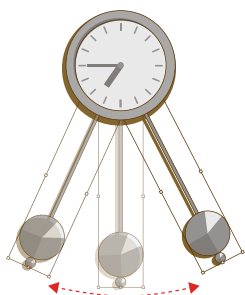
Егер ауырлық центрі мен айналу осі сәйкес келсе (43 б) сурет), онда тепе-теңдік күйі талғаусыз болады



43-сурет. Айналу осіндегі дене тепе-теңдігі

Талғаусыз тепе-теңдік теңіз жануарларына – итбалықтарға, киттерге, морждарға тән.

Орнықты тепе-теңдікке механикалық сағаттың маятнігі жатады (44-сурет). Маятнікті тепе-теңдік күйінен ауытқыту үшін күш жұмсау керек.



44-сурет. Сағат маятнигі орнықты тепе-теңдік күйге түскелі тұр

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай шарттарда дене айналмалы қозғалыс жасайды?
2. Статика нені зерттейді?
3. Қандай шарттарда дене тепе-теңдік күйде болады?
4. Тепе-теңдіктің қандай түрлері болады?
5. Қандай шарттарда дене орнықты, орнықсыз, талғаусыз тепе-теңдік күйде болады?
6. Қандай шарттарда тіректегі дене аударылады?

### ★ Жаттығу

7

1. Ұзындығы 12 м бөренені оның жуан бөлігінен 3 м қашықтықта тұрған тіректе горизонталь тепе-теңдік күйге түсіруге болады. Егер тірек бөрененің жуан бөлігінен 6 м қашықтықта орналасып, жіңішке бөлігіне массасы 60 кг жұмысшы отырса да, ол тепе-теңдік күйде болады. Бөрененің массасын анықтандар.
2. Массасы 10 кг, ұзындығы 40 см өзектің ұштарына массасы 40 кг және 10 кг жүктер ілінген. Өзек тепе-теңдік күйде болу үшін оны қай жерінен тіреп қою керек?
3. Цилиндрлі өзектің бір бөлігі болаттан, екінші бөлігі алюминийден жасалған. Егер өзектің ұзындығы 30 см болса, ауырлық центрінің орнын анықтандар.

### Шығармашылық тапсырма

1. Қолда бар материалдан айналмалы ойыншық жасаңдар.
2. Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:
  - Цирк трюктарындағы тепе-теңдік түрлері.
  - Спорт түрлеріндегі тепе-теңдіктің рөлі.

## § 8. Қатынас ыдыстар. Паскаль заңының қолданылуы

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- Паскаль заңын және оның қолданылуын сипаттай аласыңдар.

### ? Жауабы қандай?

1. Мөлдір ПВХ түтікшенің (45-сурет), судың және акварель бояудың көмегімен тұтас пердені қалай көлденеңінен ілуге болады?



45-сурет. Мөлдір ПВХ түтікшесі

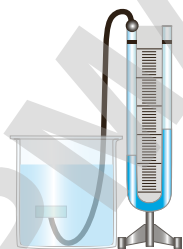
2. «Деңгей» құралы не үшін қажет? Оны қалай қолданады (46-сурет)?



46-сурет. «Деңгей» құралы

### ? 1-тапсырма

Су манометрі көрсеткіші бойынша ыдыстағы қысымды анықтаңдар (49-сурет), сызғыштың бөлік құны 1 мм.

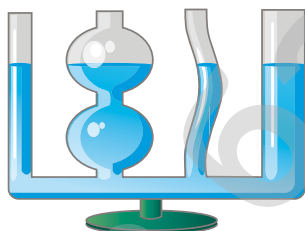


49-сурет. Манометр арқылы сұйық қысымын өлшеу

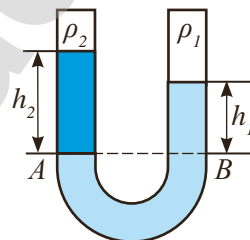
### I Қатынас ыдыстар

Сендер 7-сыныптан пішіндері мен көлемдері әртүрлі өзара жалғанған ыдыстардың қатынас ыдыстар деп аталатынын білесіңдер. Олар белгілі бір қасиеттерге ие. Егер қатынас ыдыстарға біртекті сұйықты құйса, онда ыдыстағы сұйықтың бос беті бір деңгейде болады. Сұйықтағы қысым қима ауданына да, ыдыс пішініне де тәуелді емес. Сұйықтың бос беті көлемі және пішіні әртүрлі ыдыстарда бір деңгейде болады (47-сурет).

Егер ыдысқа жұқпайтын біртекті емес сұйық құйылса, онда олардың бос беті әртүрлі деңгейде болады (48-сурет).



47-сурет. Қатынас ыдыстардағы біртекті сұйық деңгейі ыдыс пішініне тәуелді емес



48-сурет. Біртекті емес сұйықтар үшін мына шарт орындалады:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

### ? Жауабы қандай?

1.  $p = \rho gh$  формуласын қолданып, қандай шаманы есептедіңдер?
2. Егер атмосфералық қысым 101 300 Па болса, онда ыдыс ішіндегі қысым неге тең болады?
3. Атмосфералық қысым 780 мм сын.бағ. болғандағы ыдыстың қысымын есептеңдер.
4. Сұйықтық манометрімен атмосфералық қысымнан аз қысымды өлшеуге бола ма?

### ? 2-тапсырма

50 және 51-суреттерді қараңдар. Бұрқақтар құрылыстарындағы ұқсастықтарды анықтаңдар. Олар қандай принцип бойынша әрекет етеді?

### ? Жауабы қандай?

Неліктен артезиан суы ең таза су болып саналады (53-сурет)?





50-сурет. Версаль бұрқақтары



51-сурет. Петергоф бұрқақтары



52-сурет. Артезиан құдығы



53-сурет. Құдықтар мен ұңғымалардың тереңдігі

**Бұл қызық!**

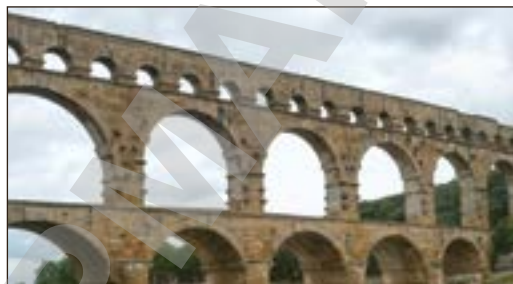
Артезиан сулары – «ең тәтті» тұщы су, сонымен бірге ағзаға пайдалы бірқатар минералдарға, микроэлементтерге басқа да биологиялық белсенді заттарға бай (52-сурет).

**Жауабы қандай?**

Неліктен артезиан құдықтарын ойпат жерлерге салады (52-сурет)?

**Бұл қызық!**

Халықты сумен қамтамасыз ету үшін римдіктер бірнеше километрге созылған таудан су тасымалдайтын акведук – су құбырларын салған (54, 55-суреттер). Олар су құбырларын таудан төмен қарай еңіс етіп жасады. Жыралар арасына ландшафтты көркемдеп әрі толықтырып тұратын нық арка орнатты.



54-сурет. Пон-дю-Гар – көне римдік акведук (су берілетін канал). Ремулан маңындағы Гар француз департаментіндегі Гардон өзені арқылы өтеді. Ұзындығы – 275 метр, биіктігі – 47 метр. ЮНЕСКО-ның бүкіләлемдік мұра-ескерткіші



55-сурет. Акведук, жоғарыдан түсірілген көрініс. Каталония, Испания. ЮНЕСКО-ның бүкіләлемдік мұра-ескерткіші

### Бұл қызық!

Қазақстанда ең алғаш су құбыры 1911 жылы Семей қаласында салынды. Су құбырының құрылысын Д.В.Елисеев басқарды. Жоба Мәскеу қаласының «Нептун» серіктестігімен бірлесіп жасалды. Суқабылдағыш Ертіс өзенінің тармағында орнатылды, сорғы стансысы Семей өзенінің жағалауына тұрғызылды, ал су айдаушы мұнара қаланың ең биік жері Дальняя мен Новосельская көшелерінің арасына (Жамақаев көшесіне) орнатылды (56-сурет).



56-сурет. Су айдаушы мұнара, Семей қаласы

### Есте сақтаңдар!

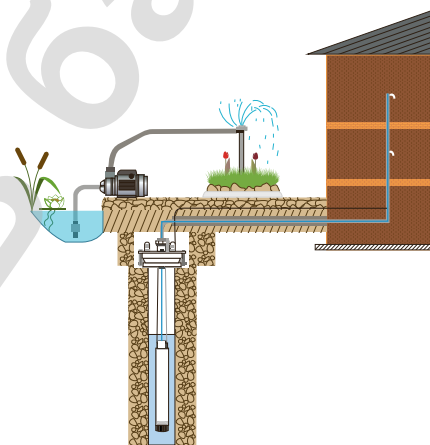
Рим құбырларының бірі – акведук Марцианың ұзындығы – 91 км, бұл оның екі шетінің арақашықтығынан екі есе артық. Римдіктер қатынас ыдыстар заңын білмеген. Қарапайым физика заңын білмеу салдарынан олар 50 км-ге артық тас қалады.

### 3-тапсырма

57 және 58-суреттерді салыстырыңдар. Суреттердегі су құбырларының ерекшеліктері мен ұқсастықтарын анықтаңдар.



57-сурет. Су айдаушы мұнарадағы су құбырлары



58-сурет. Беттік және батырмалы сорғылары бар су құбырлары

## II Паскаль заңының қолданылуы

Паскаль заңы кең қолданысқа ие болды. Жұмыс істеу принципі Паскаль заңына негізделген құрылғылар мен ғимараттар:

- 1) гидравликалық пресс, гидравликалық домкрат, пневматикалық мәшинелер мен құрылғылар (кен балғасы мен қашау);
- 2) бөгеттердегі кемелерді көтеруге және түсіруге арналған су құрылыстары – шлюздар;
- 3) өлшеуіш аспап – сұйықтық манометрі;
- 4) үрлеме резеңке өнімдер – доптар, батуттар, велосипед камералары, үрлемелі шарлар;
- 5) сумен қамту жүйелері – бұрқақтар, артезиан құдықтары, су айдаушы мұнаралар, су атқыштар, бұрқуіштер, гидрозеңбіректер.



### Жауабы қандай?

Неліктен су айдаушы мұнаралар тарихи нысандар қатарына жатады?



### Естеріңе түсіріңдер!

Сұйық қысымы оның баған биіктігі мен тығыздығына тәуелді екенін 1648 жылы Б.Паскаль тәжірибе нәтижесінде дәлелденген. Ол диаметрі 1 см және биіктігі 5 м түтік ішінде суы бар, беті жабық емен бөшкесіне салды. 2-қабат балконынан Паскаль осы құбырға бір саптыаяқ су құйды. Бөшке ішіндегі қысымның көтерілгені соншалық, тіпті су бөшке ішіндегі тесіктерден аға бастаған (59-сурет).



### 5-тапсырма

ПВХ түтікшені, сызғыш пен жабысқақ таспаны (скотч) пайдаланып, манометр құрастырыңдар.

Оны капсуламен біріктіріп, суы бар ыдыстың қысымын өлшендер.

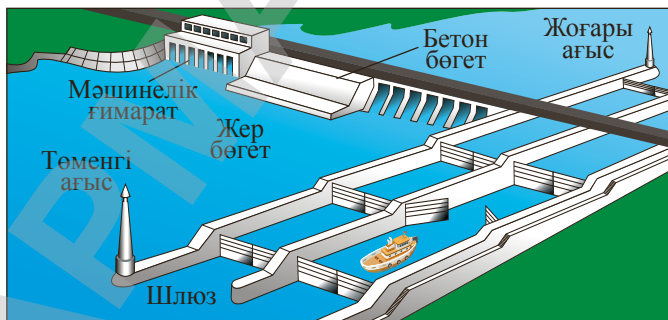


### 6-тапсырма

60–62-суреттерді қарастырыңдар. Гидравликалық пресс пен шлюздің жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.



60-сурет. ШҚО Ертіс өзеніндегі Шүлбі ГЭС-інің біркамералы шлюзі

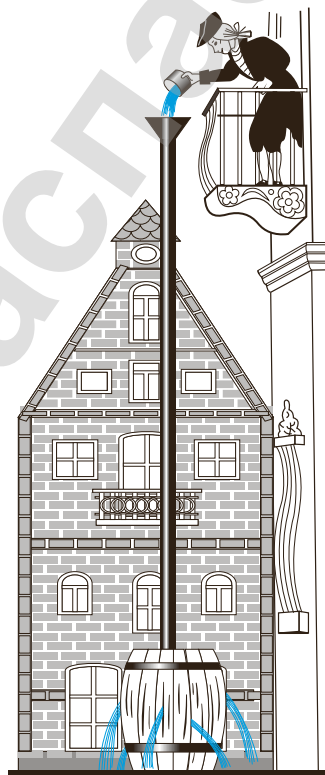


62-сурет. Шлюздің принциптік сұлбасы

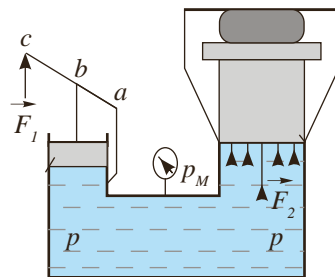


### 4-тапсырма

Паскаль заңы негізінде қатынас ыдыстардың қасиетін түсіндіріңдер.



59-сурет. Б.Паскаль тәжірибесі



61-сурет. Гидравликалық пресс

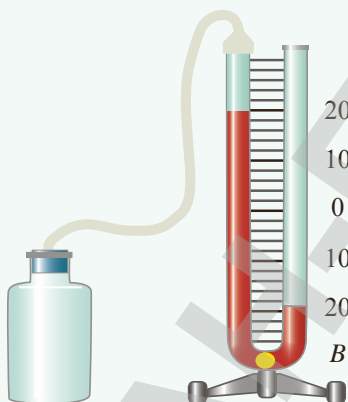
## Бақылау сұрақтары

1. Қандай ыдыстарды қатынас ыдыстар деп атайды?
2. Қатынас ыдыстар қандай қасиеттерге ие?
3. Паскаль заңы неге негізделген?
4. Паскаль заңының іс жүзінде қолданылуына мысалдар келтіріңдер.

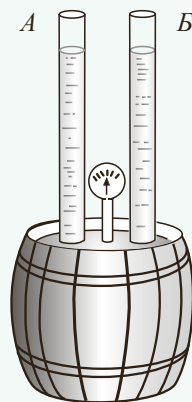
## ★ Жаттығу

8

1. Су манометрі көрсеткіші бойынша ыдыстағы газ қысымын анықтаңдар (63-сурет). Су тығыздығы  $100 \text{ кг/м}^3$  атмосфералық қысымды  $100 \text{ кПа}$  деп алыңдар.
2. Паскальдың атақты тәжірибесінде суы бар бөшкедегі қысым түтікшедегі су салмағынан пайда болады. Денеге әсер ететін күшті 2 есе арттырсақ, онда қысым да 2 есе артады. Демек, бір түтікше орнына екеу алсақ, онда бөшке қабатындағы су қысымы да екі есе артуы керек (64-сурет). Бірақ сұйыққа әсер ететін қысымды өлшейтін манометр бір түтікшені екеуге алмастырғанда көрсеткішін өзгертпейді. Тұжырымның қатесі неде?
3. Поршеньдерінің ауданы  $5 \text{ см}^2$  және  $0,5 \text{ м}^2$  гидравликалық престің күштен қанша максимал ұтыс беретінін анықтаңдар.



63-сурет. 8-жаттығудың 1-есеміне



64-сурет. 8-жаттығудың 2-есеміне

## Эксперименттік тапсырма

1. Алдын ала ұсақ тесіктер жасалған полиэтилен қапқа су құйып, қысымның барлық бағытта бірдей таралатынына көз жеткізіңдер (65-сурет).

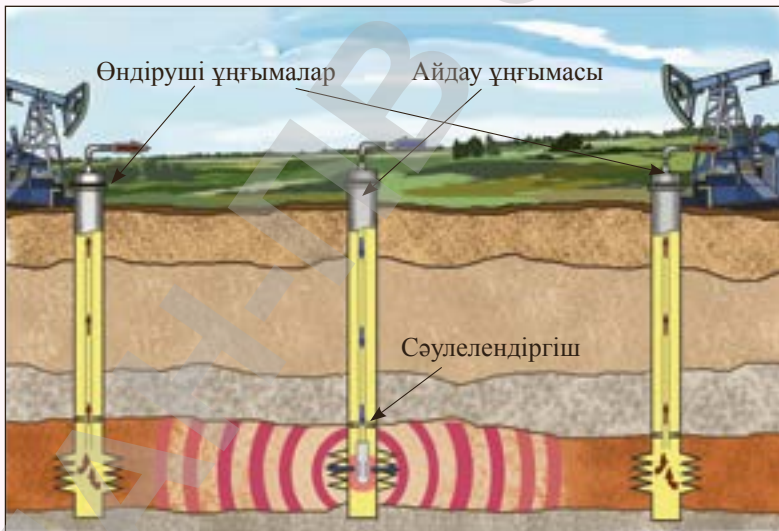


**65-сурет.** 1-эксперименттік тапсырма үшін

2. Қолдарыңа полиэтилен қап киіп, суы бар ыдысқа салыңдар. Су қолдарыңды жан-жағынан түгел қамтитынына көңіл аударыңдар.
3. Суы бар жабық ыдысқа түтікшені салыңдар. Түтікшеден су төгілуі үшін не істеу керек (66-сурет)? Жасалған тәжірибе негізінде мұнайдың ұңғыма бойымен көтерілу технологиясын түсіндіріңдер (67-сурет).



**66-сурет.** 3-эксперименттік тапсырма үшін



**67-сурет.** 3-эксперименттік тапсырма үшін

### Шығармашылық тапсырма (таңдау бойынша)

1. «Паскаль заңының техникада қолданылуы» тақырыбына презентация-хабарлама дайындаңдар.
2. Бұрқақ моделін құрастырыңдар.

## § 9. Торричелли тәжірибесі. Атмосфералық қысым

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- гидростатикалық қысым терминін түсіндіре аласыңдар.



**Әл-Хайсам** (XI ғасыр) – араб әмбебап-оқымыстысы, математик, физик және астроном.



**Отто фон Герике** (XVII ғасыр) – неміс физигі, инженер және философы.

### I Ғалымдардың атмосфера және оның қасиеттері туралы пікірі. Торричелли тәжірибесі

Аристотель ауаның салмағы бар және ол төрт материялық элементтің бірі деп санады. Ол сиретілген кеңістіктің сіңіретін қасиеті барын білді және «табиғатта бос орын болмайды» деген тұжырымға келді.

Әл-Хайсам ауаның салмағы бар екеніне және ауаның тығыздығы биіктік артқан сайын кемитініне сенімді болған. Ымырт уақытының ұзақтығын бақылап отырып, әл-Хайсам атмосфера биіктігі 40 километр шамасында деп болжады.

Италиялық шеберлердің құдық тұрғызуы барысында сорғы жұмысын бақылай отырып, Галилей су бағанының шекті биіктігі 18 шынтақ (10 м шамасында) екенін анықтады. Сорғы суды одан биікке көтере алмайтынын анықтады. Ол атмосфералық қысымды нақты дәлдікпен көрсетті.

Ауа сорғысын ойлап тапқаннан кейін Герике ауасы бар ыдыс пен ауасы сорып алынған ыдысты өлшеді. Ол «ауаның да әлдебір дене екенін» атап өтті. Әйгілі магдебургтік жарты шарлармен жасалған тәжірибелер нәтижесінде ол атмосфералық қысымның болатынына көз жеткізді (68-сурет).



**68-сурет.** 1654 жылы О.Герикенің магдебургтік жарты шарлармен жүргізген тәжірибесі



### Жауабы қандай?

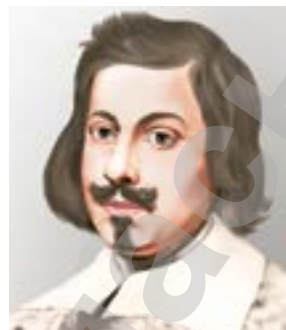
1. Атмосфералық қысымды қалай өлшейді?
2. Қалыпты атмосфералық қысым неге тең?
3. Адам қалай тыныс алады?
4. Жердің ауа қабатының массасы неге тең?

Сегіз жылқы жұбы арасындағы ауасы сорылған екі жарты шарды әрең ажыратты. Шарлар ажырағанда мылтық атылғандай дауыс естілді. Жарты шарлар қуысына ауа жіберілгенде, оларды ажырату қиындық тудырмады.

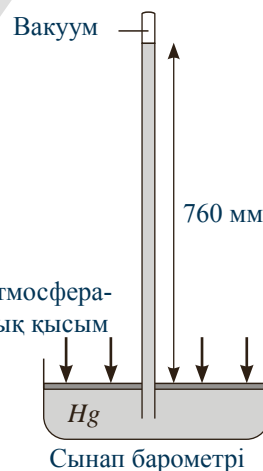
1646 жылы Паскальдың су барометрімен жасаған тәжірибесі атмосфералық қысым әсерінен су 10–13 м биіктікке көтерілетінін дәлелдеді. Барометрдегі су бағанының биіктігі оның теңіз бетіндегі биіктігімен байланысты. Осылайша ол Торричелли қорытындыларын дәлелдей түсті.

Торричелли сынап бағанының қысымымен салыстыра отырып, атмосфера қысымын есептеді. Тәжірибе күтілген нәтиже берді, сынап берілген биіктікте тоқтап, үстінде «торричелли қуысы» пайда болды (69-сурет).

Ғалым сынап бағанының биіктігі құбылмалы екенін байқады: ол күн ашық құрғақ ауа райында көтерілді, ал желді, ылғалды ауа райында төмендеді. Бұл сынап бағанының биіктігі атмосфералық қысымға тәуелді екеніне дәлел болды.



**Эванджелиста Торричелли** (XVII ғасыр) – италиялық математик және физик, Галилейдің шәкірті.



69-сурет. Торричелли тәжірибесі



### Маңызды ақпарат

Торричелли тәжірибесі 1643 жылы атмосфералық қысымның бар екенін дәлелдеу үшін жасалды (69-сурет). Ол бір ұшы дөнекерленген түтікшені сынаппен толтырды да, ашық ұшымен сынап құйылған ыдысқа батырды; түтікшеден сынаптың бір бөлігі ыдысқа құйылды, түтікшеде атмосфералық қысымды көрсететін сынап бағаны қалды. Сынап бағаны үстіндегі қуыс *торричелли қуысы* деп аталды.



### Жауабы қандай?

1. Неліктен сұйық тамызғыштан ағып кетпейді (70-сурет)?
2. Автонауаның жұмыс принципін түсіндіріңдер (71-сурет).



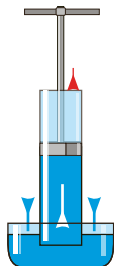
70-сурет. 1-сұраққа



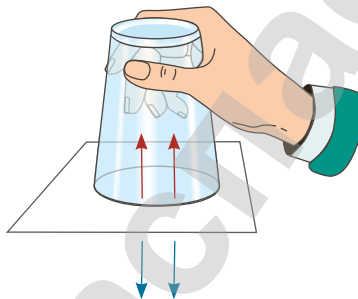
71-сурет. Тауықтарға арналған автонауа

**Өз тәжірибең**

1. Судың поршеньмен бірге көтерілуін бақылаңдар (72-сурет). Судың поршеньмен бірге көтерілуіне не әсер етеді?
2. Су толтырылған стақан бетін қағазбен жабыңдар. Қағазды қолмен демеп, стақанды төңкеріңдер (73-сурет). Қағаздан қолдарыңды алыңдар. Неліктен қағаз стақандағы суды ұстап тұратынын түсіндіріңдер.



72-сурет. 1-тәжірибе үшін



73-сурет. 2-тәжірибе үшін

**II Атмосфералық қысым**

Торричелли түтікшесі ең алғашқы барометр болды. Таудағы, шахтадағы, су астындағы атмосфералық қысым өлшеніп, 12 м биіктікке көтерілгенде қысым шамамен 1 мм сын.бағ.-ға азаятыны анықталды.

Торричелли тәжірибесінен кейін негізгі сипаттамалары қысым мен температура болып табылатын ауа райын ғылыми түрде зерттеу басталды. Уақыт өте келе сынап барометрінің орнына барометр-анероид келді (74-сурет).



74-сурет. Барометр-анероид

**Естеріңізге түсіріңдер!**

1. Сұйық бағанының қысымы мына формуламен анықталады:  $p = \rho gh$ .
2. Тыныштықтағы сұйықтың қысымы гидростатикалық қысым деп аталады.
3. Атмосфералық қысым 12 м биіктікке көтерілгенде 1 мм сын.бағ.-ға кемиді.
4. Теңіз деңгейінде 760 мм сын.бағ.-ға тең қысым қалыпты атмосфералық қысым деп аталады.

**Есте сақтаңдар!**

Атмосфералық қысымның өлшем бірліктері 1 Па, 1 гПа, 1 мм сын.бағ.  
 Өлшем бірліктердің байланысы:  
 $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$   
 $1 \text{ мм сын.бағ.} \approx 133,3 \text{ Па}$





### 1-тапсырма

1. Барометр-анероид шкаласының көрсеткіші мен бөлік құнын анықтаңдар.
2. Тереңдігі 600 м (Қарағанды көмір шахталары) шахта түбіне түскенде аспап көрсеткіші қалай өзгереді?
3. Тереңдігі 5000 метр БАӘ-дегі ең терең Тау-Тона шахтасындағы атмосфералық қысымды анықтаңдар (75-сурет).

75-сурет. Әлемдегі ең терең шахта Тау-Тона, БАӘ. 5000 метр



### Бұл қызық!

Сүңгуірлер және кессон (су астында арнайы құрылыстар салуға арналған конструкциялар) жұмысшылары – жоғары қысым жағдайында жұмыс істеуге мәжбүр. 10 м тереңдікке түскенде қысым 2 есе, ал 100 м тереңдікте 11 есе артады.



### 2-тапсырма

1. 760 мм сын.бағ. = 101 300 Па болатынын дәлелдендер.
2. Қысымды гПа-мен өрнектеңдер.

## ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Ұшақ 2100 м биіктікте ұшып барады. Ұшақтың сыртындағы және ішіндегі ауа қысымын салыстырыңдар. Ұшақтың ішіндегі қысым қалыпты атмосфералық қысымға сәйкес келеді. Көрсетілген биіктіктегі атмосфералық қысымды анықтаңдар.

#### Берілгені:

$$h = 2100 \text{ м}$$

$$p_1 = 760 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$\Delta p = ? \quad p_2 = ?$$

#### Шешуі:

12 м биіктікке көтерілген кезде атмосфералық қысым

1 мм сын.бағ-ға кемиді. Пропорция құрайық:

$$1 \text{ мм сын.бағ.} - 12 \text{ м}$$

$$\Delta p, \text{ мм сын.бағ.} - 2100 \text{ м}$$

Көрсетілген биіктікке көтерілу кезіндегі атмосфералық қысымның өзгерісін анықтаймыз:

$$\Delta p = \frac{1 \text{ мм сын.бағ.} \cdot 2100 \text{ м}}{12 \text{ м}} = 175 \text{ мм сын.бағ.} \approx 23327,5 \text{ Па.}$$

Бұл мән – ұшақтың ішіндегі және сыртындағы ауа қысымының айырмасы.

Көрсетілген биіктіктегі қысымды анықтаймыз.  $p_2 = p_1 - \Delta p$ .

$$p_2 = 760 \text{ мм сын.бағ.} - 175 \text{ мм сын.бағ.} = 585 \text{ мм сын.бағ.} \approx 77980,5 \text{ Па.}$$

**Жауабы:**  $\Delta p \approx 23327,5 \text{ Па}; p_2 \approx 77980,5 \text{ Па.}$

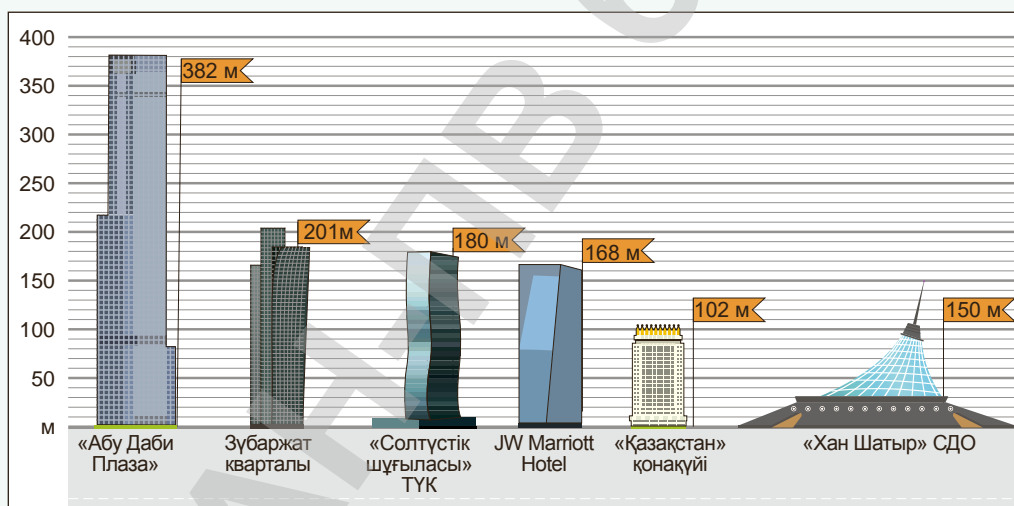
## Бақылау сұрақтары

1. Неліктен атмосфералық қысымды сұйықтың ыдыс түбіне түсіретін қысымы сияқты есептеуге болмайды?
2. Торричелли тәжірибесінің мәні неде?
3. Атмосфералық қысымды өлшейтін аспап қалай аталады?
4. Барометрлердің қандай түрлері бар? Неліктен металл барометр кең қолданысқа ие?
5. Қандай қысымды қалыпты атмосфералық қысым деп атайды? Ол неге тең?
6. Жер бетінен қандай да бір биіктікке көтерілгенде атмосфералық қысым қалай өзгереді? Жер астына түскенде ше?

## ★ Жаттығу

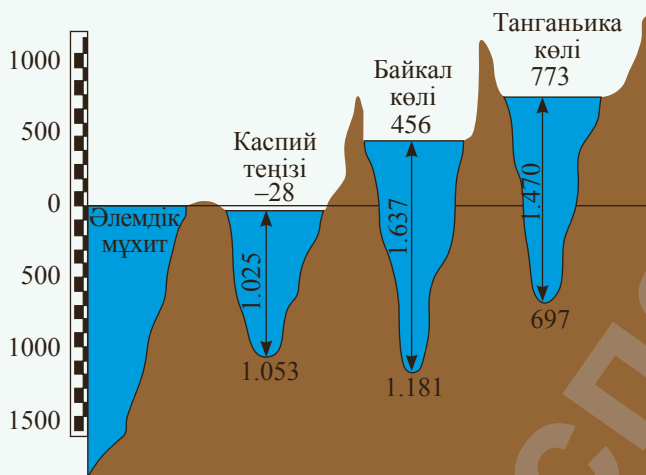
9

1. Қазақстанда салынып жатқан «Абу-Даби Плаза» ғимаратының жоба бойынша биіктігі 382 метр (76-сурет). Осы биіктіктегі қысымды анықтандар. Оның төменгі жағындағы атмосфералық қысымды 760 мм сын.бағ. деп алыңдар.

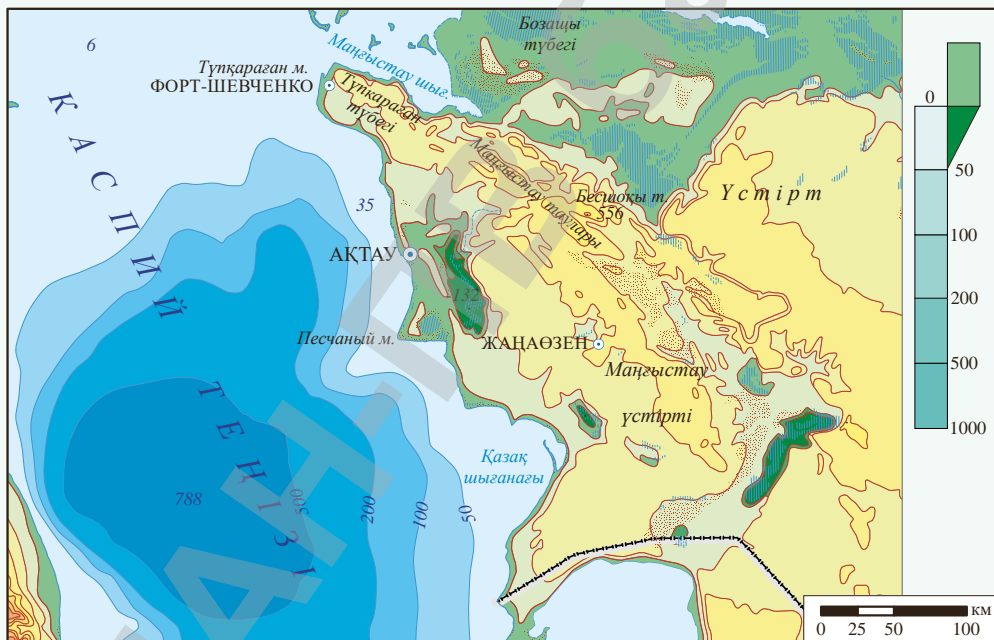


76-сурет. Астана және Алматы қалаларындағы биік ғимараттар диаграммасы

2. Биік ғимараттардың соңғы қабаттарындағы қысымның биіктікке тәуелділік диаграммасын құрыңдар.
3. Каспий теңізінің түбіндегі гидростатикалық қысымды анықтандар (77-сурет). Атмосфералық қысымды ескере отырып, бос беттердің деңгейлерін теңіз деңгейімен салыстырып, ақиқат қысымды есептендер.
4. Ақтау қаласы Каспий теңізінің жағалауында орналасқан. Ақтауға жақын жерлердегі теңіз түбіндегі қысымды анықтандар (78-сурет).



77-сурет. Каспий теңізі дүниежүзінде тереңдігі жағынан тек Байкал және Танганьика көлдерінен кейінгі үшінші орында



78-сурет. Каспий теңізінің гидрографикалық картасы. Ақтау, Қазақстан

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне ppt–презентация хабарлама дайындаңдар:

1. Суасты жұмысына арналған кессондар.
2. Барокамераның атқаратын қызметі және құрылысы.
3. Кессон ауруы және оның зардабы.

### 3-тараудың қорытындысы

Қатты дененің тепе-теңдік шарттары	Күш моменті
$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$ $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$	$M = Fd$
Гидростатикалық қысым	Біртекті емес сұйықтың қатынас ыдыстарындағы тепе-теңдік шарттары
$p = \rho gh$	$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$

#### Глоссарий

**Ауырлық центрі** – кез келген жағдайда денеге әсер ететін ауырлық күшінің түсу нүктесі.

**Массалар центрі** – денені ілгерілемелі қозғалысқа келтіретін күштердің әсер ету сызықтарының қиылысу нүктесі.

**Тепе-теңдік** – дененің немесе денелер жүйесінің түсірілген күштердің әсерінен тыныштық күйін сақтауы.

**Орнықты тепе-теңдік** – тепе-теңдік күйінен шығарылған дене бастапқы күйіне қайта оралатын тепе-теңдік.

**Орнықсыз тепе-теңдік** – тепе-теңдік күйінен шығарылған дененің одан әрі тепе-теңдік күйден ауытқуы.

**Талғаусыз тепе-теңдік** – тепе-теңдік күйінен шығарылған дене өзінің күйін өзгертпейтін тепе-теңдік.

## САҚТАЛУ ЗАНДАРЫ

Сақталу заңдары жүйедегі денелерге әсер ететін күштерді қарастырмай-ақ және дененің қозғалысының бір күйден екінші күйге ауысуын бақыламай-ақ динамика есептерін шешуге мүмкіндік береді. Толық механикалық энергия мен импульстің сақталу заңдары кез келген өлшемді тұйық жүйедегі денелерге (микроәлем бөлшектерінен бастап ғарыш денелеріне дейін) қатысты орындалады. Бұл заңдар жүйедегі денелерге сыртқы күштер әсер еткенде және олардың теңәсері нөлге тең болған жағдайда да орындалады. Жерде бұндай күштерге Жердің тартылыс күші мен тіректің реакция күші жатады.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- сақталу заңдарын түсіндіруді үйренесіңдер.

## § 10. Механикадағы импульс пен энергияның сақталу заңдары

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- сақталу заңдарын түсіндіруді үйренесіңдер.



**Рене Декарт** (1596–1650) – француз философы, математик, физик және физиолог. Ол қозғалыс мөлшері түсінігін енгізді. Декарт қозғалыс мөлшерінің сақталу заңын тұжырымдады, күш импульсіне түсінік берді.

### I Дене импульсі

Жарылыс – бәрімізге жақсы таныс құбылыс болғандықтан, «Снаряд тыныштық күйде еді ғой, жарықшақтар қозғалысы қайдан пайда болды?» деген сұрақ туындай бермейді. Жарықшақтар бүтін снаряд құрап жиналатын кері процесті елестетейік. Физика заңдарына қайшы келетін мұндай процесс мүмкін емес. Бірақ осыған ұқсас жағдайдың үлгісін жасауға болады. Бір-біріне қарама-қарсы бірдей жылдамдықпен қозғалып келе жатқан, массалары бірдей серпімсіз екі дене соқтығысқан кезде тоқтайды. Қозғалыстың жоғалып кету және қайтадан пайда болу қабілеті көптеген ғалымдарға ой тастады.

Француз ғалымы Р.Декарт аталған қасиеттерді түсіндіру үшін *қозғалыс мөлшері* деген түсінік енгізді. Ол кезде *масса* деген физикалық түсінік болмағандықтан, ғалым импульсті «дене шамасының оның қозғалыс жылдамдығына көбейтіндісі» ретінде анықтады. Кейінірек бұл анықтаманы И.Ньютон тереңірек нақтылады: «қозғалыс мөлшері дегеніміз – масса мен жылдамдыққа пропорционал өлшем»:

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (1)$$

Дене импульсі – векторлық шама, оның бағыты дене жылдамдығының бағытымен сәйкес келеді:  $\vec{p} \uparrow \vec{v}$ . Дене импульсінің ХБЖ-дағы өлшем бірлігі:  $[p] = 1 \frac{кг \cdot м}{с}$ .

Дене импульсі күш импульсімен импульс түріндегі Ньютонның екінші заңы арқылы байланысады.



### Маңызды ақпарат

$\Sigma$  – дискретті шамалардың қосындысының белгісі.

**Күш импульсі дене импульсінің өзгерісіне тең.**

$$\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p}, \quad (2)$$

мұндағы  $\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$  – дене импульсінің өзгерісі,  $\vec{F} \Delta t$  – күш импульсі.

Күш импульсінің өлшем бірлігі  $[\vec{F} \Delta t] = 1 Н \cdot с$ .

Алынған (2) қатынастан шығатын қорытынды – денеге әсер ететін күштің бағыты дене импульсінің өзгеріс бағытымен сәйкес келеді:  $\vec{F} \uparrow \Delta \vec{p}$ .

### II Тұйық жүйеге арналған импульстің сақталу заңы

Импульстің сақталу заңы Ньютонның екінші және үшінші заңдарының салдары болып табылады.

**Егер жүйедегі денеге әсер ететін сыртқы күштердің қосындысы нөлге тең болса, онда өзара әрекеттесетін денелердің тұйық жүйесінің импульсі тұрақты шама болып қалады.**

$$\vec{p}_{ж} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = const, \quad (3)$$

мұндағы  $\vec{p}_{ж}$  – жүйеге кіретін денелердің импульстерінің геометриялық қосындысы,  $n$  – жүйедегі денелер саны,  $i$  – дененің реттік саны.

Үш дененің *серпімді өзара әрекеттесуі* кезінде (3) формула мына түрге келеді:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 + m_3 \vec{u}_3, \quad (4)$$

мұндағы  $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$  – денелердің соқтығысуға дейінгі жылдамдықтары,  $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3$  – денелердің соқтығысудан кейінгі жылдамдықтары.

Серпімді соқтығысудан кейін денелер бір-бірінен ажырап, бөлек қозғалады.

*Серпімсіз өзара әрекеттесу кезінде* сақталу заңы (3) мына түрге келеді:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = (m_1 + m_2 + m_3) \vec{u}, \quad (5)$$

мұндағы  $\vec{u}$  – денелердің өзара әрекеттесуден кейінгі жылдамдығы.

Серпімсіз өзара әрекеттесуден кейін денелер бірігіп, әрі қарай бір дене ретінде қозғалады.

### ? Жауабы қандай?

1. Сақталу заңдары неліктен тұйық жүйелер үшін ғана орындалады?
2. Неліктен қарудан оқ атқанда иыққа соққы беріледі? Соққыны бәсеңдету үшін не істеу керек?

### III Реактивті қозғалыс. Отынның лездік жануы кезіндегі зымыранның жылдамдығы

Адам жерден итеріліп барып қозғалады, көлік те жерден итеріледі. Ескекшілер суды ескекпен итеретіндіктен ғана қайық өзенде жүзеді. Қозғалыс үшін тіреуден итерілу маңызды шарт тәрізді. Бұл шынымен де осылай ма? Қозғалыстың басталуының басқа мүмкіндігі бар ма? Өзіңді мұз сарайында конькимен тұрмын деп елестетіп, қолыңдағы жолқапшықты (рюкзак) досыңа лақтыр. Бұл кезде аяқпен мұздан итерілуді ойламасаң да, артқа қарай шегініп кетесің. Лақтырудан пайда болған қозғалыс *реактивті қозғалыс* деп аталады.



**Константин Эдуардович Циолковский (1857–1935)** – Ресей ғалымы, өнертапқыш, мектеп мұғалімі. Теориялық космонавтиканың ғарышқа ұшу үшін зымырандарды қолданудың негізін қалаушы. Ол көпсатылы зымырандардың прототипі – «зымырандық пойыздарды» қолдану қажет деген тұжырым жасады. Негізгі еңбектері космонавтика, зымыран динамикасы және аэродинамикаға арналған.

### ✓ Есте сақтаңдар!

Жарылыстан кейінгі жарықшақтар қозғалысын қарастырғанда серпімсіз өзара әрекеттесу кезіндегі импульстің сақталу заңы (5) қолданылады.

### ↻ 1-тапсырма

Табиғаттағы және техникадағы реактивті қозғалысқа мысалдар келтіріңдер.

**Реактивті қозғалыс – дененің бір бөлігінің одан қандай да бір жылдамдықпен бөлінуі нәтижесінде пайда болатын қозғалыс.**

Дененің реактивті қозғалысын есептеу импульстің сақталу заңы негізінде жүзеге асады.

Отынның лездік жануы кезіндегі зымыран қозғалысын қарастырайық (79-сурет). Газ зымыранға қатысты  $\vec{u}$  жылдамдықпен ұшып шыққанда, зымыранға қосымша импульс  $\Delta\vec{p} = -m\vec{u}$  береді, сөйтіп реактивті күш тудырады:

$$\vec{F}_p = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = -\frac{m\vec{u}}{\Delta t}. \quad (6)$$

Дене импульсінің сақталу заңы негізінде зымыранның жылдамдығын анықтайық. Отыны бар зымыранның қозғалысқа дейінгі импульсі нөлге тең, ал қозғалыс басталғаннан кейін оның импульсі отынсыз таза массасы мен қозғалыс жылдамдығының көбейтіндісіне тең. Импульстің сақталу заңының векторлық түрі:  $(M - m)\vec{v} - m\vec{u} = 0$ .

Векторлардың 0y осіне проекцияларын анықтап, мынаны аламыз:  $(M - m)v = mu$

немесе 
$$v = \frac{m}{M - m} u, \quad (7)$$

мұндағы  $\vec{v}$  – отынның лездік жануы кезіндегі зымыранның жылдамдығы.

#### IV Энергияның сақталу заңы

Жүйеге арақашықтыққа тәуелді күштер әсер еткенде ғана кинетикалық және потенциалдық энергиялардың қосындысына тең механикалық энергия сақталады. Оларға ауырлық және серпімділік күштері жатады. Бұл күштердің жұмысы потенциалдық энергияның теріс таңбамен алынған өсімшесі түрінде жазылуы мүмкін:

$$A = -(mgh_2 - mgh_1); A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right) \text{ немесе} \\ A = -(W_{p2} - W_{p1}). \quad (8)$$

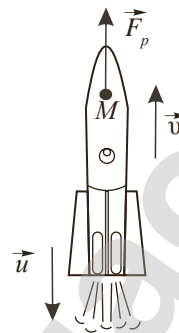
Кез келген күштің жұмысын кинетикалық энергияның өзгерісі туралы теорема бойынша анықтауға болады:  $A = Fs = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$

немесе 
$$A = W_{k2} - W_{k1}, \quad (9)$$

мұндағы  $W_k = \frac{mv^2}{2}$  – қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясы.

(8) және (9) тендеулерден: 
$$W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2} \quad (10)$$

екені шығады, осылайша: 
$$W = W_k + W_p = const, \quad (11)$$



79-сурет. Реактивті күш тудыратын газ ағыны

#### Бұл қызық!

*К.Э.Циолковский – зымыран динамикасы және космонавтикаға қатысты ғылыми еңбектер авторы.*

*1903 жылы К.Э.Циолковский «Әлемдік кеңістікті реактивті аспаптармен зерттеу» атты мақаласын жариялады. Сұйық отынды қолданатын зымыранның алғашқы үлгісін ұсынды.*

*1911 жылы зымыранды Күн жүйесіне шығару үшін қажетті жылдамдықты анықтады. Бірсатылы және көпсатылы зымыран қозғалысының теориясын құрастырды.*

*1926–1929 жылдары зымыранды Күн жүйесіне шығару үшін қажет отынды есептеді.*



бұл энергияның сақталу заңының өрнегі болып табылады.

**Тұйықталған денелер жүйесінің толық механикалық энергиясы тұрақты шама болып қалады.**

### ? Жауабы қандай?

1. Неліктен зымыранның қозғалыс жылдамдығын дене импульсінің сақталу заңы негізінде есептеу жуық нәтиже береді?
2. Ғарыш кеңістігінде инерциямен қозғалып бара жатқан зымыранның шүмегіне (сопло) саңылауы қозғалыс бағытына қарай иілген құбырды кигізіп, қозғалтқыштарды қосса, қозғалыс зымыранның жылдамдығы өзгере ме?

### 2-тапсырма

80-сурет бойынша мәңгі қозғалтқышты ойлап тапқан өнертапқыштың идеясын түсіндіріңдер.

### Бұл қызық!

Мәңгі қозғалтқыш (*лат. Perpetuum Mobile*) – сырттан ешқандай энергия (отын энергиясы, адамның күші, судың құлау энергиясы) берілмей өздігінен жұмыс жасайтын мәшине. Мәңгі қозғалтқышты құрастырудың мүмкін еместігі – энергияның сақталу заңының дәлелдемесі.



80-сурет. Мәңгі қозғалтқыш моделі

## V ҚР Ұлттық ғарыш орталығы

Қазақстанның Ұлттық ғарыш агенттігі Нұр-Сұлтан қаласында Ұлттық ғарыш орталығын құруда. Жаңа орталықтың құрамына ғарыш техникасының конструкторлық-технологиялық бюросы, ғарыш аппараттарын жинақтау-сынау кешені, ғарыш технологиясының ұлттық зертханасы және ғарыш аппараттарын шығаруға арналған кәсіпорындар кіреді. Құрылысы жүріп жатқан нысанның аумағында мамандардың біліктілігін арттыру және қайта даярлау, жоғары дәлдіктегі навигациялық ЖЖС жүйесін дифференциялық түзету және мониторинг жасау орталықтары орналасады. 81-суретте Қазақстан Республикасы Ұлттық ғарыш орталығының макеті бейнеленген. Ғарыш орталығы барлығы жеті ғимараттан тұратын болады.

2008 жылы EADS Astrium француз компаниясы екі үлкен масштабты ғарыштық жобаны – ғарыш аппараттарын жинақтау-сынау кешені және Жерді қашықтықтан бақылау ғарыштық жүйесін іске асыру үшін «Қазақстан Ғарыш Сапары ҰК» АҚ-ның стратегиялық серіктесі ретінде таңдалды.



81-сурет. ҚР Ұлттық ғарыш орталығының макеті

## ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Массасы  $m_1$  бөлшек  $v_1 = 10$  м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатып, массасы  $m_2$  тыныштықтағы бөлшекпен абсолют серпімді соқтығысады.  $m_2/m_1$  массаларының арақатынасын анықтаңдар. Соқтығысу центрлік және бөлшектер бірдей 20 м/с жылдамдықпен ажыраған деп алыңдар.

### Берілгені:

$$v_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0$$

$$u_1 = u_2 = u = 20 \text{ м/с}$$

$$\vec{u}_1 = -\vec{u}_2$$

$$m_2/m_1 = ?$$

### Шешуі:

Бөлшектердің абсолют серпімді центрлік соқтығысуы үшін импульстің сақталу заңын қолданайық. Сақталу заңын векторлық түрде жазамыз:  $m_1\vec{v}_1 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$ .

Таңдалған  $Ox$  координата осіне түсірілген проекция бағыттары  $\vec{v}_1$  жылдамдық векторының бағытымен сәйкес және  $u_1 = u_2 = u$  екенін ескере отырып, мынаны аламыз:

$$m_1v_1 = -m_1u + m_2u = u(m_2 - m_1);$$

$$\frac{v_1}{u} = \frac{m_2}{m_1} - 1;$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{u} + 1 = \frac{10}{20} + 1 = 1,5.$$

**Жауабы:**  $m_2/m_1 = 1,5$ .

## Бақылау сұрақтары

1. Қандай шарттарда сақталу заңдары орындалады?
2. Дене импульсі деген не? Ол қандай өлшем бірлігімен өлшенеді?
3. Күш импульсі деген не?
4. Импульстің сақталу заңын тұжырымдаңдар.
5. Қандай қозғалысты реактивті қозғалыс деп атайды? Мысал келтіріңдер.
6. Толық механикалық энергияның сақталу заңын тұжырымдаңдар.

## ★ Жаттығу

10

1. Массасы 10 кг құмы бар арба тегіс горизонталь жазықтықта 1 м/с жылдамдықпен қозғалып келеді. Арбаға қарсы горизонталь 2 м/с жылдамдықпен ұшып келе жатқан массасы 20 кг шар құмға түсіп, сонда кептеліп қалды. Бұдан кейін арба қай бағытта және қандай жылдамдықпен қозғалады?
2. Арба горизонталь жолда 18 км/сағ жылдамдықпен қозғалып келеді де, төбеге көтеріледі. Арба жол деңгейінен қандай биіктікте тоқтайды? Үйкелісті ескермеңдер.
3. Қатаңдығы 100 Н/м, массасы 400 г серіппе 5 м биіктен жерге құлайды. Егер құлаған кезде оның осі вертикаль күйде қалатын болса, ол қаншалықты сығылады?

### Шығармашылық тапсырма

1. Тақырыптардың біріне реферат дайындаңдар:
  - Табиғаттағы реактивті қозғалыс.
  - Реактивті және зымыран қозғалтқыштарының жасалу тарихы. Заманауи зымыран тасымалдаушылар.
  - К.Э.Циолковский – жазушы-фантаст.
  - Қазақстан мен Францияның ғарыш саласындағы ынтымақтастығы.
  - Ғарыштағы өмір.
  - Байқоңыр – ғарыш айлағы.
2. Автоматты планетааралық стансының (АПС) хронологиялық ұшу кестесін құрыңдар. Алынған нәтижені талдаңдар.  
Қай елдер ғарышты игеруге белсенді қатысуда?  
Күн жүйесіндегі қандай аспан денелері көбірек зерттелген? Диаграмма құрыңдар.

## 4-тараудың қорытындысы

Сақталу заңдары	Энергия	Жұмыс
Импульстің сақталу заңы	Кинетикалық энергия	$A = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}$
$\vec{p}_{\text{жс}} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$	$W_k = \frac{m v^2}{2}$	$A = -(W_{p2} - W_{p1})$ $A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$
Энергияның сақталу заңы	Потенциалдық энергия	$A = -(mgh_2 - mgh_1)$
$W = W_k + W_p = \text{const}$	$W_p = \frac{kx^2}{2}$ $W_p = mgh$	

### Динамика заңдары

#### Импульстің сақталу заңы

Егер жүйедегі денеге әсер ететін сыртқы күштердің қосындысы нөлге тең болса, онда өзара әрекеттесетін денелердің тұйық жүйесінің импульсі тұрақты шама болып қалады.

#### Энергияның сақталу заңы

Тұйықталған денелер жүйесінің толық механикалық энергиясы тұрақты шама болып қалады.

### Глоссарий

**Реактивті қозғалыс** – дененің бір бөлігінің одан қандай да бір жылдамдықпен бөлінуі нәтижесінде пайда болатын қозғалыс.

**Толық механикалық энергия** – дененің потенциалдық және кинетикалық энергияларының қосындысы.

## ГИДРОДИНАМИКА

Массасы орасан зор атмосфералық ауаның қозғалысы, өзендегі немесе су құбырындағы судың қозғалысы, қанның тамырлар бойымен қозғалысы гидродинамика және аэродинамика заңдарына бағынады.

Сұйықтар мен газдардың қозғалысын зерттеуде олардың қабаттары арасындағы ішкі үйкеліс және газдардың сығылуы сияқты құбылыстар қиындық тудырады. Осы бөлімде біз идеал сұйықтың ағысын және ондағы қатты денелердің қозғалысын қарастырамыз.

XVIII ғасырда Даниил Бернулли, Жан Лерон Даламбер, Леонард Эйлердің еңбектерінде гидродинамиканың негізі қаланды. «Гидродинамика» терминін Бернулли ойлап тапқан.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- сұйықтар мен газдардың ағысын сипаттауды;
- тәуелді, тәуелсіз және тұрақты физикалық шамаларды анықтауды және өлшеу дәлдігін ескеруді;
- эксперимент нәтижесіне әсер етуші факторларды анықтауды және оны жақсарту жолын ұсынуды үйренесіңдер.

## § 11. Сұйық кинематикасы

### Күтілетін нәтиже

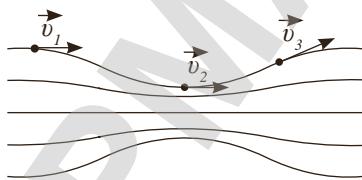
Осы параграфты игергенде:

- газдар мен сұйықтардың ағысын сипаттай аласыңдар.



### Даниил Бернулли

(1700–1782) – швед физигі және математигі, 1725–1733 жылдары Петербург Ғылым академиясының академигі, 1748 жылдан бастап Париж Ғылым академиясының мүшесі, гидродинамика мен математикалық физиканың, газдардың кинетикалық теориясын құрастырушылардың бірі, «Гидродинамика» монографиясының авторы.



82-сурет. Ағын сызықтары

### I Гидро- және аэродинамика

Гидро- және аэродинамика теңіздерде жүзу сапасын арттыру мақсатында кемелердің қозғалыстарын зерттеу, желкеннің, бұранданың, канаттардың, сорғы мен басқа да құрылғылардың жұмыс істеу принциптерін бақылап, оқып-үйрену барысында пайда болды.

**Гидро- және аэродинамика – сұйықтар мен газдардың қозғалысын, қозғалыстағы сұйықтар мен газдардың қатты денелермен әрекеттесуін зерттейді.**

Гидродинамика түрлі салаларда – кемелер мен ұшу аппараттарын, су құбырлары мен мұнай құбырларын, сорғылар пен гидротурбиналарды жобалау барысында қолданылады. Гидродинамиканың міндетіне қозғалыстағы денеге әсер ететін көтеру күші мен кедергі күшін есептеу жатады. Гидродинамика есептерін шешуді жеңілдету үшін «идеал сұйық», «ағын элементі» түсініктері енгізілді.

**Идеал сұйық – тұтқырлығы мен сығылуын ескермеуге болатын сұйық.**

Идеал сұйықтың қабаттары арасында үйкеліс болмайды.

**Ағын элементі – сұйықтың (газдың) қозғалыс кезіндегі пішінінің өзгерісін ескермеуге болатын шартты түрде бөлінетін аз көлемі.**

### II Сұйықтардың қозғалысын бақылау. Ағын сызықтары. Ағын түтігі

Сұйық қозғалысын зерттеудің бір әдісі – сұйыққа металл жылтырақтарын араластырып, қатты жарықтандыруда жылдам суретке түсіру. Суреттегі жылтырақтар ұзындығы сұйық ағыны жылдамдығына пропорционал кішкентай сызықшалар түрінде көрінеді. Жылтырақтардың қозғалыс бағытына қарап, сұйық ағынының оның беткі қабатының кез келген нүктесіндегі бағытын анықтауға болады. Суретке түсіру уақытын сәл ұзартсақ, сызықшалар тұтас сызыққа бірігеді, бұл сызықтар *ағын сызықтары* деп аталады (82-сурет).

**Ағын сызықтары – жанамаларының бағыты кеңістіктің кез келген нүктесінде сұйық ағыны жылдамдығының бағытымен сәйкес келетін сызықтар.**

Сұйық қозғалысын зерттеу кезінде ағын түтігін қарастыруға болады.

**Ағын түтігі – газдың немесе сұйықтың ағын сызығымен шектелген көлемі.**

Сұйықтың немесе газдың жылдамдығы ағын сызығының барлық нүктесінде жанама бойымен бағытталған, демек, ағын түтігінің ішіндегі сұйық оның бүйір бетімен қиылыспайды.

### III Ламинарлық және турбуленттік ағыс

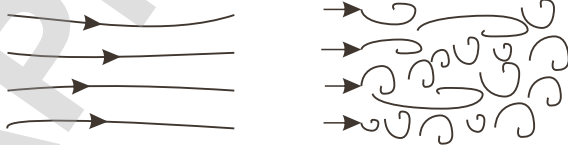
Гидродинамика заңдары ламинарлық ағысты сұйық үшін орындалады.

**Егер сұйық қабаттары араласып кетпей, бір-біріне қатысты жылжыса, ағыс ламинарлық деп аталады.**

*Ламинарлық немесе қатпарлы ағыс* деп ақырын ағатын өзендердегі судың ағысын атайды (83-сурет). Бұрқақтың ламинарлық ағысы шыны өзек тәрізді болып көрінеді (84-сурет). Ламинарлық ағыс жасауға арналған құрылғылар жарық динамикалық және жарық музыкалық бұрқақтарда қолданылады (85-сурет).

Сұйықтың ағыс жылдамдығын арттыру кезінде иірімдер пайда болады да, ағыс турбуленттік сипатқа ие болады (86-сурет).

**Сұйық қабаттары араласып, иірімдер пайда болатын болса, ағыс турбуленттік болады.**



86-сурет. Турбуленттік ағыс кезіндегі ағын сызықтары



83-сурет. Бұқтырма өзені, ламинарлық ағыс



84-сурет. Ламинарлық ағыс кезінде ағын түтігі қимасының ауданы сақталады



85-сурет. Бұрқақтың ламинарлық ағысы

Турбуленттік ағыста газдың немесе сұйықтың берілген нүктедегі қысымы мен жылдамдығының лездік мәні кездейсоқ түрде өзгереді. Бұл шамалардың бірдей шарттарда сұйықтың барлық көлеміне таралуы әртүрлі болады және қайталанбайды. Турбуленттік ағыс үшін қысым мен жылдамдықтың орташа мәні қолданылады. Турбуленттік ағысты тәжірибе жүзінде зерттейді.

Газ бен сұйықтың ағысы әртүрлі – қалыптасқан және қалыптаспаған болуы мүмкін. *Қалыптасқан* немесе стационар қозғалыс деп кеңістіктің берілген нүктесінде қысымы мен жылдамдығы уақыт бойынша өзгермейтін сұйық қозғалысын айтамыз.

**Кеңістіктің барлық нүктесіндегі сұйық элементтерінің жылдамдығы уақыт бойынша өзгермейтін болса, ағыс стационар болады.**

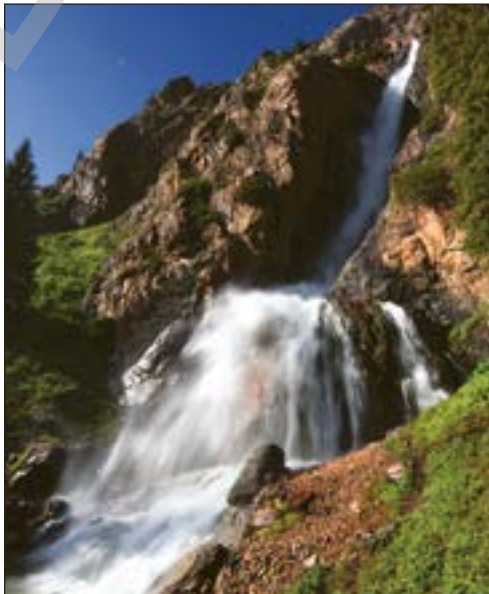
*Жылдамдығы мен қысымы кеңістік координаталарына байланысты ғана емес, сонымен қатар уақыт бойынша да өзгереді қозғалысты қалыптаспаған немесе стационар емес деп атайды.*

**?** Жауабы қандай?

1. Неліктен өзеннің ағысы арнасы кең жерінде ламинарлық, ал арнасы тар жерінде турбуленттік болады? Неліктен сарқырамадағы судың ағысы турбуленттік (87–88-суреттер)?
2. Неліктен ауа және су көліктері үшін турбуленттік ағыс қауіпті?



**87-сурет.** Рахман қайнары, ШҚО

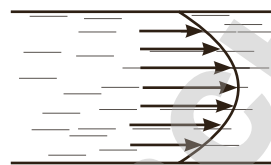


**88-сурет.** Бұрқан бұлақ сарқырамасы, Жетісу Алатауы



#### IV Тұтқыр сұйық ағысы

Құбырдағы немесе өзендегі сұйық қабаттарының ағыс жылдамдығы бірдей емес. Құбырдың шетіндегі немесе өзеннің жағасы мен түбіндегі жылдамдық ортасындағы жылдамдыққа карағанда аз болады. 89-суретте сұйық жылдамдығының құбыр қимасындағы өзгерісі бейнеленген: жылдамдық қабырға жанында нөлден басталып, құбырдың ортасында максимал мәнге дейін жетеді. Жылдамдықтардың әртүрлі болуы сұйықтың тұтқырлығымен немесе оның қабаттарының арасындағы ішкі үйкеліс күшінің әсерімен түсіндіріледі.

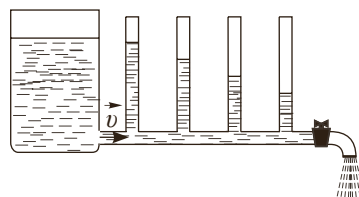


89-сурет. Құбырдың ортасында судың ағыс жылдамдығы максимал мәнге ие болады

**Тұтқырлық – реал сұйықтардың бір бөлігінің екіншісіне қатысты орын ауыстыруына кедергі келтіру қасиеті.**

Температура төмендеген сайын сұйықтың тұтқырлығы арта түседі. Күз келгенде өзендегі судың ағыс жылдамдығы кемиді, ал қыста мүлдем тоқтауы мүмкін.

Ішкі үйкеліс күшінің болуы және құбыр қабырғаларына үйкелу қысымның сұйық ағынының бағыты бойынша төмендеуіне алып келеді: құбырдың басынан алыстаған сайын, сұйық ағынының қысымы да азая береді. Бұған 90-суретте бейнеленген аспапты қолданып, тәжірибе жасау арқылы көз жеткізуге болады.



90-сурет. Сұйық қысымының ағын бағыты бойынша төмендеуі

#### V Газдар мен сұйықтардағы денелердің қозғалысы. Стокс формуласы

Денелердің газдар мен сұйықтардағы қозғалысы кезінде кедергі күші пайда болады. Олардың пайда болуының екі себебі бар:

- 1) ортаның дененің беткі қабатына үйкелуі;
- 2) денені қапталдай ағуы кезіндегі газ бен сұйық ағынының өзгеруі.

*Ортаның маңдайлық кедергі күші ортаның тұтқырлығына және дененің қозғалыс жылдамдығына, оның өлшемдері мен пішініне тәуелді.*

Тұтқыр сұйыққа немесе газға құлаған шарға әсер ететін маңдайлық кедергі күші гидродинамикаға елеулі үлес қосқан ағылшын физигі Джордж Габриель Стокстың құрметіне аталған Стокс формуласымен анықталады:

$$F = 6\pi\eta r v,$$

мұндағы  $\eta$  – газдың немесе сұйықтың ішкі үйкеліс коэффициенті немесе динамикалық тұтқырлық, өлшем бірлігі  $[\eta] = 1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ;  $r$  – шардың радиусы;  $v$  – шардың жылдамдығы.

Стокс формуласы сұйықтың тұтқырлығын анықтауға мүмкіндік береді. Сұйықтың тұтқырлығын анықтауға арналған аспап *вискозиметр* деп аталады. Гепплер вискозиметрінің әрекеті Стокс заңына негізделген, ол тұтқыр орта орналасатын түтік түрінде жасалған (*91-сурет*). Тұтқырлық құлаған шардың вискозиметр түтікшесіндегі белгілер арасынан өту жылдамдығы бойынша анықталады. Ол өлшеу қателігі 1–3 % шегінде болатын өлшем жүргізуге мүмкіндік береді.



*91-сурет. Вискозиметр*

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай сұйықты идеал сұйық деп атайды?
2. Ағын сызықтары дегеніміз не? Ағын түтігі ше?
3. Газдар мен сұйықтар ағысының қандай түрлерін білесіңдер? Олардың қандай айырмашылығы бар?
4. Ішкі үйкеліс күші құбырдағы сұйықтың ағыс жылдамдығына қалай әсер етеді?
5. Газдар мен сұйықтар қозғалысына кедергі күшінің пайда болу себепін атаңдар.
6. Сұйықтың тұтқырлығын қалай анықтайды? Ол қандай өлшем бірлігімен өлшенеді?



Диаметрі 1 мм болат шар 0,185 см/с тұрақты жылдамдықпен майсана (кастор) майы толтырылған үлкен ыдысқа құлайды.

1. Болат тығыздығы  $7800 \text{ кг/м}^3$ ,  $g \approx 10 \text{ м/с}^2$  деп алып, болат шарға әсер ететін ауырлық күшін анықтаңдар.
2. Майсана майының тығыздығы  $900 \text{ кг/м}^3$ , Архимед күшін анықтаңдар.
3. Ауырлық күші Архимед және Стокс күштерінің қосындысына тең деп тұжырымдауға бола ма? Күштердің қатынасын жазыңдар.
4. Шарға әсер ететін күштерді бейнелеңдер.
5. Стокс күшін анықтаңдар.
6. Майсана майының динамикалық тұтқырлығын анықтаңдар.

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Гидродинамиканың негізін салушылар.
2. Ауа райын болжауда гидро- және аэродинамика заңдарын қолдану.
3. Ламинарлық ағысты басқарылатын бұрқақтар, олардың жұмыс істеу принципі мен құрылысы.

## 5-тараудың қорытындысы

Стокс формуласы

$$F = 6\pi\eta r v$$

### Глоссарий

**Гидро- және аэродинамика** – сұйықтар мен газдардың қозғалысын, қозғалыстағы сұйықтар мен газдардың қатты денелермен өзара әрекеттесуін зерттейтін механика бөлімі.

**Идеал сұйық** – тұтқырлығы мен сығылуын ескермеуге болатын сұйық.

**Ағын элементі** – сұйықтың (газдың) қозғалыс кезіндегі пішінінің өзгерісін ескермеуге болатын шартты түрде бөлінетін аз көлемі.

**Ағын сызықтары** – жанамаларының бағыты кеңістіктің кез келген нүктесінде сұйық ағыны жылдамдығының бағытымен сәйкес келетін сызықтар.

**Ағын түтігі** – газдың немесе сұйықтың ағын сызығымен шектелген көлемі.

**Ламинарлық ағыс** – сұйық қабаттары араласып кетпей, бір-біріне қатысты жылжитын ағыс.

**Турбуленттік ағыс** – сұйық қабаттары араласып, иірімдер пайда болатын ағыс.

**Стационар ағыс** – кеңістіктің барлық нүктесіндегі сұйық элементтерінің жылдамдығы уақыт бойынша өзгермейтін ағыс.

**Тұтқырлық** – реал сұйықтардың бір бөлігінің екіншісіне қатысты орын ауыстыруына кедергі келтіру қасиеті.

**Вискозиметр** – сұйықтың тұтқырлығын анықтауға арналған аспап.

*Молекулалық физикада жылу құбылыстарын зерттеуде статистикалық және термодинамикалық әдістер қолданылады.*

*Статистикалық әдіс молекулалық-кинетикалық теорияға негізделген. Аталған теорияда физикалық құбылыстар заттың ішкі құрылысы туралы білім негізінде қарастырылады.*

*Термодинамикалық әдіс жылу құбылыстарын заттың ішкі құрылысы туралы білімді қолданбай, термодинамика заңдары мен жүйені сипаттайтын параметрлер – температура, қысым және көлем негізінде зерттеуді қарастырады.*

## 6-ТАРАУ

# МОЛЕКУЛАЛЫҚ– КИНЕТИКАЛЫҚ ТЕОРИЯНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

Заттың атомдық құрылысы туралы гипотезаны ең алғаш Демокрит ұсынды. XX ғасырда әртүрлі заттардың молекулаларының өлшемдері, массалары, жылдамдықтары өлшенді, молекуладағы атомдардың орналасуы анықталды, яғни зат құрылысының молекулалық-кинетикалық теориясы толық тұжырымдалды. Молекулалық-кинетикалық теорияны жасауға орыс ғалымы М.Ломоносов, неміс физигі Р.Клаузиус, ағылшын физиктері Дж.Джоуль, Дж.Максвелл, аустрия физигі Л.Больцман елеулі үлес қосты. Қатты заттар құрылысындағы айырмашылықтар серпімділік, иілгіштік, беріктік, қаттылық, аққыштық сияқты қасиеттерді түсіндіруге мүмкіндік береді.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- молекулалық-кинетикалық теорияны және идеал газ моделін сипаттауды;
- молекулалық-кинетикалық теория негізінде қатты денелердің, сұйықтар мен газдардың модельдерін сипаттауды;
- кристалл және аморфты қатты денелердің құрылымын ажыратуды үйренесіңдер.

## § 12. МКТ негізгі қағидалары. Термодинамикалық параметрлер

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- молекулалық-кинетикалық теорияны және идеал газ моделін сипаттауды;
- молекулалық-кинетикалық теория негізінде қатты денелердің, сұйықтар мен газдардың модельдерін сипаттауды үйренесіңдер.



**Джон Уильям Стретт, лорд Рэлей** (1842–1919) – 1904 жылы «газ тәріздес элементтердің тығыздығын зерттегені және соған байланысты аргонды ашқаны үшін» Нобель сыйлығын алған ағылшын физигі және механигі. Рэлей 1879 жылы Кембридж университетінің профессоры атанды және Кавендиш зертханасының директоры болды. 1908–1919 жылдары Кембридж университетінің президенті қызметін атқарды.

### I Молекулалық–кинетикалық теорияның негізгі қағидалары

7–8-сыныптардағы физика курсына «Заттың құрылымы» және «Жылу құбылыстары» тақырыптарын оқып-үйрену барысында молекулалар мен атомдар туралы, олардың өзара әрекеттесуі мен қозғалысы туралы алғашқы түсінік алдыңдар. Диффузия мен броундық қозғалыс, сұйықтың капилляр бойымен көтерілуі және ағуы, қайнау мен булану, балқу мен кристалдану тәрізді құбылыстарды МКТ – молекулалық-кинетикалық теория және оның үш қағидасы негізінде оңай түсіндіруге болады:

1. Барлық заттар өте ұсақ бөлшектерден – арасында бос аралықтары бар молекулалар мен атомдардан тұрады.
2. Зат бөлшектері үздіксіз және бейберекет қозғалады.
3. Зат бөлшектері бір-бірімен өзара әрекеттеседі.

### II МКТ I қағидасының тәжірибелік дәлелдемесі

Ағылшын физигі Дж. Рэлейдің молекулалардың массасы мен өлшемдерін анықтауы МКТ I қағидасының сенімді дәлелдемесі болып табылады.

Олеин майының тамшысы су бетінде бір молекула қалыңдығына тең қабатпен жайылады деп болжап, ол оның өлшемін анықтады:

$$d = \frac{V}{S},$$

мұндағы  $d$  – молекуланың диаметрі,  $V$  – жайылған тамшының көлемі,  $S$  – тамшының ауданы.

Ол молекуланың көлемін  $V_0 = d^3$  деп алып, оның заттың барлық көлеміндегі молекулалар санын тапты:

$$N = \frac{V}{V_0}.$$

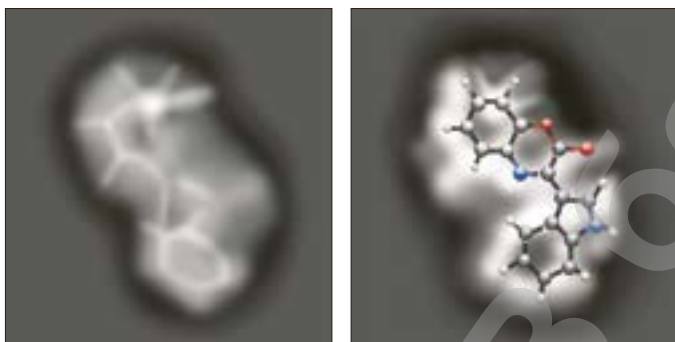
Дж. Рэлей май тамшысындағы молекулалар саны және оның массасының мәні белгілі болған жағдайдағы бір молекуланың массасын есептеді:

$$m_0 = \frac{m}{N}.$$

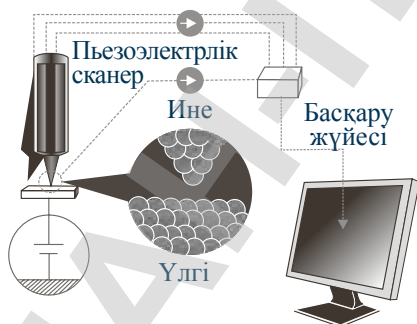
Рэлей әдісі бойынша жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері молекулалар өлшемі  $10^{-9}$  м, ал массасы  $10^{-26}$  кг екенін көрсетті.

Ғалымдар электронды, содан кейін туннельді микроскоптарды жасап шығарғаннан кейін, МКТ I қағидасының дұрыстығына еш күмән қалмады.

Әрекет ету принципі заттардың беткі қабаттарын түсіріп алуға негізделген туннельді микроскоптың арқасында атомдар мен молекулалардың орналасуы бейнеленген сурет алынды (92-сурет). Сканерлеуші туннельді микроскоптың металл инесі нысан бетінде нанометрден де аз қашықтықта сырғанап жүреді (93-сурет).



92-сурет. Заттардағы молекулалардың орналасуы бейнеленген сурет



93-сурет. Туннельді микроскоптың әрекет ету принципі

Қозғалыс барысында инеге аздаған потенциал беріледі, нәтижесінде ине мен үлгінің арасында туннельді ток пайда болады – үлгідегі электрондар инеге дейінгі қашықтықты жүріп өтіп, инеге өтеді. Электрондардың саны иненің ұшына дейінгі қашықтыққа тәуелді, сондықтан туннельді токтың шамасын анықтау барысында ғалымдар үлгі бетінің рельефі

### Жауабы қандай?

1. Неліктен молекулалар атомдарға қарағанда алуан түрлі болып келеді?
2. Түтіннің ауада жоғалып кету себебін түсіндіріңдер.
3. Неліктен екі қорғасын бөлігіне қарағанда екі пластилин бөлігін біріктіру оңай?

### Назар аударыңдар!

Мұхит бетіне  $1/16$  мкм қабатпен жайылған бір тонна мұнай ауданы шамамен  $12 \text{ км}^2$  болады.

### Өз тәжірибең

1. Молекулалар өлшемін  $10^{-9}$  м<sup>3</sup> деп алып, оқулықтың бір парағындағы молекулалар санын анықтаңдар.
2. Қолдан жасалған палетканың көмегімен мұнай дағының аумағын анықтаңдар. Түсірілім көлемінің масштабы  $M1:100000$  деп алыңдар (94-сурет).



94-сурет. Төгілген мұнай

қандай екенін түсіне алады. Туннельді микроскоптың жасалуы наноәлемді игеруге жасалған нақты қадам болды. Осы жетістіктері үшін 1986 жылы Цюрихтегі IBM компаниясының зерттеу орталығының қызметкерлері Г.Бинниг пен Г.Рорерге Нобель сыйлығы берілді.



95-сурет. Мұнай төгілген аймақта жануарлар мен құстардың қырылуы



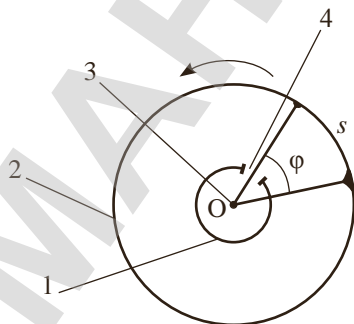
Отто Штерн (1888–1969) – неміс физигі. 1923 жылдан бастап Гамбург университетінің физика-химиялық зертханасының профессоры және директоры. 1933 жылдан бастап Питсбургтегі (АҚШ) Карнеги Технологиялық институтының профессоры. 1943 жылы Штерн физика бойынша Нобель сыйлығын алды.

**Жауабы қандай?**

1. 550 мың тонна жүк көтеретін танкерден төгілген мұнай алатын ауданды анықтаңдар. Каспий теңізінің ауданымен салыстырыңдар (371000 м<sup>2</sup>).
2. Мұнайдың төгілуі қандай экологиялық мәселелер тудырады (95-сурет)?

**III Штерн тәжірибесі – молекулалық-кинетикалық теорияның II қағидасының дәлелдемесі ретінде**

1920 жылы неміс физигі Отто Штерн молекулалар қозғалысының орташа жылдамдығын анықтауға арналған тәжірибе жасады. Жазық горизонталь тірекке  $OO_1$  осі айналасында (96-сурет) айналатын коаксиалді цилиндрлік беттерді (1) және (2) орналастырды. Ішкі цилиндрдің тар саңылауы (4) болды. Барлық жүйе вакуумда орналасқан.  $OO_1$  осі бойынша күміспен қапталған платина сым (3) орналасқан, оны жоғары температураға дейін қыздырады. Күміс атомдары беткі қабаттан буланып, ішкі цилиндрдің (2) қабырғасындағы тар саңылау арқылы сыртқы цилиндрдің қабырғасына ұшып барып, саңылауға қарсы жіңішке жолақ түрінде тұнады.



96-сурет. Штерн тәжірибесін жасауға арналған қондырғысының сұлбасы

Цилиндрлердің  $\omega$  бұрыштық жылдамдықпен айналуы кезінде, атомдардың екінші цилиндрдің

**Жауабы қандай?**

1. Неліктен Штерн тәжірибесінің қондырғысы вакуумдық камераға орналастырылады?
2. Неліктен Штерн тәжірибесіндегі айналмалы цилиндрдің бетіне тұнатын күміс қабатының қалыңдығы барлық жерде бірдей емес?



кабырғасына жетуі үшін қажетті  $t$  уақыт аралығында, цилиндрлер  $\varphi$  бұрышына бұрылады. Нәтижесінде атомдар алдыңғы жолақтан  $s$  қашықтықта бұлдыр жолақ түрінде тұнады. Штерн цилиндрлер арасындағы күміс атомдарының орташа жылдамдығын былай есептеді:

$$v = \frac{R-r}{t}, \quad (1)$$

мұндағы  $R$  – сыртқы цилиндрдің радиусы,  $r$  – ішкі цилиндрдің радиусы.

Күміс жолақтың орын ауыстыруын цилиндрдің айналу жылдамдығы арқылы өрнектесек:

$$s = v_{\varphi} t = \omega R t, \quad (2)$$

мұндағы  $v_{\varphi}$  – сыртқы цилиндрдің айналуының сызқтық жылдамдығы, Штерн атомдардың цилиндрлер арасындағы ұшу уақытын анықтады:

$$t = \frac{s}{\omega R}. \quad (3)$$

Осы формуланы ескере отырып, (1) формуладан мынадай өрнекті алды:

$$v = \frac{\omega R(R-r)}{s}. \quad (4)$$

$R$ ,  $r$ ,  $\omega$  мәндері және тәжірибе арқылы алынған  $s$  мәні белгілі болғанда күміс атомдарының орташа жылдамдығы анықталды, ол 650 м/с болды.

#### IV Молекулалар арасындағы өзара әрекеттесу күші – молекулалық-кинетикалық теорияның III қағидасының дәлелдемесі ретінде

Молекулалар атомдары оң зарядталған ядролардан және теріс зарядталған электрондардан тұрады. Сығылу немесе созылу деформациясы кезінде дененің өлшемі мен пішінін бастапқы қалпына келтіруге ұмтылатын күш пайда болады. Бұл күш заттың атомдары мен молекулалары арасындағы өзара электромагниттік әрекеттесу салдарынан пайда болады.

97-суретте графиктер берілген: 1-график – атомдар арасындағы тебілу күшінің олардың арақашықтығына тәуелділігіне, 2-график – атомдардың тартылыс күшінің олардың арақашықтығына тәуелділігіне сәйкес келеді, 3-график – молекулалық өзара әрекеттесудің қорытқы күші. Графикке қарап, мынадай қорытынды шығаруға болады:  $r \leq r_0$  болғанда, тебілу күші артады, ал  $r \geq r_0$  болғанда, тартылыс күші артады.  $r = r_0$  қашықтықта тебілу күші мен тартылыс күші тең, сондықтан теңәсерлі күш нөлге тең:  $F = 0$ .



#### Тапсырма

Заттардың қатты, сұйық, газ тәріздес күйлердегі модельдерін және идеал газ моделін бейнелендер.



#### Жауабы қандай?

1. Сендер бейнелеген модельдердің қандай айырмашылықтары бар?
2. Заттың газ тәріздес күйдегі моделінің идеал газ моделінен қандай айырмашылығы бар?

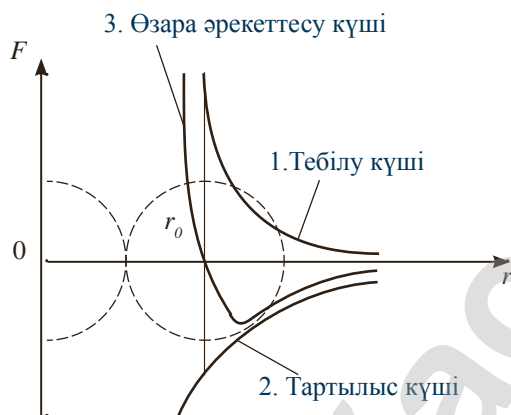


#### Есте сақтаңдар!

Сиретілген реал газдар идеал газдарға ұқсайды. Төмен қысымда және жоғары температурада барлық газдар қасиеттері жағынан идеал газға жақын болады.

Жоғары қысым жағдайында газ молекулалары бір-біріне жақындайды, бұл жағдайда олардың өз өлшемдерін ескермеуге болмайды. Температура төмендегенде молекулалардың кинетикалық энергиясы кемиді, салыстырмалы түрде потенциалдық энергияға тең болады.

Күштің арақашықтыққа тәуелділік графигі молекулааралық күштердің молекулалар өлшемдеріне тең арақашықтықтарда пайда болатынын дәлелдейді. 2–3 молекула өлшеміне тең арақашықтықта молекулалардың өзара әрекеттесу күші жойылады.



97-сурет. Атомдардың өзара әрекеттесу күштерінің олардың арақашықтығына тәуелділік графигі

### V МКТ негізінде сұйық пен газдың, қатты дененің моделі. Идеал газ

Сендерге заттардың әртүрлі агрегаттық күйлердегі қасиеттері 7-сыныптан таныс. Олардың негізгілерін еске түсірейік: қатты денелер пішіні мен көлемін сақтайды; сұйықтар көлемін сақтай отырып, пішінін оңай өзгертеді, олар аққыш болып келеді; газдар берілген көлемді толығымен толтырады, олардың пішіні де, көлемі де болмайды. Заттардың әртүрлі агрегаттық күйлердегі қасиеттері мен МКТ үш қағидасы туралы білім негізінде олардың құрылымын модельдеу қиындық тудырмайды.

Газдарда жүретін жылу құбылыстарын математикалық тұрғыда сипаттау үшін «идеал газ» түсінігі енгізілді.

*Идеал газ – молекулалар арасындағы өзара әрекеттесудің потенциалдық энергиясын ескермеуге болатын газдың физикалық моделі; молекулалардың арақашықтығы молекулалар өлшемінен анағұрлым артық. Молекулалар арасында төбілу мен тартылыс күштері болмайды, бөлшектердің өзара және қабырғаға соқтығысуы абсолют серпімді болады.*

*Төменгі қысым және жоғары температура жағдайындағы реал газды идеал газ деп есептеуге болады.*

### VI Молекулалық–кинетикалық теорияның (МКТ) мақсаты мен міндеті. Термодинамикалық параметрлер. МКТ негізгі теңдеуі

Молекулалық-кинетикалық теорияның мақсаты – барлық денелер бейберекет (хаосты) қозғалатын жеке бөлшектерден тұрады деген түсінік негізінде жылу құбылыстарының заңдылығы мен макроскопиялық денелердің қасиеттерін түсіндіру.

Молекулалық-кинетикалық теорияның негізгі міндеті – заттардың микроскопиялық және макроскопиялық параметрлері арасында байланыс орнату, берілген зат күйінің теңдеуін табу.

Молекулалық әлемді сипаттайтын шамалар, мысалы, молекуланың жылдамдығы, оның массасы, энергиясы *микроскопиялық* (грек. «микрос» – кіші) *параметрлер* деп аталады.

*Макроскопиялық* (грек. «макрос» – үлкен) *шамалар* немесе *параметрлер* деп денелердің қасиеттерін олардың ішкі құрылымын ескермей сипаттайтын шамаларды атайды.

Денелердің күйін сипаттайтын макроскопиялық шамаларды *термодинамикалық параметрлер* деп атайды. *V* көлем, *p* қысым және *T* температура – *термодинамикалық параметрлер* болып табылады.

Ғалымдар идеал газдың макроскопиялық және микроскопиялық параметрлері арасындағы байланысты анықтады. Шамалар арақатынасы молекулалық-кинетикалық теорияның негізгі теңдеуі деп аталды:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 \quad (5)$$

мұндағы *p* – газ қысымы, *n* – концентрация, *m*<sub>0</sub> – атом массасы,  $\bar{v}^2$  – орташа квадраттық жылдамдық.

Молекулалар концентрациясы газдың тығыздығымен  $n m_0 = \rho$  қатынасымен байланысады, (5) формулаға қойсақ:

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2. \quad (6)$$

Егер молекулалардың орташа кинетикалық энергиясы  $\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$  екенін ескерсек, онда (5) теңдеуді мына түрде жазуға болады:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 \cdot \frac{2}{2} = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

немесе

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}. \quad (7)$$

Идеал газдың қысымы газдың бірлік көлеміндегі молекулалардың ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясына тура пропорционал.

(5), (6) және (7) қатынастарды *молекулалық-кинетикалық теорияның негізгі теңдеуі* деп атайды. Молекулалық-кинетикалық теорияның негізгі теңдеуі макроскопиялық параметрлер мен микроскопиялық параметрлерді байланыстырады.

### Бақылау сұрақтары

1. Молекулалық-кинетикалық теорияның негізгі қағидаларын тұжырымдаңдар.
2. Штерн тәжірибесінің маңызы неде?
3. Молекулалық өзара әрекеттесу күштері қандай қасиеттерге ие?
4. Идеал газ моделі қандай болады?



### Жаттығу

12

1. Су бетіне тамызылған тығыздығы  $\rho = 920 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , массасы 0,023 мг минерал майының тамшысы ауданы 60 см<sup>2</sup> қабықша түрінде жайылды.

Қабықшадағы молекулалар бір қатарда орналасқан деп алып, олардың көлденең өлшемдерін анықтандар.

2. Егер Штерн тәжірибесінде аспаптың айналу жиілігі  $150 \text{ с}^{-1}$  болғанда, күміс буының молекулаларының бұрыштық ығысуы  $5,4^\circ$  болса, олар қандай жылдамдыққа ие болған? Сыртқы және ішкі цилиндрлердің арақашықтығы 2 см.
3. Көлемі  $V = 1$  л ыдыста массасы 2 г сутек бар. Егер сутек молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы  $v = 400$  м/с болса, оның қысымын анықтандар.

### Шығармашылық тапсырмалар

1. Мұнай құбырларымен және мұнай танкерлерімен болатын апаттар статистикасын зерттеңдер. Мемлекеттер және кәсіпорындар бойынша салыстырмалы кестелер (графиктер, диаграммалар) құрастырыңдар.
2. Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:
  - Ежелгі философтардың заттардың құрылымы туралы көзқарастары. Заттардың құрылымы туралы атомистикалық көзқарас.
  - Табиғаттағы, тұрмыстағы және өндірістегі диффузия.

## § 13. Кристалл және аморфты денелер

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- кристалл және аморфты қатты денелердің құрылымын ажырата аласыңдар.



### Жауабы қандай?

1. Неліктен монокристалдар поликристалдарға қарағанда бағалы?
2. Неліктен таспен кірпіш бетінде сызық қалдыруға болады да, керісінше, кірпішпен тас бетінде із қалдыра алмаймыз?
3. Неліктен қарындаштың графитті өзекшесі оның осіне перпендикуляр бағытта ғана жеңіл шөгеді?

### I Кристалл және аморфты денелер. Қатты денелердің изотроптығы және анизотроптығы

Пішіні мен көлемін сақтайтын денелер *қатты денелер* деп аталады. Физикада олар *кристалдар және аморфты денелер* деп бөлінеді. Кристалдар өз ішінде *монокристалдар* мен *поликристалдар* деп жіктеледі.

*Аморфты денелер кристалл денелерден нақты балқу температураларының болмауымен ерекшеленеді.* Физикада аморфты денелерді тұтқыр сұйық ретінде қарастырады. Аморфты денелерге балауыз, кәріптас (янтарь), ермексаз, шыны, қатқыл шайырды жатқызуға болады. Аморфты денелердің кристалдық торы болмайды, олар изотропты болып келеді.

**Изотроптық – заттың физикалық қасиеттерінің таңдалған бағытқа тәуелсіздігі.**

*Монокристалл түріндегі кристалл денелер анизотропты.*

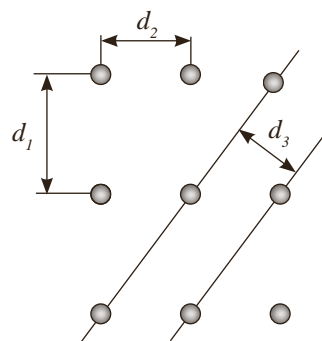
**Анизотроптық – заттың физикалық қасиеттерінің таңдалған бағытына тәуелділігі.**

Табиғи жағдайда кварц, топаз, алмаз, сутас, графит геометриялық дұрыс формасы бар үлкен монокристалдар түзеді (98-сурет).

Кристалдардың механикалық, жылулық, электрлік және оптикалық қасиеттерінің анизотропты күйін зат бөлшектерінің өзара әрекеттесу күшінің кристалдық тордағы таңдалған бағытқа тәуелділігімен онай түсіндіруге болады. Олардың әртүрлі бағыттардағы арақашықтықтары да әртүрлі болады  $d_1 > d_2 > d_3$  (99-сурет).

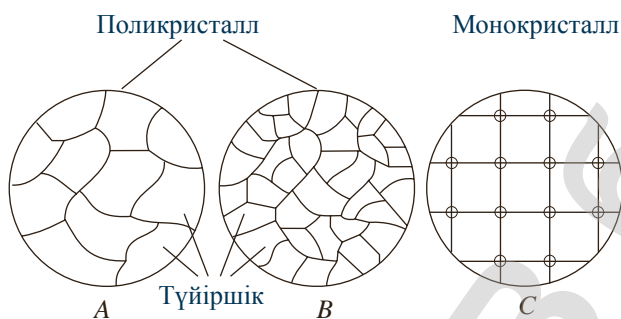


98-сурет. Сутас және сұрғылттау кварцтың монокристалдары



99-сурет. Монокристалдар анизотроптылығы

Поликристалл дене – өлшемдері 1–2 мкм-ден бірнеше мм-ге дейін өзгеріп тұратын бір-біріне қатысты ретсіз бағытталған монокристалдардың жиынтығы түрінде болады (100-сурет). Поликристалл дене изотропты. Егер поликристаллда монокристалл түйіршіктердің бағыт артықшылығы болса, онда поликристалл текстуралық болады да, анизотропты қасиетке ие болады. Ұзақ өңдеу барысында поликристаллдарда ірі кристалдық блоктар пайда болады. Рекристаллизация – жекеленген түйіршіктердің өзге түйіршіктер арқасында өсу құбылысы орын алады. Поликристалл денелерге металдар, поликристалл алмаздар, керамика жатады.



100-сурет. Поликристалдың құрылысы

## II Кристалдық тор. Кристалдағы ақаулар

Кристалдың ішкі құрылысын көрнекі түрде көрсету үшін оны кристалдық тор түрінде бейнелейді.

Кристалдық тор – кристалдағы атомдар мен иондардың периодты түрде орналасуы.

Кристалдық тордың атомдар мен иондар орналасқан нүктелері кристалдық тор түйіндері деп аталады.

Түйіндердің кристалдық торда орналасуын ионды микроскоптың көмегімен көруге болады.

Барлық кристалдық торлар төрт түрге бөлінеді: иондық, атомдық, молекулалық және металдық.

Ақаудың нүктелік және сызықтық түрлері болады. Нүктелік ақауға өзіндік атомның жағтекті атомға ауысуы (101 а) сурет), тор түйіндері арасындағы кеңістікке атомдардың енуі (101 ә) сурет), кристалдық тор түйіндерінің бірінде атомдардың болмауы (101 б) сурет) жатады. Сызықтық ақаулар кристалл жазықтығында атомдардың орналасу тәртібі бұзылғанда көрініс табады (101 в) сурет).

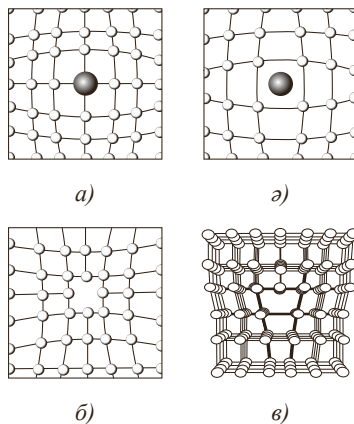
### Жауабы қандай?

1. Неліктен монокристалдар анизотропты, ал поликристаллдар изотропты?
2. Неліктен аморфты денелердің белгілі бір балку температурасы болмайды?
3. Тордың иондық, атомдық, молекулалық және металдық түрлерінің айырмашылығы неде?

### Естеріңе түсіріңдер!

Сыртқы күштердің әсері тоқтағаннан кейін жойылатын деформация серпімді деформация деп аталады.

Сыртқы күштердің әсері тоқтағаннан кейін жоғалмайтын деформация иілу (пластикалық) деформациясы деп аталады.



101-сурет. Ақау түрлері

### III Кристалл денелердің беріктігі мен қаттылығы

Дененің сыртқы күштердің әсерінен болатын бұзылуға төтеп беру қабілеті беріктік деп аталады. Ақау табылған кристалдардың беріктігі таза кристалдардың беріктігінен он есе, тіпті жүз есе төмен болады. Техникада барлық материалдар беріктігімен қатар қаттылығымен де ерекшеленеді. Қаттылық – материалдардың өзге материалдың бетін бұзу қасиеті. Қай материал басқа материалдың бетін сырып өтсе, сол қатты болып саналады. Металл кесетін кескіш пен бұрғылардың қаттылығы өңделетін металға қарағанда жоғары болуы керек. Оларды кобальтпен цементтелген титан немесе вольфрам карбиді түйіршіктерінен тұратын аса қатты құймалардан жасайды.

#### Бұл қызық!

Кристалдардың беріктігін арттыру үшін арнайы ақаулар тудырады. Олар керісінше кристалдың беріктігін арттырып, кездейсоқ ақаулар тізбегінен байланыстың үзілмеуін реттейді. Мысалы, болат құрамына вольфрам, хром енгізілгенде беріктігі үш есе артады.

### IV Денелердің серпімді және иілу деформациясы. Қатты денелердің серпімділігі мен иілгіштігі

Сыртқы күштердің әсерінен кристалл бөлшектері тепе-тендік күйінен ығысады, соның салдарынан дене деформацияланады, яғни оның көлемі мен пішіні өзгереді.

Дененің өзінің бастапқы пішініне қайта келу қасиетін дененің серпімділігі деп атайды. Серпімділік қасиетіне барлық кристалл денелер және резеңке ие.

Дененің сыртқы күштер әсерінен өзгерген пішінін сақтау қасиетін дененің иілгіштігі деп атайды. Бұндай иілгіштік аморфты денелерге тән.

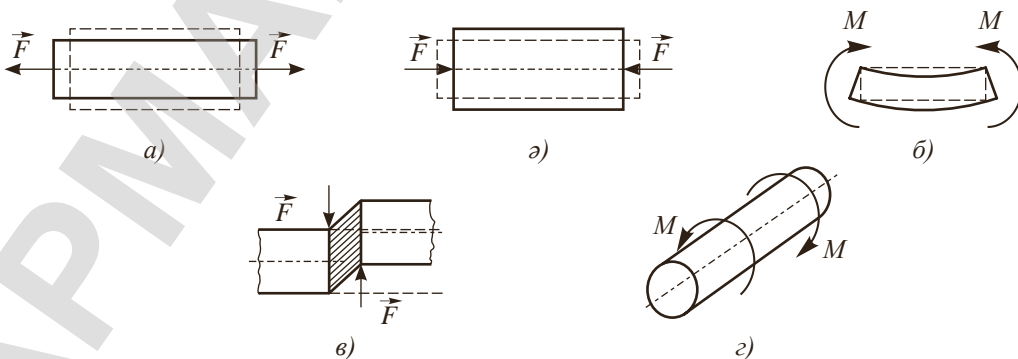
### V Серпімді деформацияның түрлері

Қатты денелердің деформациясы сыртқы күштердің түсу нүктесі мен бағытына қарай төртке бөлінеді: созылу немесе сығылу, майысу, ығысу және бұралу.

Дене осі бойымен қарама-қарсы бағыттарға бағытталған шамалары бірдей екі күштің әсер етуінен дене ұзындығының артуын созылу деформациясы деп атайды (102 а) сурет). Созылу деформациясы сымдарда, аркандарда болады.

#### Тапсырма

Серпімді және иілу деформациясына мысал келтіріңдер.



102-сурет. Серпімді деформация түрлері

*Дене осі бойымен бір-біріне қарама-қарсы бағытталған күштердің әсерінен дене ұзындығының азаюы сығылу деформациясы деп аталады (102 ә) сурет). Сығылу деформациясы үйдің қабырғаларында, тірек бағандарда болады.*

*Майысу – бір уақытта дене бетінің қарама-қарсы беттерінің созылу және сығылу деформациясы (102 б) сурет). Мұндай майысу ғимараттардың бөрене жабындыларында, көпірлерде болады.*

*Дене қабаттарының әлсіз моментке ие екі күштің әсерінен бір-біріне қатысты орын ауыстыруы ығысу деформациясы деп аталады (102 в) сурет). Ығысу деформациясы тіреуіш бөлшектерінде, бір-біріне қатысты үйкеле қозғалатын денелерде болады.*

*Дене осіне перпендикуляр жазықтықтарға түсірілген күштердің әсерінен дене қабаттарының бір-біріне қатысты бұрылуын бұралу деформациясы деп атайды (102 г) сурет). Бұрауыш тұтқасы, автокөлік білігі бұралу деформациясына түседі.*

## **VI Монокристалдар мен поликристалдардың қолданылуы**

Ежелден бері табиғи монокристалдардан жарқырайтын түрлі бағалы бұйымдар, әшекейлер жасалып келеді. Алмаздан, сутастан, малахит, лағыл, меруерттен және басқа да табиғи монокристалдардан жасалған зергерлік әшекейлер күні бүгінге дейін сұранысқа ие. Оптика, лазерлі техника, жартылай өткізгішті электрониканың дамуы арқасында монокристалдарға деген ғылыми-техникалық қызығушылық арта түсті. Әк шпатының қасиеттерін зерттеу арқылы жарық поляризациясы, поляризациялық аспаптар және 3D суреттер пайда болды. Спектроскопта кварц шынысынан жасалған призмалар жарықты спектрлерге жіктеу үшін қолданыла бастады. Барлық заманауи электр құрылғыларда аса таза монокристалл материалдардан жасалған бөлшектер болады. Беріктігі жоғары табиғи монокристалл – алмаз құрылыста, ауыр машина жасауда, пайдалы қазбалар өндірісінде пайдаланылады. Алмаздан бұрғы, ара, металды кесетін қайшылар мен тегістейтін дөңгелектер жасалады. Алмаз табиғатта сирек кездеседі. Жасанды монокристалдарды өндіру нәтижесінде, өндірісте жасанды алмазды пайдалану 97 %-ке дейін артты.

Электр энергиясының баламалы көздеріне ауысқалы күн панельдерін жасауда қолданылатын материал – аса таза кремний үлкен сұранысқа ие бола бастады. Кремний монокристалының өзегін жасанды түрде кремний балқытпасынан алады да, қалыңдығы 0,2–0,4 мм бөлшектерге бөліп, қайта өңделген материалды күн панельдері құрамында болатын фотоэлектрлі элементтер жасау үшін пайдаланады (103-сурет). Кремний балқытпасын баяу суытқанда одан поликристалл кремний шығады. Бұл кезде атқарылатын жұмыс монокристалл кремний өндіріп алғанға қарағанда күрделірек болып келеді. Дегенмен ол да күн панельдерін жасау үшін пайдаланылады (104-сурет). Поликристалл кремнийдің



**103-сурет.** Монокристалдардан жасалған күн панельдері



**104-сурет.** Поликристалдардан жасалған күн панелі



кемшілігі – оның сапасын төмендететін түйіршіктерінің болуында. Монокристалл панельдердің сериялы өндірісі кезінде олар 22 %-ке дейінгі күн энергиясын түрлендірудің максимал тиімділігіне ие, ал поликристалл панельдер 18 %-ке дейінгі тиімділікке ие. Бұл кремний монокристалының таза шикізат болуымен түсіндіріледі, бұл батареяларда олар 100 %-ке дейін жетеді.

## VII Қазақстан Республикасындағы кремний өндірісі

Дүниежүзі энергияның баламалы көздерін пайдалануға өтуіне байланысты күн батареяларына сұраныс артуда.

Қазақстан Республикасында тау-кен металлургия саласын дамыту жөніндегі мемлекеттік бағдарлама аясында 2014 жылдан бері Шымкент қаласындағы «Стекло К» ЖШС өндіріс базасында жоғары сапалы кремний өндіру жобасы дайындалып, іске қосылды. Бұл жоба Білім және ғылым министрлігінің «Инновациялық нәтижеге бағытталған университеттік ғылымдарды дамыту» бағдарламасына енді. Жобаның екі кезеңі жүзеге асып, зауыт үш түрлі өнім өндіреді: ферросилиций, техникалық кремний және ақ күйе. 300 тонна ақ күйеден 200 тонна аса таза кремний алуға болады. Аса таза кремний алу процесін жетілдіре келіп, фотоэлектрлі түрлендіргіштер және күн батареялары панельдерін құрастыру өндірісін қолға алу жоспарлануда.

2016 жылы Қарағанды қаласында металлургиялық кремний өндірісі іске қосылды (*105-сурет*). Тазалығы 98,5 %-ке жететін қазақстандық кремний неміс компаниясының технологиясымен өндіріледі. Бұл компания кремнийдің сұранысқа ие болуына да кепіл болып отыр. Қарағанды қаласындағы металлургиялық кремний өндіру зауытының құрылысын 2007 жылы Silicium Kazakhstan компаниясы бастаған болатын.



*105-сурет. Металлургиялық кремний өндірісі, Қарағанды қаласы*

### Бақылау сұрақтары

1. Аморфты денелердің кристалл денелерден айырмашылығы неде?
2. Кристалдық тор дегеніміз не? Тордың қандай түрлерін білесіңдер?
3. Кристалл беріктігін арттыру үшін қандай әдіс қолданылады?
4. Қатты денелерде болатын деформация түрлерін атаңдар. Деформацияның әр түрінде болатын сыртқы күш әсерінің бағыты мен түсу нүктесін көрсетіңдер.

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Кристалл өсіру әдістері.
2. ҚР халық шаруашылығының әртүрлі салаларында кристалдар мен поликристалдардың қолданылуы.

## 6-тараудың қорытындысы

Молекула өлшемі	Молекула саны	Бір молекула салмағы
$d = \frac{V}{S}$	$N = \frac{V}{V_0}$	$m_0 = \frac{m}{N}$
Штерн тәжірибесі бойынша молекула жылдамдығы	МКТ негізгі теңдеуі	Молекулалардың өзара әрекеттесуі
$v = \frac{\omega R(R-r)}{s}$	$p = \frac{1}{3} nm_0 \bar{v}^2$ ; $p = \frac{2}{3} n \bar{E}$ ; $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$	$r \leq r_0$ болғанда тебілу күші артады. $r \geq r_0$ болғанда тартылыс күші артады.

### МКТ негізгі қағидалары

1. Барлық заттар өте ұсақ бөлшектерден – арасында бос аралықтары бар молекулалар мен атомдардан тұрады.
2. Зат бөлшектері үздіксіз және бейберекет қозғалады.
3. Зат бөлшектері бір-бірімен өзара әрекеттеседі.

### Глоссарий

**Анизотроптық** – заттың физикалық қасиеттерінің таңдалған бағытына тәуелділігі.

**Беріктік** – дененің сыртқы күштердің әсерінен болатын бұзылуға төтеп беру қабілеті.

**Бұралу деформациясы** – дене осіне перпендикуляр жазықтықтарға түсірілген күштердің әсерінен дене қабаттарының бір-біріне қатысты бұрылуы.

**Дене деформациясы** – дененің пішіні мен өлшемдерінің өзгеруі.

**Идеал газ** – молекулалар арасындағы өзара әрекеттесудің потенциалдық энергиясын ескермеуге болатын газдың физикалық моделі.

**Изотроптық** – заттың физикалық қасиеттерінің таңдалған бағытқа тәуелсіздігі.

**Иілгіштік** – дененің сыртқы күштер әсерінен өзгерген пішінін сақтау қасиеті.

**Иілу деформациясы** – сыртқы күштердің әсері тоқтағаннан кейін жоғалмайтын деформация.

**Кристалдық тор** – кристалдағы атомдар мен иондардың периодты түрде орналасуы.

**Қаттылық** – материалдардың өзге материалдың бетін бұзу қасиеті.

**Майысу** – бір уақытта дене бетінің қарама-қарсы беттерінің созылу және сығылу деформациясы.

**Макроскопиялық параметрлер** – денелердің қасиеттерін олардың ішкі құрылымын ескермей сипаттайтын шамалар.

**Серпінді деформация** – сыртқы күштердің әсері тоқтағаннан кейін жойылатын деформация.

**Серпінділік** – дененің өзінің бастапқы пішініне қайта келу қасиеті.

**Созылу деформациясы** – дене осі бойымен қарама-қарсы бағытталған шамалары бірдей екі күштің әсер етуінен дене ұзындығының артуы.

**Сығылу деформациясы** – дене осі бойымен бір-біріне қарама-қарсы бағытталған күштердің әсерінен дене ұзындығының азаюы.

**Термодинамикалық параметрлер** – денелердің күйін сипаттайтын макроскопиялық шамалар:  $V$  – көлем,  $p$  – қысым және  $T$  – температура.

**Ығысу деформациясы** – дене қабаттарының әлсіз моментке ие екі күштің әсерінен бір-біріне қатысты орын ауыстыруы.

## ГАЗ ЗАҢДАРЫ

*Газ заңдары молекулалық-кинетикалық теория тұжырымдалмастан бұрын тәжірибе жүзінде ашылған болатын. Аталған заңдар идеал газ моделіне жақын, яғни жоғары температура мен төмен қысымдағы реал газбен тәжірибе жүргізу арқылы нақтыланды. Жер атмосферасын құрайтын азот пен оттегі сияқты газдар қалыпты жағдайда идеал газ түрінде қарастырылуы мүмкін.*

### **Тарауды оқып-білу арқылы сендер:**

- идеал газ күйінің теңдеуін есептер шешуде қолдануды;
- газ процестері графиктерін ажырата білуді үйренесіңдер.

## § 14. Идеал газ күйінің теңдеуі. Изопроцестер. Адиабаталық процесс

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- идеал газ күйінің теңдеуін есептер шешуде қолдана аласыңдар; газ процестері графиктерін ажырата аласыңдар.

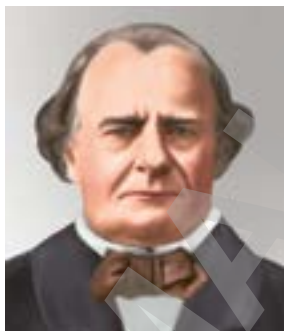
### Жауабы қандай?

- Неліктен бір ұшы дәнекерленген жіңішке ұзын түтікшенің ішіндегі сұйық түтікшені төңкергенде толығымен төгілмейді?
- Неліктен су бетіне қалқып шығатын ауа көпіршіктерінің көлемі үлкейеді?

### Есте сақтаңдар!

Универсал газ тұрақтысының мәні:

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



**Бенуа Поль Эмиль Клапейрон** (1799–1864) – француз физигі және инженері. 1834 жылы идеал газ күйінің теңдеуін қорытып шығарды. Термодинамикалық процесті  $pV$ -диаграммасында бейнелеп, термодинамикаға графикалық әдісті енгізді.

### I Идеал газ күйінің теңдеуі

Газдың берілген массадағы күйі үш параметрмен – қысым  $p$ , көлем  $V$  және температура  $T$  арқылы анықталады. Аталған параметрлердің бірінің өзгеруі өзгелерінің де өзгеруіне алып келеді.

**Термодинамикалық параметрлерді байланыстыратын теңдеу идеал газ күйінің теңдеуі деп аталады.**

Газ күйі параметрлерінің арақатынасын МКТ-ның негізгі теңдеуінен аламыз:

$$p = nkT. \quad (1)$$

(1) теңдеуге молекулалардың концентрациясын есептеу формуласын қойсақ:

$$n = \frac{N}{V} \quad (2)$$

және зат мөлшері арқылы өрнектелген заттағы молекулалар санын қойсақ:

$$N = \nu N_A, \quad (3)$$

$$pV = \frac{m}{M} k N_A T \quad (4)$$

формуласын аламыз. Больцман тұрақтысының Авогадро санына көбейтіндісін универсал газ тұрақтысына алмастырамыз:

$$R = k N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}. \quad (5)$$

(5) ескере отырып, (4) теңдеуді мына түрде жазамыз:

$$pV = \frac{m}{M} RT. \quad (6)$$

(6) қатынас – газ күйінің теңдеуі, оны Менделеев – Клапейрон теңдеуі деп атайды.

### II Газ күйінің теңдеуі және біріккен газ заңы

Қандай да бір массасы  $m$  газдың екі түрлі күйін қарастырайық. Бастапқы параметрлері –  $p_1, V_1, T_1$ . Соңғы параметрлері –  $p_2, V_2, T_2$ . Бастапқы газ күйінің теңдеуі мына түрде болады:  $p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1$ . Айнымалы шамаларды теңдеудің сол жағына ауыстырсақ, мынадай теңдеуді аламыз:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{m}{M} R. \quad (7)$$

Газдың соңғы күйінің теңдеуін алу үшін шамалардың ұқсас қатынасын жазамыз:

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M} R. \quad (8)$$

(7) және (8) теңдеулердің сол жақ бөліктерін теңестіреміз:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (9)$$

немесе 
$$\frac{pV}{T} = const. \quad (10)$$

Алынған (9) және (10) өрнекті француз физигі Бенуа Клапейронның құрметіне *Клапейрон теңдеуі* деп атайды.



### Есте сақтаңдар!

Идеал газ күйінің теңдеуі берілген белгілі күй параметрлері арасындағы байланысты сипаттайды. Газ заңдары газ күйінің өзгеруін сипаттайды және газ күйінің бастапқы және соңғы параметрлері арасында байланыс орнатады.

**Берілген газ массасы үшін абсолют температураға бөлінген қысым мен көлемнің көбейтіндісі газ күйіне тәуелді болмайтын тұрақты шама болып табылады.**

### III Изопроцестер

Физика мен техникада изопроцестер кең қолданысқа ие болды.

**Изопроцесс (грек. *isos* – тең, бірдей) – массасы өзгермейтін жүйеде, оның параметрлерінің бірінің тұрақты мәнінде өтетін процесс.**

Изопроцестердегі өзгеретін екі термодинамикалық параметрлер арасындағы тәуелділік теңдеуін *газ заңдары* деп атайды. Газ заңын Клапейронның біріккен газ заңының (9) дербес жағдайы деп қарастыруға болады.

### IV Бойль – Мариотт заңы

Тұрақты температурада газ қысымының оның көлеміне тәуелділігін анықтайтын газ заңы *Бойль – Мариотт заңы* деп аталады. Газ заңының теңдеуін тәжірибе жүзінде 1662 жылы ағылшын физигі Роберт Бойль және оған тәуелсіз 1676 жылы француз физигі Эдм Мариотт ашты. Бойль – Мариотт заңы изотермалық процесті суреттейді. *Изотермалық процесс – тұрақты температурада термодинамикалық жүйе күйінің өзгеру процесі.*

$T = const$  болғанда  $m = const$ ,  $M = const$  газ үшін Клапейрон теңдеуінен (9) шығатыны:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (11) \quad \text{немесе} \quad pV = const. \quad (12)$$

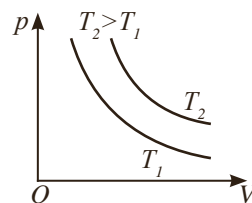
**Тұрақты температурада берілген массадағы газ қысымының көлемге көбейтіндісі тұрақты шама болып қалады.**

(11) формуладан идеал газ қысымы оның көлеміне кері пропорционал екені шығады:



### Жауабы қандай?

1. Клапейрон теңдеуін неге тек зат мөлшері өзгермейтін газдар үшін ғана қолдануға болады?
2. Күй теңдеуінің газ заңдарынан айырмашылығы неде?



106-сурет. Изотермалар

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad (13)$$

Осындай тәуелділіктің графигі *изотерма* деп аталатын гиперболоа. 106-суретте әртүрлі температура-ларда орындалған екі түрлі изопроцестің изотермасы көрсетілген. Газ температурасы неғұрлым жоғары болса  $T_2 > T_1$ , изотерма  $pV$ -диаграмма жазықтығында соғұрлым жоғары орналасады.

### V Гей-Люссак заңы

Изобаралық процесі сипаттайтын газ заңы *Гей-Люссак заңы* деп аталады. 1802 жылы француз физигі Жозеф Гей-Люссак газ көлемінің температураға тәуелділігін анықтау үшін эксперименттік зерттеу жүргізді.

*Изобаралық процесс – тұрақты қысымда термодинамикалық жүйе күйінің өзгеру процесі.*

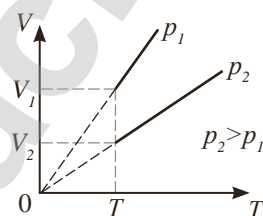
$p = const$  болғанда Клапейрон теңдеуінен шығатыны:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (14)$$

немесе 
$$\frac{V}{T} = const \quad (15)$$

### Жауабы қандай?

Неліктен күй теңдеуін қолданғанда барлық шамаларды ХБЖ-да өрнектеу керек, ал газ заңын қолдануда физикалық шамалардың өлшем бірліктері, мысалы, көлемдердің литрмен берілуі сәйкес келсе болғаны?



107-сурет. Изобаралар

**Тұрақты қысымда берілген массадағы газ көлемінің температураға қатынасы тұрақты шама болып қалады.**

(14) теңдеуден көлемнің температураға тура пропорционал тәуелді екенін көреміз  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ .  $VT$ -диаграммада тәуелділік графигі координаталар басы арқылы өтетін түзу сызықты береді (107-сурет). Изобаралық процесс графигін *изобара* деп атайды. Қысымның түрлі мәніне әртүрлі изобара сәйкес келеді. Тұрақты температурада қысым артқан сайын газ көлемі азаяды, сондықтан қысымы жоғары процесің изобарасы температура осіне жақын. *Идеал газ үшін орындалатын газ заңдары төменгі температураларда орындалмайды.* Сондықтан  $VT$ -диаграммада төменгі температурадағы график үзік сызықтармен бейнеленген.

### VI Шарль заңы

Тұрақты көлемде қысымның температураға тәуелділігін 1787 жылы француз физигі Жан Шарль тәжірибе жүзінде дәлелдеді, заң *Шарль заңы* деп аталды. *Изохоралық процесс – тұрақты көлемде термодинамикалық жүйе күйінің өзгеру процесі.*

$V = const$  болғанда Клапейрон теңдеуінен шығатыны:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (16)$$

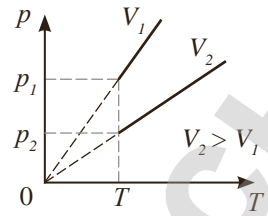
немесе 
$$\frac{p}{T} = const \quad (17)$$

### Естеріңізге түсіріңдер!

1. Белгісіз көбейткішті анықтау үшін көбейтіндіні белгілі көбейткішке бөлу керек.
2. Пропорцияның белгісіз ортаңғы мүшесін анықтау үшін шеткі екі мүшесін көбейтіп, белгілі ортаңғы мүшесіне бөлу керек.
3. Кері пропорционал тәуелділік графигі гиперболоа, ал тура пропорционал тәуелділік графигі түзу сызық болып табылады.

**Көлем тұрақты болғанда берілген мас-садағы газ қысымының температураға қатынасы тұрақты шама болып қалады.**

Қысым абсолют температураға тура пропорционал тәуелді:  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ .  $p$ -ның  $T$ -ға тәуелділік графигі – изохора 108-суретте көрсетілген. Газ көлемі артқан сайын  $V_2 > V_1$ , тұрақты температурадағы қысым аз болады. Газ көлемі үлкен изохора температура осіне жақын орналасқан.

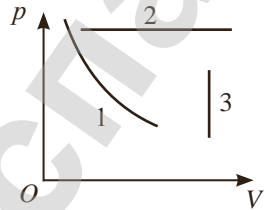


108-сурет. Изохоралар

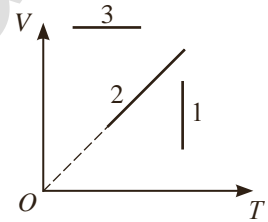


**1-тапсырма**

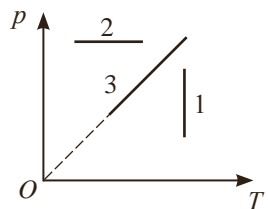
109 а, ө, б-суреттерде берілген диаграммаларға қараңдар. Әр диаграммада қандай процестің графигі бейнеленген? Жауаптарыңды түсіндіріңдер.



а)



ә)



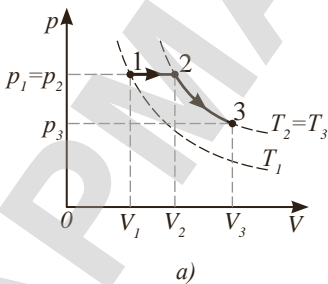
б)

109-сурет. Изопроцестер диаграммалары

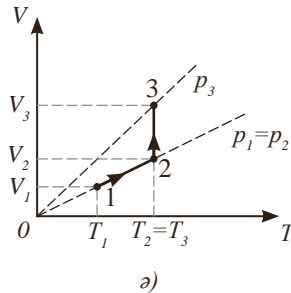
**VII Изопроцестердің әртүрлі диаграммаларда графигтік бейнеленуі**

Диаграммадағы кез келген нүкте газ күйіне, сызық термодинамикалық процеске сәйкес келеді.  $pV$ -диаграммада  $p_1T_1V_1$ ,  $p_2T_2V_2$ ,  $p_3T_3V_3$  параметрлеріне сәйкес келетін газдың үш күйін нүктелермен белгілейік (110 а) сурет). Бір күйден екінші күйге өту бағыттарын тілшелермен көрсетейік. Диаграмманы пайдалану ыңғайлы болу үшін қосымша сызық, яғни бірінші күйдегі газ температурасына  $T_1$  тең температурада изотерма жүргізейік. Диаграммадан 1-нүктеден 2-нүктеге өту изобаралық болатыны көрініп тұр:  $p_1 = p_2$ , газ температурасы артады  $T_2 > T_1$ , көлемі артады, демек 1-күйден 2-күйге өткенде газ изобаралық ұлғаяды. 2-күйден 3-күйге өту – изотермалық, газ қысымы төмендейді  $p_3 < p_2$ , көлемі артады, газ изотермалық ұлғаяды.

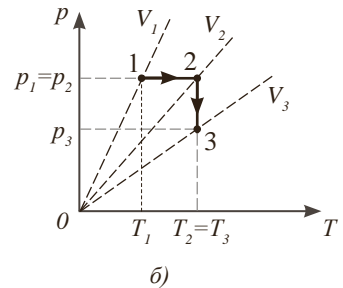
Газдың 1-күйден 2-күйге, кейін 3-күйге өтуін  $VT$  – диаграммасында (110 ә) сурет) және  $pT$  – диаграммасында бейнелеуге болады (110 б) сурет).



а)



ә)



б)

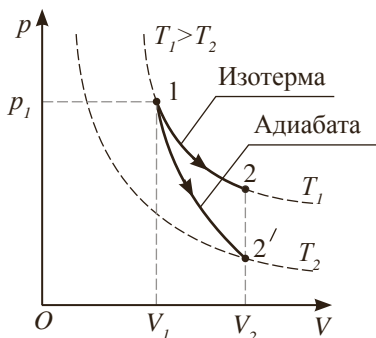
110-сурет. Термодинамикалық процестердің әртүрлі диаграммаларда бейнеленуі: 1–2 изобаралық ұлғаю, 2–3 изотермалық ұлғаю

### VIII Адиабаталық процесс

Қоршаған орта газбен жылу алмаса алмайтын қысқа уақыт аралығында жүретін процесті *адиабаталық процесс* деп атайды. Адиабаталық процесс жылу оқшауланған газдарда жүруі мүмкін.

*Адиабаталық процесс – термодинамикалық жүйеде қоршаған ортамен жылу алмасу болмаған кезде орындалатын процесс.*

Температурасы артқан адиабаталық процеске ІЖҚ цилиндрінде жанармай қоспасымен немесе ауа оттығында жанғыш зат буымен ауаның сығылу процесі жатады. Құрамында су буы бар ауаның адиабаталық ұлғаюы нәтижесінде бұлт пайда болады. 111-суретте адиабаталық процесс графигі бейнеленген.



111-сурет. Адиабаталық процесідегі газ жұмысы изотермалық процеске қарағанда аз



#### 2-тапсырма

1. Сығылған және сиретілген газдардың өндірісте қолданылуына мысал келтіріңдер.
3. Адиабатаны изотермамен салыстырыңдар (111-сурет). Графиктердің негізгі айырмашылықтарын көрсетіңдер.



#### Жауабы қандай?

Нәліктен изопроцестердің графиктері нәлден басталмайды?

### ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Массасы 10 г оттектің 10 °С температурадағы қысымы  $p = 0,303$  МПа. Тұрақты қысымда қыздырылған оттегі 10 л көлемге ие болды. Оның бастапқы көлемі мен соңғы температурасын анықтаңдар.

#### Берілгені:

$m = 10$  г  
 $p = 0,303$  МПа  
 $t_1 = 10$  °С  
 $V_2 = 10$  л

#### ХБЖ

$10 \cdot 10^{-3}$  кг  
 $0,303 \cdot 10^6$  Па  
 283 К  
 $10 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>

#### Шешуі:

$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1$  Менделеев – Клапейрон теңдеуінен

бірінші күйдегі газ көлемін анықтаймыз:  $V_1 = \frac{mRT_1}{Mp}$

$$V_1 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 283 \text{ К}}{0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,303 \cdot 10^6 \text{ Па}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Менделеев – Клапейрон теңдеуінен газдың екінші күйінің соңғы температурасын анықтаймыз:

$$pV_2 = \frac{m}{M} RT_2, T_2 = \frac{pV_2 M}{Rm};$$



$$T_2 = \frac{0,303 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг}} = 1,18 \cdot 10^3 \text{ К}.$$

**Жауабы:**  $V_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $T_2 = 1,18 \cdot 10^3 \text{ К}$ .

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай теңдеуді газ күйінің теңдеуі деп атайды?
2. Клапейрон тұжырымдаған термодинамикалық параметрлер қатынасы қандай шарт кезінде орындалады?
3. Газ күйі теңдеуінің газ заңдарынан негізгі айырмашылығы неде?
4. Изопроцесс дегеніміз не?
5. Изотермалық, изобаралық, изохоралық процестер дегеніміз не?
6. Газ заңдары дегеніміз не?
7. Газ заңдарын тұжырымдаңдар.

### ★ Жаттығу

13

1. Газ сығылған кезде оның көлемі 8 л-ден 5 л-ге дейін азайды, ал қысымы 60 кПа-ға дейін артты. Оның бастапқы қысымын анықтаңдар.
2. Температурасы 27 °C жабық ыдыстағы газ қысымы 75 кПа. Температура –13 °C болғанда газ қысымы қандай болады?
3. Абсолют температура 1,4 есе артқанда газ көлемі 40 см<sup>3</sup>-қа артты. Газдың бастапқы көлемін анықтаңдар.
4. Көлемі 2 есе кемігенде газ қысымы 120 кПа-ға артты, ал абсолют температурасы 10 %-ке өсті. Оның бастапқы қысымын анықтаңдар.

### Эксперименттік тапсырма

Тар түтікшені пайдаланып, ішінде суы бар ыдыстың түбіне көпіршіктер үрлендер. Неліктен көпіршік су бетіне қалқып шыққанда өлшемдері үлкейеді?

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Компрессорлар және олардың қолданылуы.
2. Терең вакуумды қалай алуға болады? Ол не үшін пайдаланылады?

## 7-тараудың қорытындысы

Менделеев – Клапейронның күй теңдеуі	Біріккен газ заңы Клапейрон теңдеуі	
$pV = \frac{m}{M} RT$	$m = const$ болғанда $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ ; $\frac{pV}{T} = const$	
Изопроцестер үшін газ заңдары		
Бойль – Мариотт заңы	Гей-Люссак заңы	Шарль заңы
$m = const, T = const$ $p_1 V_1 = p_2 V_2$ $pV = const$	$m = const, p = const$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $\frac{V}{T} = const$	$m = const, V = const$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ $\frac{p}{T} = const$

### МКТ заңдары

**Бойль – Мариотт заңы:** Тұрақты температурада берілген массадағы газ қысымының көлемге көбейтіндісі тұрақты шама болып қалады.

**Гей-Люссак заңы:** Тұрақты қысымда берілген массадағы газ көлемінің температураға қатынасы тұрақты шама болып қалады.

**Шарль заңы:** Көлем тұрақты болғанда берілген массадағы газ қысымының температураға қатынасы тұрақты шама болып қалады.

**Клапейронның біріккен газ заңы:** Берілген газ массасы үшін абсолют температураға бөлінген қысым мен көлемнің көбейтіндісі газ күйіне тәуелді болмайтын тұрақты шама болып табылады.

### Глоссарий

**Адиабаталық процесс** – термодинамикалық жүйеде қоршаған ортамен жылу алмасу болмаған кезде орындалатын процесс.

**Газ заңдары** – изопрцестердегі өзгеретін екі термодинамикалық параметрлер арасындағы тәуелділік теңдеуі.

**Изопрцесс** – массасы өзгермейтін жүйеде, оның параметрлерінің бірінің тұрақты мәнінде өтетін процесс.

**Изобаралық процесс** – тұрақты қысымда термодинамикалық жүйе күйінің өзгеру процесі.

**Изотермалық процесс** – тұрақты температурада термодинамикалық жүйе күйінің өзгеру процесі.

**Изохоралық процесс** – тұрақты көлемде термодинамикалық жүйе күйінің өзгеру процесі.

**Идеал газ күйінің теңдеуі** – термодинамикалық параметрлерді байланыстыратын теңдеу.

**Изобара** – тұрақты қысымда берілген газ массасы көлемінің оның температурасына тәуелділік графигі.

**Изотерма** – тұрақты температурада берілген газ массасы қысымының оның көлеміне тәуелділік графигі.

**Изохора** – тұрақты көлемде берілген газ массасы қысымының оның температурасына тәуелділік графигі.

# ТЕРМОДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

Термодинамика денелердің жылу энергиясының мәшинелердің механикалық энергиясына айналу әдістерін зерттейтін эксперименттік ғылым ретінде пайда болды. Жылу мәшинелері қол еңбегін механизациялауда негізгі рөл атқарып келеді. Жылу алмасу адам өміріндегі негізгі процесс болғандықтан, термодинамика негіздері физиканың көптеген бөлімдерінде қарастырылады. Термодинамика ішкі энергияның бір денеден екінші денеге берілуін, ішкі энергияның механикалық энергияға айналуын және керісінше құбылысты қарастырады.

## Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- термодинамиканың бірінші және екінші заңының мәнін түсіндіруді;
- жылулық қозғалтқыштың қолданылуы мен жұмыс істеу принципін түсіндіруді үйренесіңдер.

## § 15. Термодинамика заңдарын қолдану

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- термодинамиканың бірінші және екінші заңдарының мәнін түсіндіре аласыңдар.



### Жауабы қандай?

1. Жылу және жылу мөлшері дегеніміз не?
2. I және II ретті мәңгі қозғалтқыш дегеніміз не?
3. Неліктен ондай қозғалтқыштарды құрастыру мүмкін емес?



### Бұл қызық!

Жылу тек түсінігі негізінде жылу мөлшері, дененің жылу сыйымдылығы сияқты түсініктер тұжырымдалды.



### Жауабы қандай?

Неліктен физиктер жылу тек туралы гипотезадан бас тартты?



### 1-тапсырма

1. Ішкі энергияның екі түрлі тәсілмен өзгеруіне мысалдар келтіріңдер.
2. Жылу берілу түрлеріне анықтама беріп, мысалдар келтіріңдер.

### I Жылу табиғаты

XVII ғасырдан бастап, жылу табиғаты туралы екі гипотеза пайда болды. Біріншісіне сүйенсек, жылу бір денеден екіншісіне өтетін материяның ерекше түрі – жылу текті білдіреді. Дене қызған кезде жылу тек сол денеге еніп, ал суығанда сыртқа шығарылады деп саналды. Дене қызған кезде көлемінің ұлғаюы ағалмыш теорияны растай түсті, денеге енген жылу тек қандай да бір көлемге ие болады деп саналды. Тек «неге кейбір заттар қызғанда жиырылып, суығанда ұлғаяды» деген сұрақ жауапсыз қалды. Оның үстіне егер жылу зат болса, онда ыстық дененің салмағы салқындаған денеге қарағанда артық болу керек. Бірақ тәжірибелер қызғанда дене массасы өзгермейтінін көрсетті.

Жылу табиғаты туралы екінші гипотеза – корпускулалық, ол барлық жылу құбылыстарын затты құрайтын бөлшектердің қозғалысымен түсіндірді. Ағылшын ғалымы Бенджамин Томпсон (граф Румфорд) зеңбірек оқпанын ұшы өтпейтін бұрғымен бұрғылағанда жылу тек теориясымен түсіндіру мүмкін емес жылу мөлшері бөлінетінін айтып өткен. Румфордтың замандастарына суы бар жәшікке салынған зеңбірек оқпанын 2,5 сағат бұрғылағанда, судың отсыз-ақ қайнағанын көрсеткен тәжірибесі үлкен әсер қалдырды. Осы тәжірибенің негізінде Румфорд: «Мен жасаған барлық тәжірибелер нәтижесінде жылу дене бөлшектерінің тербемелі қозғалысы болып табылады» деген қорытындыға келді.

XIX ғасырдың ортасына қарай ғалымдар «энергия», «жылу мөлшері», «жұмыс» сияқты түсініктердің баламалылығын екі тәжірибе жүзінде дәлелдей алды.

Жұмыс, ішкі энергия және жылу мөлшерінің баламалы екенін неміс физигі Р.Майер мен ағылшын физигі Д.Джоуль көрсете алды. Осы шамалардың өлшем бірлігі ағылшын ғалымының құрметіне *джоуль* деп аталды:

$$[A] = 1 \text{ Дж}, [Q] = 1 \text{ Дж}, [U] = 1 \text{ Дж}.$$

Жылу мөлшерінің өлшем бірлігі 1 *калория* мен жұмыстың өлшем бірлігі 1 *джоуль* арасында мынадай байланыс орнатылды:  $1 \text{ кал} \approx 4,2 \text{ Дж}$ .

### II Термодинамиканың бірінші заңы

Ішкі энергияны өзгертудің екі тәсілін ескере отырып, термодинамиканың бірінші заңын тұжырымдайық.

Бір күйден екінші күйге өткен кездегі дененің ішкі энергиясының өзгерісі  $\Delta U$  денеге берілген жылу мөлшері  $Q$  мен сыртқы күштің атқарған жұмысының  $A'$  қосындысына тең.

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

Термодинамиканың бірінші заңы жылу процесстеріндегі энергияның сақталу және түрлену заңы болып табылады. Дененің ішкі энергиясының өзгерісін оның күйіне қарап байқауға болады. Ішкі энергияның артуын дене температурасының артуынан, оның майдалануы немесе шашырауы, балқуы, қайнауы, булануы, көлемінің ұлғаюынан көруге болады. Бір немесе бірнеше дене күйінің өзгеруіне энергия жұмсалса, онда олардың ішкі энергиясы артады.

**5-кесте.** Физикалық шамалар мен олардың өлшем бірліктері

Физикалық шама	Белгіленуі	Өлшем бірлігі
Заттың меншікті жылусыйымдылығы	$c$	$[c] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Меншікті балқу жылуы	$\lambda$	$[\lambda] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Меншікті булану жылуы	$r$	$[r] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Отынның меншікті жану жылуы	$q$	$[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

### III Ішкі энергия. Ішкі энергияның өзгерісі

МКТ көзқарасы негізінде дененің ішкі энергиясы дегеніміз – денені құрайтын бөлшектердің өзара әрекеттесуінің потенциалдық энергиясы мен жылулық қозғалыстың орташа кинетикалық энергиясының қосындысы.

Қандай да бір көлемдегі идеал газдың ішкі энергиясын анықтайық. Идеал газдарда өзара әрекеттесудің потенциалдық энергиясы аз, сондықтан дененің ішкі энергиясы оның барлық молекулаларының орташа кинетикалық энергиясының қосындысына тең. Дененің  $U$  ішкі энергиясын бір молекуланың

орташа кинетикалық энергиясы  $\bar{\epsilon} = \frac{3}{2} kT$  арқылы

өрнектейік:

#### Естеріңізге түсіріңдер!

Дененің ішкі энергиясын өзгертудің екі тәсілі (8-сыныптың физика курсынан):

1. механикалық жұмыс жасау;
2. жылу алмасу.

**Энергия** – денелердің өзара әрекеттесуінің және жұмыс жасай алу мүмкіндігінің; әртүрлі қозғалыс формаларының өлшемі.

**Жұмыс** – энергияның бір түрден екінші түрге айналу өлшемі.

**Жылу мөлшері** – жылу алмасу нәтижесінде дененің ішкі энергиясының өзгеруінің сандық өлшемі.

Жылу берілудің үш тәсілі:

1. жылуөткізгіштік;
2. конвекция;
3. сәулелену.

#### Естеріңізге түсіріңдер!

Жылу мөлшерін есептеу формулалары

процесс	формула
қызу және салқындау	$Q = cm(t_2 - t_1)$
балқу	$Q = \lambda m$
қатаю	$Q = -\lambda m$
қайнау	$Q = r \cdot m$
конденсация	$Q = -r \cdot m$
отынның жануы	$Q = qm$

#### 2-тапсырма

5-кестедегі шамаларға анықтама беріңдер.

$$U = N\bar{E} = \nu N_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \nu RT. \quad (2)$$

мұндағы  $N = \nu N_A$  – берілген көлемдегі молекулалар саны. Зат мөлшерін массаның мольдік массаға қатынасымен алмастырсақ:

$$\nu = \frac{m}{M}, \quad (3)$$

бірағымды идеал газдың ішкі энергиясын есептеу формуласын аламыз:

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

(4) формуладан массасы  $m$  дененің ішкі энергиясы тек температураға тәуелді екенін, демек ішкі энергияның өзгеруі температураның өзгеруімен анықталатынын көреміз:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T. \quad (5)$$

#### IV Газдың немесе будың ұлғайғандағы жұмысы

8-сыныптың физика курсынан сендерге ұлғайған кездегі газдың жұмысы  $A = F(h_2 - h_1) = pS(h_2 - h_1)$  (112-сурет) немесе

$$A = p\Delta V \quad (6)$$

екені белгілі. Мұндағы  $p$  – газ қысымы.

Сыртқы күштің жұмысы  $A' = -F'(h_2 - h_1) = -A$ .

Сыртқы күштің жұмысы қарама-қарсы таңбада алынған газ немесе бу жұмысына тең:

$$A' = -A. \quad (7)$$

#### V. Термодинамиканың бірінші заңы және газ жұмысы

(7) өрнекті пайдаланып, термодинамиканың бірінші заңын (1) өрнектейік:

$$Q = A + \Delta U. \quad (8)$$

**Газға берілген жылу мөлшері ішкі энергияның өзгерісіне және газдың жұмыс атқаруына жұмсалады.**

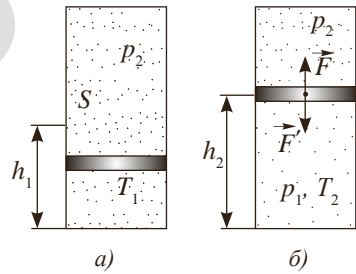
#### VI Изопроцестер үшін термодинамиканың бірінші заңы

Изохоралық процесс кезінде газ көлемі өзгермейді, газбен жұмыс атқарылмайды. Термодинамиканың бірінші заңы мынадай түрге келеді:

$$V = \text{const болғанда } Q_V = \Delta U. \quad (9)$$

**Жауабы қандай?**

*Неліктен газдың жұмысы мен сыртқы күштердің жұмысы тең, ал таңбалары қарама-қарсы?*



112-сурет. Газ ұлғайғанда жұмыс жасайды

**3-тапсырма**

Ұлғайған кезде газ жұмысы оң  $A > 0$ , сыртқы қысым күшінің жұмысы теріс  $A' < 0$  болатынын, ал сығылу кезінде керісінше, газ жұмысы – теріс, ал сыртқы күштің жұмысы оң болатынын дәлелдендер.

Изобаралық процесс кезінде газдың көлемі мен температурасы өзгермейді, демек, алынған жылу мөлшері газдың ішкі энергиясын өзгертуге және газдың жұмыс атқаруына жұмсалады:

$$Q = \Delta U + A. \quad (10)$$

Егер газ температурасы өзгермесе, оның ішкі энергиясы тұрақты шама болып қалады, онда термодинамиканың бірінші заңы мынадай түрге келеді:

$$Q = -A. \quad (11)$$

## VII Термодинамиканың бірінші заңының қолданылуы

Механикалық құбылыстардан кейін аса көп таралған құбылыс – жылу құбылыстары. Біз оларды табиғатта бақылаймыз, тұрмыста және техникада қолданамыз. Жұмыс атқарылмайтын жылу алмасу сұйықтар мен қатты денелерде болады, мысалы, қыздыру құралдары жылуөткізгіштігі жоғары заттардан жасалған, жылу энергиясын сақтау үшін жылуқшаулағыштар қолданылады, жылыту жүйесінде жылусыйымдылығы жоғары зат – су қолданылады.

Бу мен газды тек жылу алмасуда ғана емес, жылу энергиясын механикалық энергияға алмастыруға және жұмыс жасауға да қолданады. Жылулық қозғалтқыштардың жұмыс әрекеті будың (газ) ұлғаюы арқылы жұмыс жасауға негізделген. Алғашқы бу мәшинелері кемелер мен паровоздарда қолданылды. Кейіннен автокөлік, теңіз, теміржол көліктерінің дамуына жол ашқан іштен жану қозғалтқыштары мен дизельдер кең қолданысқа ие бола бастады. Қазақстанда 1982 жылы қозғалтқыштарды шығаратын Қостанай дизель зауытының негізі қаланды, 2010 жылдан бастап, онда «Аллюр» Компаниялар тобы» АҚ холдинг компаниясының «Сарыарқа Автопром» ЖШС-ы жұмыс жасайды. Зауыт 7 әлемдік брендтің – Ssang Yong, Peugeot, Toyota, Iveco, Hyundai, Jас, Geely 44 автокөлік моделін құрастырады (113-сурет). Толық цикл әдісі бойынша жасалған алғашқы автокөліктер Nomad және Toyota болды. Зауыт Орталық Азия аумағындағы бірінші және ТМД елдеріндегі екінші Toyota өндіруші нысан болды. AllurGroup жеңіл және JAC коммерциялық техникаларын жасау жобасын ұсынды, «Сарыарқа Автопром» ЖШС және PSA Peugeot Citroën бірігіп жұмыс жасауға және Peugeot 301 автокөлігін құраудың толық цикліне көшуге келісімшарт жасады. Ол экологиялық



### 4-тапсырма

1. Температуралары әртүрлі екі дене жанасқанда пайда болатын жылу процесінің бағытын көрсетіңдер.
2. Үйкеліс күшінің әсерінен механикалық энергияның ішкі энергияға айналуы қайтымсыз процесс екенін дәлелдеңдер.
3. Қайтымсыз процестерге мысалдар келтіріңдер.



*113-сурет. «Сарыарқа Автопром» ЖШС зауытындағы жас мамандардың автокөлік құрастыруы, Қостанай қаласы*



*114-сурет. «АвиаМастер Эйркрафт» құрастырған «Арай» азаматтық ұшағы, Алматы қаласы*

дизельмен жабдықталған Iveco Urbanway қалалық үлкен автобустарды шығаруды бастады.

Газ турбиналары және зымыран қозғалтқыштарының пайда болуы, ұшақ және зымыран құрастыру ғарыштық өндірістің дамуына әсер етті. 2012 жылы сәуір айында алғашқы «Арай» ұшағы шығарылды (114-сурет), бұл жеке авиация үшін қазақстандық ұшақ құрастырудың бастамасы болды.

### VIII Термодинамиканың екінші заңы

Термодинамиканың бірінші заңы термодинамикалық процестен қандай да бір энергетикалық баланстың болуын талап етеді және бұндай процестің мүмкін немесе мүмкін емес екені туралы еш нәрсе айтпайды. Өздігінен болатын процестердің бағытын термодинамиканың екінші заңы қарастырады, ол тікелей нақты жылулық процестердің қайтымсыздығымен байланысты.

**Қайтымсыз процесс – жүйенің қоршаған ортада қандай да бір өзгеріссіз бастапқы күйіне өздігінен қайтып келуіне мүмкіндік бермейтін термодинамикалық жүйедегі процесс.**

1850 жылы жарық көрген «Жылудың қозғаушы күші туралы және осыдан жылу теориясы үшін алуға болатын заңдар туралы» еңбегінде Р. Клаузиус жылулық аксиома деп атаған пікірді тұжырымдады: «Жылу өздігінен суық денеден ыстық денеге берілмейді».

Клаузиустың толық тұжырымдалған пікірі термодинамиканың екінші бастамасы немесе екінші заңының тұжырымдамасы ретінде белгілі:

**Жылу алмасу арқылы температурасы төмен денеден температурасы жоғары денеге энергия берілу процесі мүмкін емес.**

### IX Мәңгі қозғалтқыштар

Термодинамика заңдарына қарамастан ғалымдар мәңгі қозғалтқыш жасап шығаруға күні бүгінге дейін ұмытылуда.

Термодинамика заңдарына сәйкес мәңгі қозғалтқыштың I және II ретті түрлері болады.



#### 5-тапсырма

Интернет желісін пайдалана отырып, ғалымдардың термодинамиканың екінші заңына қандай тұжырымдамалар ұсынғанын анықтаңдар. Оларды салыстырып, сендерге қайсысы түсінікті екенін анықтаңдар.



**Юлиус Эммануэль Клаузиус (1822–1888)** – неміс физигі, механигі және математигі. Негізгі еңбектері теориялық термодинамикаға арналған. Ғылыми зерттеулері үшін Франция ғылым академиясының корреспондент-мүшесі болып сайланған.



#### Есте сақтаңдар!

Термодинамиканың екінші заңы көптеген зерттеу нәтижесін қамтитын постулат болып табылады. Оның көптеген тәжірибелік дәлелдемелері бар.



**Бірінші ретті мәңгі қозғалтқыш – сырттан энергияны қабылдамай-ақ шексіз ұзақ уақыт жұмыс жасайтын қиялдағы мәшине.**

**Екінші ретті мәңгі қозғалтқыш – барлық жылу мөлшерін жұмысқа айналдыратын қиялдағы механизм.**

Көптеген өнертапқыштар мәңгі қозғалтқыш құрастыруға тырысты. Барлық талпыныстардың сәтсіз аяқталуы – термодинамика заңдарының орындалуының тәжірибе жүзіндегі дәлелдемесі. Термодинамиканың бірінші заңы бойынша  $A = Q - \Delta U$ , демек, кез келген қозғалтқыш сырттан келген  $Q$  энергияны жұмсау арқылы ғана жұмыс жасай алады немесе  $Q = 0$  болғанда өзінің ішкі энергиясының азаюы  $A = -\Delta U$  есебінен жұмыс жасайды.

Термодинамиканың екінші заңы жылулық қозғалыстың тоқтауы және температураның абсолют нөлге жетуі мүмкін еместігін негіз етіп алады.



**Назар аударындар!**

Энергияның кез келген түрі: механикалық, химиялық, электр энергиясы болсын, кез келген уақытта энергияның басқа түріне айнала алады. Ішкі энергия ішінара ғана басқа энергияға айнала алады. Дене молекулалары энергиясын толық беріп, қозғалысты тоқтата алмайды.

**ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ**

Цилиндрдегі поршень астындағы идеал газ қызған кезде 600 Дж жұмыс жасады. Газға қанша жылу мөлшері берілді?

**Берілгені:**  
 $A = 600$  Дж  
 $Q = ?$

**Шешуі:**

Термодинамиканың бірінші заңының формуласын жазамыз:  
 $Q = \Delta U + A.$  (1)

Біратомды газдың ішкі энергиясы:

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

Газдың жұмысы:  $A = p \Delta V.$  (3)

(1), (2) және (3) теңдеулерді біріктіре отырып, мынаны аламыз:

$$Q = \frac{3}{2} A + A = \frac{5}{2} A.$$

Жұмыстың сандық мәнін қойып есептесек:

$$Q = \frac{5}{2} \cdot 600 \text{ Дж} = 1500 \text{ Дж}.$$

**Жауабы:**  $Q = 1500$  Дж.

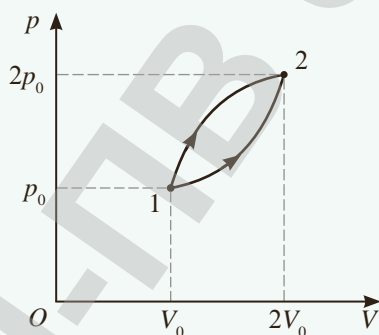
### Бақылау сұрақтары

1. *Ішкі энергия* дегеніміз не? Ол қандай параметрлерге тәуелді?
2. Дененің немесе денелер жүйесінің ішкі энергиясын қандай тәсілдермен өзгертуге болады?
3. Жылу берілудің қанша түрі бар? Олардың анықтамаларын айтыңдар.
4. *Жылу мөлшері* дегеніміз не? Жылу мөлшерін есептеудің қандай формулаларын білесіңдер?
5. Жасалған жұмыстың физикалық мағынасы неде?
6. Термодинамика заңдарын тұжырымдаңдар.
7. Термодинамиканың екі заңы қандай қолданысқа ие болды?

### ★ Жаттығу

14

1. Температурасы  $27^\circ\text{C}$ , зат мөлшері 5 моль біратомды идеал газдың ішкі энергиясын анықтаңдар.
2. Газдың ішкі энергиясының өзгерісі 1-күйден 2-күйге өту тәсіліне тәуелді ме (*115-сурет*)? Біратомды газдың 1-күйден 2-күйге өту кезіндегі ішкі энергияның өзгерісін анықтаңдар;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ,  $V_2 = 2 \text{ л}$ .



115-сурет. 15-жаттығудың 2-есепіне

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

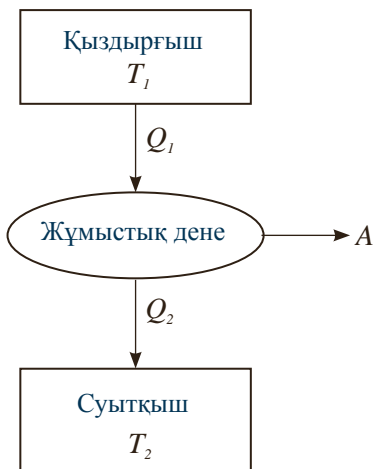
1. Қостанай дизель зауытының тарихынан.
2. «Агромашхолдинг» АҚ даму перспективалары.
3. Қазақстан Республикасында ұшақ және зымыран құрастырудың даму перспективалары.

## § 16. Жылулық қозғалтқыштар

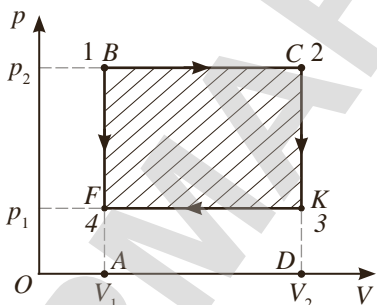
### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде

- жылулық қозғалтқыштардың жұмыс істеу принципі мен қолданылуын сипаттай аласыңдар.



116-сурет. Жылу машинесінің принциптік сұлбасы



117-сурет. Екі изобара және екі изохордан тұратын циклдік процестің диаграммасы

### I Жылулық қозғалтқыштардың жұмыс істеу принципі

Әрбір жылулық қозғалтқыш үш бөліктен: қыздырғыштан, суытқыштан және сығылатын және ұлғаятын жұмыстық денеден тұрады (116-сурет). Әдетте, жұмыстық дене ретінде поршені бар ыдыстың ішіне толтырылған газ немесе бу алынады. Техникалық міндет жұмыстық дененің біртіндеп қыздырғышпен және суытқышпен жанасуына мүмкіндік беру болып табылады. Жұмыстық дене қыздырғышпен жанасқанда ұлғаяды да, жұмыс жасайды. Жұмыстық дене суытқышпен жанасқанда сығылып, поршень бастапқы қалпына келеді, цикл басынан қайта басталады, жұмыстық дене қыздырғыштан энергия алып, қайта ұлғаяды.

### II Циклдік процесс. Бір цикл ішіндегі газдың жұмысы

Екі изобарадан және екі изохордан тұратын дөңгелек процесті қарастырайық (117-сурет).

**Дөңгелек процесс немесе цикл – жүйе бірнеше аралық күйден өтіп, нәтижесінде қайта бастапқы қалпына келетін процесс.**

Диаграммадан көріп тұрғанымыздай, газ ұлғайып, сандық мәні  $ABCD$  фигурасының ауданына тең  $A_1 > 0$  оң жұмыс жасайды. Ал сығылған кезде газ жұмысы  $A_2 < 0$  теріс мәнге ие, сандық мәні  $AFKD$  фигурасының ауданына тең. Демек, бір цикл ішінде газдың жасаған жұмысы циклдің барлық ауысуларының графиктерімен шектелген  $BCKF$  фигурасының ауданына тең:

$$A = A_1 - A_2. \quad (1)$$

### III Жылу машинелері. Мәшинелердің ПӘК-і

Егер дөңгелек процесс түзу цикл бойымен жүрсе, яғни 1-күйден 3-күйге өтіп, содан соң сағат тілімен қайта 1-күйге оралса, онда машина *жылу машинесі* деп аталады. Мұнда қыздырғыштан жұмыстық денеге берілген энергия механикалық энергияға айналып, жұмыс атқарылады.

**Жылу машинесі – газ немесе будың ішкі энергиясын механикалық энергияға айналдыру үшін қолданылатын құрылғы.**

Жылулық қозғалтқыштың ПӘК-і газ жұмысының қыздырғыштан берілген жылу мөлшеріне қатынасына тең:

$$\eta_{жс} = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}, \quad (2)$$

мұндағы  $Q_1$  – газға қыздырғыштан берілген жылу мөлшері;  
 $Q_2$  – газ суытқышқа берген жылу мөлшері.

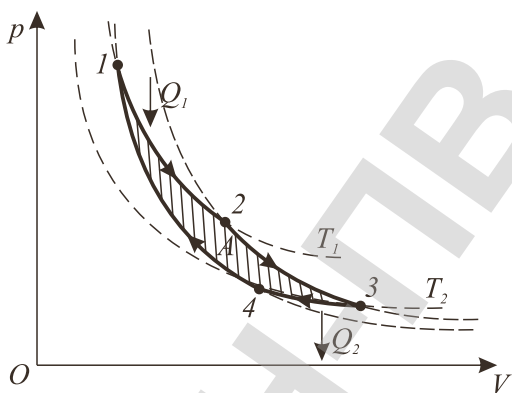
#### IV Карно циклі. Идеал жылу мәшинесі

Алғашқы жылулық мәшинелердің ПӘК-і өте аз: тек 8–9 % болды. 1824 жылы француз инженері Сади Карно жылулық қозғалтқыштардың жұмысындағы негізгі заңдылықтарды бекітті және ПӘК мәні максимал болатын цикл ұсынды. Карно циклімен жұмыс жасайтын мәшинені *идеал мәшине* деп атайды.

Карноның дөңгелек процесі екі изотермадан және екі адиабатадан тұрады (118-сурет).

Есептеулер жүргізе отырып С.Карно идеал қозғалтқыштың ПӘК-і 100 % болуы мүмкін емес, оның қыздырғыш және суытқыш температурасымен анықталатын шегі болады деген қорытындыға келді:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ немесе } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (3)$$



**?** Жауабы қандай?  
 Неліктен идеал мәшинең ПӘК-і 100 % бола алмайды, шамамен, 70%-ке ғана жетеді?

118-сурет. Идеал мәшиненің циклдік процестер диаграммасы

Алынған (3) формуладан жылулық қозғалтқыштардың пайдалы әсер коэффициентін арттырудың екі жолы бар екенін көреміз: қыздырғыштың  $T_1$  температурасын арттыру немесе суытқыштың  $T_2$  температурасын төмендету.

#### V Жылулық қозғалтқыштардың классификациясы

Жылулық қозғалтқыштарда қолданылатын газ немесе бу энергиясы әртүрлі отындарды жағу арқылы алынады. Егер отын газ ұлғаюы жүретін цилиндрдің сыртында жанатын болса, қозғалтқыш сырттан жану қозғалтқышы деп аталады. Сырттан жану қозғалтқыштарына бу мәшинесі, бу турбинасы, Стирлинг қозғалтқышы жатады.

Егер отын ұлғаю камерасының ішінде жанса, онда қозғалтқыш іштен жану қозғалтқышы деп аталады. Мұндай қозғалтқыштарға ГЖҚ, дизель, роторлы-поршеньді қозғалтқыш, турбореактивті және реактивті қозғалтқыштар жатады.

## VI Жылу мәшинелерінің түрлері және олардың қолданылуы

**Бу мәшинелері.** Бу мәшинесінің негізгі артықшылығы – құрылысының қарапайымдылығы және жақсы тарту күшінің болуы. Сондықтан бу мәшинелері тарту қозғалтқыштары есебінде, мысалы, паровоздарда пайдалануға өте ыңғайлы. Бу мәшинелерінің ең үлкен кемшіліктері – ПӘК-тің төмен болуы (10 %), салыстырмалы түрде жоғары емес максимал жылдамдық, салмағының ауырлығы және отын мен су шығыны. 119-суретте дөңгелекті қозғалысқа келтіретін бу мәшинесінің жалпы көрінісі бейнеленген. Бұл қозғалтқыштың жұмыстық денесі су буы болып табылады.

**Іштен жану қозғалтқыштары.** Іштен жану қозғалтқыштарында жылу көзі отын энергиясы болып табылады. Отын толық жанғанда бір килограмм жанармайға кем дегенде 15 килограмм ауа қажет болады. Жанатын қоспалардың сығылу дәрежесі отынның толық жануын және қозғалтқыштың жоғары ПӘК-ін анықтайтын маңызды сипаттама болып табылады. Жоғары сығылу дәрежелеріне (8–9 реттік) детонациясыз қол жеткізу жанармайға құрамында қорғасыны бар арнайы қоспаларды қосу арқылы ғана мүмкін болды. Іштен жанатын қозғалтқыштардың ПӘК-і шамамен 20–30 % аралығында.

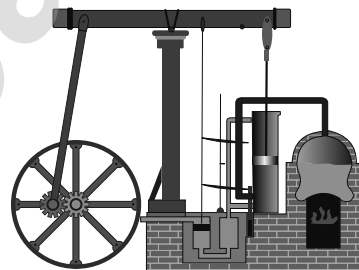
120-суретте төртцилиндрлі ДЖК бейнеленген, ол 4 тактпен жұмыс жасайды: жанатын қоспаларды енгізу, сығу, жұмыс жүрісі, пайдаланылған газды шығару. Екінші тактының соңына қарай тұтандыру білтесінде пайда болған ұшқыннан отын жана бастайды. Әр цилиндрде тактылар кезегімен орындалады. Іштен жану қозғалтқыштары автокөліктерде кеңінен қолданылады.

**Дизель қозғалтқышы.** Неміс инженері Рудольф Дизель 1892 жылы іштен жанатын қозғалтқыштың ПӘК-ін арттыру үшін жұмыстық дененің сығылу дәрежесін арттыруды ұсынды. Детонациясыз сығылудың жоғары дәрежесіне ауаны жанғыш қоспаларсыз сығу арқылы қол жеткізуге болады. Сығылу процесі біткен соң цилиндрге жанармай бүркіледі. Дизельді қозғалтқыштарға оталдыру жүйесі қажет емес, ерте оталу орын алмайды және салыстырмалы түрде арзан дизель отынын пайдалануға болады (121-сурет). Отын

### 1-тапсырма

Оқулық мәтінін және Интернет желісін пайдалана отырып, «Жылу мәшинелерінің түрлері» кестесін құрастырыңдар. Кестеде төмендегілерді көрсетіндер:

1. Қозғалтқыш атауы;
2. Құрылысы;
3. Жұмыс істеу принципі;
4. Қолданылу аясы;
5. ПӘК-інің максимал мәні.



119-сурет. Бу мәшинесі



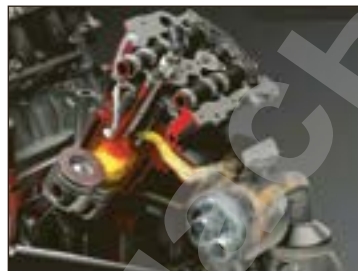
120-сурет. Іштен жану қозғалтқышы

алдын ала ауамен араластырылмайтындықтан, карбюраторды да қажет етпейді. Дегенмен сығылу дәрежесі жоғары болатындықтан, құрылым берік болу керек. Дизельді қозғалтқыштарда сығылудың жоғары деңгейі 20:1 болғанда, ПӘК жоғары мәнге ие болады. Заманауи дизельдердің ПӘК-і шамамен 40 % болады.

Дизельді қозғалтқыштар қуатты жүк көліктерінде, тракторларда, теңіз көліктерінде, теміржол локомотивтерінде қолданылады.

**Стирлинг қозғалтқышы.** 1816 жылы шотландтық Р.Стирлинг іштен жанатын поршеньді қозғалтқышты ойлап тапты. Қозғалтқыштың жұмыс циклі 4 такт бойынша жүреді: сығылу, қыздыру, жұмыс жүрісі, салқындату. Жұмыс газы бу мәшинесіндегідей сыртқы жылу көзімен қыздырылады (122-сурет), қозғалтқышта үнемі айналымда болатын су арқылы салқындайды. Бу мәшинесімен салыстырғанда Стирлинг қозғалтқышының ПӘК-і біршама жоғары – шамамен 30 %. Қозғалтқыштар дыбыссыз режимде жұмыс жасауымен, үнемділігімен ерекшеленеді, олар кез келген отынмен: ағаш, көмір, газ, тіпті күн энергиясымен де жұмыс жасай алады. Оларды автономды үйлерді жылыту және электр энергиясымен қамтамасыз ету үшін қолданады. Стирлинг қозғалтқыштарының құрылысы ең тиімді түрлері су үсті және суасты көліктері және жүк көліктері үшін жасалды. Арнайы радиоизотопты энергия көзі бар стирлинг генераторы NASA 2020 жылы Сатурн серіктеріне ұйымдастырылатын ғарыш экспедициясында пайдаланылады.

**Газ турбиналары** – сығылған немесе қыздырылған газ энергиясын механикалық жұмысқа айналдыратын үздіксіз әрекет қозғалтқыштары (123-сурет). Отын турбина сыртында да, оның ішінде де жана алады. Турбина құрылымының негізгі бөлшектері – ротор мен статор. Газтурбиналы қозғалтқыштардың артықшылықтары – ПӘК-і жоғары болуы және поршеньді қозғалтқыштармен салыстырғанда зиянды заттарды аз шығаруы, тозаңға айналдыруға болатын кез келген отын түрін: газды, мұнай өнімдерін, тозаң түріндегі көмірлерді пайдалана беруі. Газ турбиналарын дыбыстан жылдам ұшақтарда, сұйық отынды зымырандарда пайдаланады.



121-сурет. Дизельді қозғалтқыш

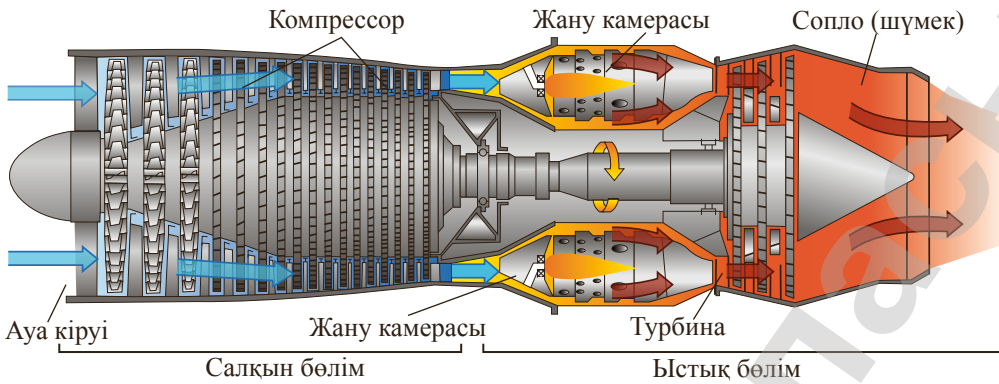


### 2-тапсырма

1. Жылу мәшинелерінің қоршаған ортаға әсерін зерттеп, қоршаған ортаны қорғау шараларын құрастырындар.
2. Қазақстанның 5 ірі қаласындағы және өздеріңнің қалаларыңдағы жеңіл көліктерден атмосфераға жылына бөлінетін зиянды заттар көлемін анықтандар. Есептеу нәтижелері негізінде салыстырмалы диаграмма құрастырындар.



122-сурет. Стирлинг қозғалтқышы



123-сурет. Газ турбинысы

### VII Жылу мәшинелерінің қоршаған ортаға әсері

Жылу мәшинелері қоршаған ортаға теріс әсер етеді. Отын жанғанда атмосфералық ауадағы оттегі пайдаланылып, атмосфераға көміртек газы шығарылады. Атмосфера жер бетінен шығарылатын инфрақызыл сәулеленуді жұтады. Бұл атмосферадағы көміртек концентрациясының артуы мен температураның жоғарылауына алып келеді. Көмір мен мұнай жанғанда атмосфера адам денсаулығына зиянды азот және күкірт қоспаларымен ластанады.

Атмосфераның ластануының басым бөлігінің себебі – көліктер. Қозғалтқышта отын детонациясын болдырмау үшін жанармайға қорғасын қоспасы қосылатын болғандықтан, автокөліктер жыл сайын атмосфераға көміртегі оксиді мен азот қоспаларымен қоса 2–3 млн т қорғасын шығарады.



#### Есте сақтаңдар!

Орташа жылдық жүрісі 15 мың км болатын жеңіл көлік атмосфераға 250 кг көмірқышқыл, 93 кг көмірсутек, 27 кг азот тотығын бөледі.

### ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Идеал жылу мәшинесінде жұмыстық дене бір циклде қыздырғыштан  $10^3$  Дж жылу алады және 300 Дж жұмыс жасайды. Суытқышының температурасы 280 К мәшиненің ПӘК-ін және қыздырғышының температурасын анықтаңдар.

**Берілгені:**

$$Q_1 = 10^3 \text{ Дж}$$

$$A = 300 \text{ Дж}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$T_1 - ?$$

$$\eta - ?$$

**Шешуі:**

Жылу мәшинесінің ПӘК-ін анықтау үшін белгілі формулаларды қолданамыз:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \tag{1}$$

және 
$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \tag{2}$$

ПӘК-ті есептейміз: 
$$\eta = \frac{300 \text{ Дж}}{10^3 \text{ Дж}} = 0,3; \eta = 30\%.$$

Қыздырғыштың температурасын анықтау үшін (2) формуланы түрлендіреміз:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{1 - \eta}.$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$T_1 = \frac{280\text{ K}}{1 - 0,3} = 400\text{ K}.$$

**Жауабы:**  $\eta = 30\%$ ,  $T_1 = 400\text{ K}$ .

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай процесті *дөңгелек цикл* деп атайды?
2. Кез келген жылу мәшинесі қандай негізгі бөліктерден тұрады?
3. Жылу мәшинесінде энергияның қандай түрленуі орындалады?
4. Қандай процесті Карно циклі деп атайды?
5. Қандай жылу қозғалтқыштарын білесіңдер?
6. Жылу қозғалтқыштарының артықшылықтары мен кемшіліктері неде?
7. Жылу мәшинелері атмосфераға қандай зиянды заттарды шығарады?
8. Жылу қозғалтқыштарын қолданудың теріс салдарымен күресудің қандай жолдары бар?

### ★ Жаттығу

15

1. Жылу мәшинесі тұйық цикл бойынша жұмыс жасайды. Циклде берілген жылу мөлшері  $Q_1 = 0,1$  МДж, суытқышқа берілгені  $Q_2 = 80$  кДж. Циклдегі пайдалы жұмысты және жылу мәшинесінің ПӘК-ін анықтаңдар.
2. Егер қыздырғыш пен суытқыштың температуралары сәйкесінше  $t_1 = 200\text{ }^\circ\text{C}$  және  $t_2 = 17\text{ }^\circ\text{C}$  болса, идеал жылу мәшинесінің ПӘК-ін анықтаңдар.
3. Идеал жылу мәшинесі бір циклде  $A = 73,5$  кДж жұмыс жасайды. Қыздырғыштың температурасы  $t_1 = 100\text{ }^\circ\text{C}$ , суытқыштың температурасы  $t_2 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ . Циклдің ПӘК-ін анықтаңдар және бір циклде суытқышқа берілген жылу мөлшерін анықтаңдар.

### Шығармашылық тапсырма

«Жылулық қозғалтқыштар және қоршаған ортаны қорғау» тақырыбында хабарлама дайындаңдар.



## 8-тараудың қорытындысы

Ішкі энергия, ішкі энергияның өзгеруі	Газ жұмысы	Жылу мөлшері
$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$ $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$	$A = p \Delta V$ $A = \frac{m}{M} R \Delta T$ <p>Сыртқы күштердің жұмысы мен газ жұмысының байланысы <math>A' = -A</math></p>	<p>қыздыру (суу) кезінде:  <math>Q = cm(t_2 - t_1)</math>                      балқу (қатаю) кезінде:  <math>Q = \pm \lambda m</math>                      қайнау (конденсациялану) кезінде:  <math>Q = \pm r m</math>                      Отын жанған кезде:  <math>Q = q m</math></p>
Термодинамиканың I заңы	Мәшинелердің ПӘК-і	
	Жылу мәшинесі	Идеал жылу мәшинесі
$\Delta U = A' + Q$ $Q = A + \Delta U$	$\eta_{\text{жс}} = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

### Термодинамика заңдары

#### Термодинамиканың бірінші заңы

Бір күйден екінші күйге өткен кездегі дененің ішкі энергиясының өзгерісі  $\Delta U$  денеге берілген жылу мөлшері  $Q$  мен сыртқы күштің атқарған жұмысының  $A'$  қосындысына тең.

Газға берілген жылу мөлшері ішкі энергияның өзгерісіне және газдың жұмыс атқаруына жұмсалады.

#### Термодинамиканың екінші заңы

Жылу алмасу арқылы температурасы төмен денеден температурасы жоғары денеге энергия берілу процесі мүмкін емес.

### Глоссарий

**Бірінші ретті мәңгі қозғалтқыш** – сырттан энергияны қабылдамай-ақ шексіз ұзақ уақыт жұмыс жасайтын қиялдағы мәшине.

**Екінші ретті мәңгі қозғалтқыш** – барлық жылу мөлшерін жұмысқа айналдыратын қиялдағы механизм.

**Дененің ішкі энергиясы** – денені құрайтын бөлшектердің өзара әрекеттесуінің потенциалдық энергиясы мен жылулық қозғалыстың орташа кинематикалық энергиясының қосындысы.

**Дөңгелек процесс немесе цикл** – жүйе бірнеше аралық күйден өтіп, нәтижесінде қайта бастапқы қалпына келетін процесс.

**Жылу мәшинесі** – газ немесе будың ішкі энергиясын механикалық энергияға айналдыру үшін қолданылатын құрылғы.

**Термодинамика** – ішкі энергияның бір денеден екінші денеге берілуін, ішкі энергияның механикалық энергияға айналуын және керісінше құбылысты қарастыратын физиканың бөлімі.

**Энергия** – денелердің өзара әрекеттесуінің және жұмыс жасай алу мүмкіндігінің, әртүрлі қозғалыс формаларының өлшемі.

**Жұмыс** – энергияның бір түрден екінші түрге айналу өлшемі.

**Жылу мөлшері** – жылу алмасу нәтижесінде дененің ішкі энергиясының өзгеруінің сандық өлшемі.

**Жылу тек** – жылу бір денеден екіншісіне өтетін материяның ерекше түрі.

**Қайтымсыз процесс** – жүйенің қоршаған ортада қандай да бір өзгеріссіз бастапқы күйіне өздігінен қайтып келуіне мүмкіндік бермейтін термодинамикалық жүйедегі процесс.

**Іштен жану қозғалтқышы** – отын ұлғаю камерасының ішінде жанатын қозғалтқыш.

**Сырттан жану қозғалтқышы** – отын газ ұлғаюы жүретін цилиндрдің сыртында жанатын қозғалтқыш.

# СҰЙЫҚ ЖӘНЕ ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕР

Сұйық және қатты денелердің қасиеттері заттың ішкі құрылысына, яғни бөлшектердің арақашықтығы мен олардың орналасу тәртібіне тәуелді. Сұйықтардың молекулаларының қатты денелердің молекулаларымен өзара әрекеттесу ерекшеліктеріне қарай біз капиллярлық құбылысты, сұйықтардың қатты денелерге жұғуын байқаймыз.

Булану нәтижесінде сұйықтар мен қатты денелердің бетінде қасиеттері сыртқы жағдайларға тәуелді бу пайда болады.

Осы тарауда біз сұйықтар мен олардың буының кейбір қасиеттерін қарастырамыз.

## Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- гигрометр және психрометр көмегімен ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтауды;
- беттік керілу табиғатын және капиллярлық құбылыстың күнделікті өмірдегі рөлін түсіндіруді үйренесіңдер.

## § 17. Ауаның ылғалдылығы. Шық нүктесі

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- *гигрометр және психрометр көмегімен ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтай аласыңдар.*



### Естеріңе түсіріңдер!

Заттың сұйық күйден газ күйіне айналу процесін булану процесі деп атайды.

Конденсация – будың сұйыққа айналу процесі.



### Жауабы қандай?

1. Буланудың қандай екі тәсілі бар? Оларға анықтама беріңдер.
2. Булану жылдамдығы неге тәуелді болады?



### Есте сақтаңдар!

1. Метеорологияда абсолют ылғалдылық деп ауаның құрамында мм сын.бағ. түрінде берілген су буы қысымын атайды.
2. Су буының мольдік массасы:

$$M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$



### Есте сақтаңдар!

ХБЖ бойынша абсолют ылғалдылықтың өлшем бірлігі:

$$[\rho] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ең жиі қолданылатын

өлшем бірлігі:  $1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

### I Қаныққан және қанықпаған бу

Егер булану процесі тұрақты температурадағы жабық ыдыста өтсе, онда біршама уақыт өткен соң сұйық буы концентрациясының артуы тоқтайды. Булану және конденсация процестерінің арасында динамикалық тепе-теңдік орнайды.

**Динамикалық тепе-теңдік – бірдей уақыт аралығында сұйықты тастап шығатын молекулалар саны мен сұйыққа қайта оралатын молекулалар саны тең болатын термодинамикалық жүйенің күйі.**

**Өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте болатын бу қаныққан бу деп аталады.**

Будың қысымы температура мен молекулалар концентрациясына тәуелді:

$$p = nkT. \quad (1)$$

(1) теңдеуден  $T = \text{const}$  болғанда будың қысымы тек молекула концентрациямен анықталатынын көреміз. Демек, бу бірлік көлемде белгілі бір молекула мөлшерімен қанығады. Температура өзгерген жағдайда қысым екі параметр бойынша: температурамен және молекулалар концентрациясымен анықталады.

*Қаныққан бу қысымынан төмен қысым тудыратын бу қанықпаған бу болып табылады.*

**Өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте болмайтын бу қанықпаған бу деп аталады.**

Егер сұйық бетіндегі бу қаныққан болмаса, онда булану конденсациядан басым болады.

### II Ауаның абсолют ылғалдылығы. Шық нүктесі

Бізді қоршаған ауада әрдайым су буы болады.

**1 м<sup>3</sup> ауа көлемінде болатын су буының мөлшерін ауаның абсолют ылғалдылығы деп атайды.**

Егер көлемі  $V$  ауада массасы  $m$  бу болса, онда ауаның әрбір бірлік көлеміндегі су буы мына формула бойынша анықталады:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2)$$

мұндағы  $\rho$  – абсолют ылғалдылық.

Ауа құрамындағы су булары, әдетте, қанықпаған булар болады.

**Атмосфералық ауадағы су буы қаныққан күйге айналатын температура шық нүктесі деп аталады.**

Шық нүктесі ауа құрамында су буының болуына тәуелді. Егер ауаның абсолют ылғалдылығы жоғары болса, онда конденсация салыстырмалы түрде жоғары температураларда жүзеге асады.

### III Салыстырмалы ылғалдылық

Судың кебу қарқындылығы салыстырмалы ылғалдылықпен сипатталатын су буының қанығу деңгейіне тәуелді.

**Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы – ауаның абсолют ылғалдылығының берілген температурада  $1 \text{ м}^3$  ауаны қанықтыру үшін қажетті бу мөлшеріне процент түрінде берілген қатынасы.**



**Жауабы қандай?**

*Неліктен ауаның су бумен қанығу деңгейін абсолют ылғалдылықпен анықтау мүмкін емес?*

$$\varphi = \frac{P}{P_{\kappa}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

мұндағы  $\varphi$  – салыстырмалы ылғалдылық,  $P$  – будың абсолют ылғалдылығы немесе тығыздығы,  $P_{\kappa}$  – берілген температурадағы қаныққан будың абсолют ылғалдылығы немесе тығыздығы.

Абсолют ылғалдылықтардың қатынасы қысымдардың қатысына тең екенін дәлелдеу қиын емес, демек:

*берілген температурада ауа құрамында болатын су буы қысымының сол температурадағы қаныққан су буының қысымының процент түрінде берілген қысымына қатынасы ауаның салыстырмалы ылғалдылығы деп аталады.*

$$\varphi = \frac{p}{p_{\kappa}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

мұндағы  $p$  – су буының қысымы,  $p_{\kappa}$  – сол температурадағы қаныққан бу қысымы.

### IV Гигрометр. Талшықты гигрометр

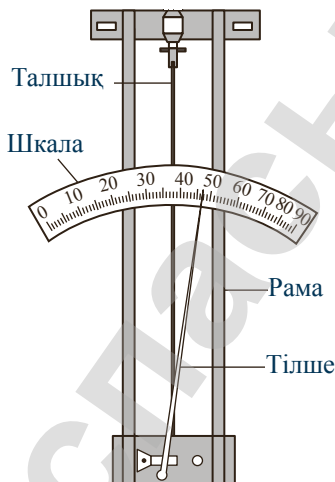
Ауа ылғалдылығын анықтайтын құралдарды *гигрометрлер* деп атайды (*грек. «гигрос»* – ылғал). Гигрометрлердің бірнеше түрі бар: талшықты, конденсациялық, психрометрлік, электронды термогигрометрлер.

Талшықты гигрометрдің жұмыс әрекеті ауа ылғалдылығы артқанда жылқы қылшығының немесе адам шашының ұзаруына негізделген. Ылғалдылық 0-ден 100 %-ке дейін өзгергенде, шаштың ұзаруы ұзындығының 2,5 %-ін құрайды. Гигрометрде шаш

деформациясы иіңтірек жүйесінің көмегімен тілше көрсеткішіне (124-сурет), ал гигрографтарда айналмалы барабан таспасына жазба жазатын қауырсынға беріледі. Нақты дәлдікпен жұмыс жасайтын құралдар төменгі температураларда жұмыс жасай алмайтындықтан, талшықты гигрометр қыс мезгілінде  $-10^{\circ}\text{C}$  және одан да төмен температураларда негізгі аспап болып табылады.

Гигрографтар талшықты немесе үлдірлі болады (125-сурет). Барабан айналымы тәуліктік және апталық бола алады.

*Талшықты гигрометр көмегімен ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтайды.*



124-сурет. Талшықты гигрометр

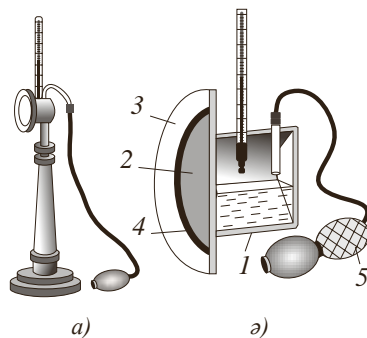
### V Конденсациялық гигрометр. Шық нүктесі бойынша ауаның ылғалдылығын анықтау

Конденсациялық гигрометрді шық нүктесін анықтау үшін қолданады. Ол штативке бекітілген металл камера түрінде болады (126 а, сурет). Камерада екі тесік болады: біріншісі термометр үшін, екіншісі ауаны үрлеу үшін (126 б, сурет). Камераның алдыңғы қабырғасы (2) және сақиналы рама (3) айна бетіндей жылтырата тегістелген. Рама мен камера бір-бірінен жылуоқшаулағыш материалмен бөлінген (4). Камераны (1) спиртпен немесе эфирмен жартылай толтырады, содан кейін резеңке бүріккіш (5) көмегімен сұйық бетіне ауа үрлейді. Кебу барысында сұйық суып, қорап қабырғаларында бу конденсацияланады. Рама бетімен салыстырғанда қораптың тегістелген беті қараяды. Шық пайда болған кезде термометр көрсеткіштерін – шық нүктесін есептейді.



125-сурет. Үлдірлі гигрограф

Шық нүктесі арқылы ғимараттағы ауаның ылғалдылығын анықтайды. Ол үшін 2-қосымшадағы қаныққан бу тығыздығы кестесінен шық нүктесіне сәйкес келетін абсолют ылғалдылық  $\rho$  мәнін табу керек. Тура сол кесте бойынша қоршаған орта температурасындағы қаныққан будың тығыздығын  $\rho_k$  анықтап, салыстырмалы ылғалдылықты (3) формуламен есептейді. Осыған ұқсас есептеулерді қаныққан бу қысымы кестесі бойынша парциалды қысым мен қаныққан бу қысымын анықтау арқылы жүргізуге болады.



126-сурет. Конденсациялық гигрометр

### VI Электронды термогигрометр

*Термогигрометр* – ауа температурасы мен ылғалдылығын анықтайтын қалта құралы. Термогигрометр екі метеорологиялық құрылғыдан – ауа температурасын өлшейтін сандық термометр мен зерттелетін нысанның зондпен қатынасы арқылы дене ылғалдылығын өлшейтін сандық гигрометрден тұрады. Ғимараттың ылғалдылығын өлшеу үшін термогигрометрлер жылыту құралдарынан, кондиционерлер мен ылғалдандырғыштардан бір жарым метрден кем емес қашықтықта

орналастырылады (127-сурет). Ғимаратта аспаптан бөлек орналастыруға болатын өлшеу құралы бар сандық термогигрометрлер болады. Термогигрометрдің негізгі қолданылу мақсаты – ауаның ылғалдылық деңгейін және шық нүктесін анықтау. Оны тұрмыста және өндірісте (мысалы, құрылыс материалдарының, сылақтың, ағаштың ылғалдылығын бағалау үшін), қойма ішінің ылғалдылығын өлшеу, ағаштан жасалған бұйымдарды сақтау үшін, медициналық бөлімшелердің, кітапханалардың, музейлердің ылғалдылық дәрежесін анықтау үшін қолданады. Олар қарапайым әрі қолдануға ыңғайлы, сұйық кристалды дисплеймен жабдықталған. Сонымен қатар термогигрометрлерді компьютерге қосуға болады, олардың кіріктірілген күнтізбесі және термометрі болуы мүмкін. Көбінесе көлікте және бөлмеде қолданылатын термогигрометрлер жоғары сұранысқа ие (128-сурет).



128-сурет. Сандық термогигрометр



### Тапсырма

1. Конденсациялық гигрометр мен психрометрдің қалай жұмыс істейтінімен танысыңдар.
2. Құралдарды қолдану арқылы салыстырмалы ылғалдылықты анықтау алгоритмін құрастырыңдар.
3. Физика кабинеті, мектеп дәлізі мен фойдегі ауаның ылғалдылығын анықтандар.



127-сурет. Термогигрометр

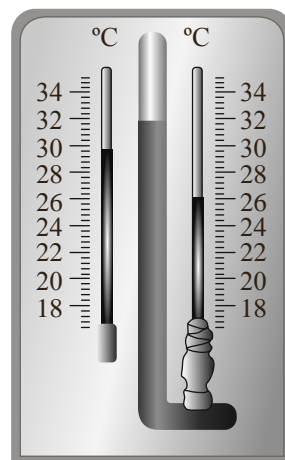


### Жауабы қандай?

Ауа ылғалдылығы артқанда психрометр көрсеткіші қалай өзгереді?

## VII Психрометр

Психрометр ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтау үшін қолданылады. Ол бір корпуска бекітілген екі бірдей термометрден тұрады (129-сурет). Термометрдің бірінің резервуары дәкемен оралып, су құйылған ыдысқа салынған. Дәкедегі су буланғанда термометр салқындайды, оның көрсеткіші құрғақ термометр көрсеткішінен төмен болады. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығын психрометрмен анықтау үшін ауа температурасы мен құрғақ және ылғалды термометрлердің температура көрсеткіштерінің айырмасын анықтайды. Қосымшадағы психрометрлік кесте (9-кесте) бойынша ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтайды.



129-сурет. Психрометр



130-сурет. Бурабай көліндегі таңғы тұман

### Жауабы қандай?

1. Неліктен тұман көбінесе таңғы уақытта байқалады (130-сурет)?
2. Неліктен ауа температурасы төмендегенде бөлмеде ылғалдылық байқалады?
3. Неліктен күн қатты ысығаннан кейін шық еселене түседі?

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай буды қаныққан деп атайды?
2. Ауаның абсолют ылғалдылығы дегеніміз не? Ол қандай өлшем бірлігімен өлшенеді?
3. Қандай температураны шық нүктесі деп атайды?
4. Салыстырмалы ылғалдылық дегеніміз не?
5. Ауаның ылғалдылығын қалай және қандай құралмен анықтайды?

### ★ Жаттығу

16

1. Температурасы  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  қаныққан су буының тығыздығын анықтаңдар.
2. Бастапқы температурасы  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  қаныққан су буын сұйықтан бөліп алып, тұрақты көлемде  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ге дейін қыздырды. Бу қысымын анықтаңдар. Будың бұл түрі қалай аталады?
3. Егер су буының қысымы  $8\text{ кПа}$  болса,  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  температурада ауаның абсолют ылғалдылығын анықтаңдар.
4. Температурасы  $300\text{ К}$  ауаның абсолют ылғалдылығы  $12,9\text{ г/м}^3$ . Ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтаңдар.

### Эксперименттік тапсырма

Екі бөлме термометрін қолданып, пәтер бөлмелеріндегі ауа ылғалдылығын анықтаңдар. Нәтижелерді салыстырыңдар.

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Метеорологиялық қызметте қолданылатын заманауи гигрометрлер.
2. Ылғалдылықты анықтайтын құралдардың қолданылу саласы.
3. Тірі ағзалардың тіршілігінде ылғалдылықтың атқаратын рөлі.



## § 18. Сұйықтың беттік керілуі. Жұғу, капиллярлық құбылыс

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде

- беттік керілудің табиғаты мен капиллярлық құбылыстың өмірдегі маңызын түсіндіре аласыңдар.



### Жауабы қандай?

1. Неліктен сулы құмнан жасалған шар су астында шашылып кетеді?
2. Неліктен су қолғапты шешу қиын?



131-сурет. Беттік керілу күшінің әсері



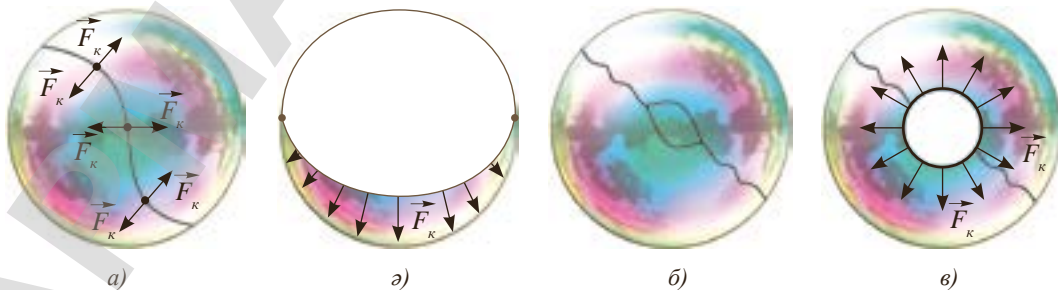
### Өз тәжірибең

Сымнан жасалған сақина мен жіптің көмегімен тәжірибе жүргізіндер (132-сурет). Сақинаны сабынды ерітіндіге салыңдар. Өртүрлі аумақтарында қабықшаның тұтастығын бұзып, нәтижені бақылаңдар.

### I Беттік керілу күші

Сұйықтың еркін бетімен параллель молекулалық өзара әрекеттесу күшінің құраушылары беттік қабаттағы молекулаларды жақындастыруға тырысады. Осы күштердің әсерлері нәтижесінде беттік қабат керілу күйіне түседі. Сұйық пен қатты дене шекарасында беттік керілу күштері қатты дене мен оның бетіне перпендикуляр әсер етеді (132-сурет). Беттік керілу күштерінің әсерін қарапайым тәжірибелерден

байқауға болады. Сабын ерітіндісіне шеттеріне кермей байланған жібі бар сымнан жасалған сақинаны саламыз. Сақина ішінде жіп еркін орналасатын сабынды қабықша пайда болады (132 а) сурет). Енді қабықшаны жіптің бір жағынан тесеміз. Қалған қабықша қысқарып, жіпті керіп, оған доға тәріздес пішін береді (132 б) сурет). Енді жиекке жіптен жасалған ілмекті байлап, тәжірибені қайталаймыз (132 в) сурет).



132-сурет. Беттік керілу күшінің әрекетін бақылау

Ілмек ішіндегі қабықшаны тесейік, нәтижесінде қабықшаның сыртқы бөлігі ілмекті созып, сақинаны қалпына келтіреді (132 в) сурет).

**Беттік керілу күші дегеніміз – сұйықтың беттік қабатының ауданын кемітетін және осы бетке жанама бойымен бағытталған сұйықтың беттік қабаттының молекулаларының өзара әрекеттесу күші.**

## II Беттік керілу коэффициенті. Тамшыны ажырату әдісімен беттік керілу коэффициентін анықтау

Беттік керілу құбылысына анықтама беру үшін *беттік керілу коэффициенті* енгізілген.

**Беттік керілу коэффициенті – беттік керілу күшінің сұйықтың беттік қабатының ұзындығына қатынасы.**

Беттік керілу коэффициенті  $\sigma$  (сигма) әрпімен белгіленеді. Анықтама бойынша:

$$\sigma = \frac{F_k}{l}, \quad (1)$$

мұндағы  $l$  – беттік қабат ұзындығы,  $F_k$  – беттік керілу күші.

Диаметрі кіші түтікшеден бөлінетін сұйық тамшысы үшін беттік қабаттың шекарасы радиусы түтікшенің ішкі радиусына тең шеңбер ұзындығы болып табылады (133 а) сурет):

$$l = 2\pi r = \pi d. \quad (2)$$

Тамшы салмағы керілу күшіне тең болған кезде үзіліп түседі:

$$P = F_k. \quad (3)$$

(1), (2), (3) формулалардан:

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d} \quad (4)$$

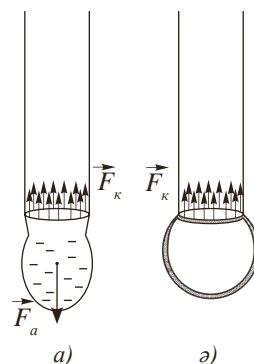
екені шығады.

Егер түтікшеден сабынды көпіршікті үрлесек, онда екі беттік қабат пайда болады (133 ә) сурет), демек, сабынды көпіршік түтікшеден сыртқы күш беттік қабаттың екі шекарасында пайда болған беттік керілу күшіне тең болғанда бөлінеді:

$$F_{\text{сырт}} = 2F_k. \quad (5)$$

Беттік керілу коэффициентінің өлшем бірлігі:  $[\sigma] - 1 \frac{H}{m}$ .

*Беттік керілу коэффициенті сұйықтың тегіне, температурасына және оның құрамында қоспаның болуына тәуелді. Сұйық температурасы артқанда және оның құрамында қоспа болған жағдайда беттік керілу коэффициенті азаяды.*



**133-сурет.** Беттік қабаттың шекарасы түтікше шеңберінің ұзындығы болып табылады

### Өз тәжірибең

Беттік керілу коэффициентінің сұйықтың тегіне, температурасына және құрамында қоспаның болуына тәуелдігін зерттеңдер (133-сурет). Беттік керілу коэффициенті артқанда бөлінген тамшының көлемі қалай өзгереді?

### III Жұғу. Шеттік бұрыш

Сұйықтың қатты денелермен жанасу шекарасында орналасқан молекулалары сұйық молекулаларымен қатар, қатты дене бөлшектерімен де өзара әрекеттеседі.

*Егер қатты дене бөлшектерінің тартылыс күші сұйық молекулалары арасындағы тартылыс күшінен артық болса, онда сұйық денеге жұғады. Сұйықтың бос беті майысады да, ойыс пішінге ие болады (134 а) сурет).*

Егер сұйық қатты денеге жұқпаса, онда сұйықтың бос беті дөңес қалыпқа енеді (134 ә) сурет). Сұйықтың бос бетінің майысуын мениск деп атайды.

Қатты дене беті мен мениске жүргізілген жанаманың қатты денемен қиылысу нүктесін шеттік бұрыш  $\theta$  деп атайды.

Қатты денеге жұғатын сұйықтар үшін шеттік бұрыш – сүйір, ал жұқпайтын сұйықтар үшін доғал болады.

### IV Капиллярлық құбылыс

Капиллярлық құбылыстың себебі – жұғатын және жұқпайтын сұйықтардың қатты денелердің бетімен өзара әрекеттесуі.

**Капилляр дегеніміз – ішкі диаметрі өте кіші түтікшелер.**

Латын тілінен аударғанда «капиллус» – қыл. Егер ыдыстағы сұйық капилляр түтікше қабырғаларына жұғатын болса, капилляр ішіндегі сұйықтың көтерілуі сұйыққа әсер ететін ауырлық күші беттік керілу күшіне тең болғанша жалғасады:

$$F_a = F_k \quad (6)$$

мұндағы  $F_a = mg = \rho Shg = \rho \cdot \pi r^2 hg, \quad (7)$

$$F_k = \sigma l = \sigma 2\pi r. \quad (8)$$

(7) және (8) формулаларды (6) формулаға қойсақ,  $\rho \pi r^2 hg = \sigma 2\pi r$  болады, бұдан шығатыны:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho gr} \quad (9)$$

немесе  $h = \frac{4\sigma}{\rho gd} \quad (10)$

*Капилляр диаметрі неғұрлым кіші болса, капилляр ішіндегі сұйықтың деңгейі соғұрлым жоғары болады.*

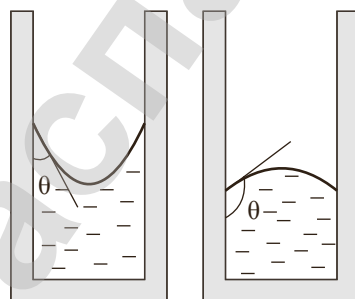
Сұйық түтікше қабырғаларына жұқпайтын жағдайда, түтікшедегі сұйық ыдыстағы сұйық деңгейінен төмен болады. Төмендеу деңгейін (9) формуламен анықтайды.



#### Есте сақтаңдар!

Беттік керілу коэффициентінің өлшем бірлігі:

$$[\sigma] = 1 \frac{Дж}{м^2} = 1 \frac{Н}{м}$$



а)

ә)

134-сурет. Капилляр ішіндегі сұйықтың бос беті майысады.



#### Өз тәжірибең

1. Шыны капилляр ішінде судың бос беті ойыс болатынына;
2. Диаметрі кішкентай түтіктің ішінде беттің майысуы біршама көлемді болатынына көз жеткізіңдер. Бақыланған құбылыстарды МКТ негізінде түсіндіріңдер.



#### Өз тәжірибең

Өртүрлі зауыттан шығарылған майлықтардың сапасын зерттеңдер.

## V Капиллярлық құбылыстардың күнделікті өмірдегі алатын орны

Капиллярлық құбылыс күнделікті өмірде маңызды рөл атқарады. Ол тұрмыста да, табиғатта да жиі кездеседі. Барлық өсімдіктер мен тірі ағзалардың ұлпаларында ағзаның барлық жасушаларына қоректендіретін заттар тасымалданатын капилляр түтікшелер болады. Өсімдіктердің тамыр жүйесі көптеген капилляр түтікшелер түрінде болады. Тығыздалған топырақ құрылымы да капилляр түтікшелер жүйесі болып табылады. Топырақты қопсыту осы капилляр түтікшелерді жою үшін қажет.

Күнделікті өмірде біз ылғалды оңай сіңіретін майлықтар мен сүлгілерді қолданамыз. Фломастер мен маркердің жұмыс істеу принципі де капиллярлық құбылыстармен түсіндіріледі. Жазба қағаздарының сапасы жақсы болу үшін, керісінше, оның беткі қабатын арнайы қабатпен жабу керек. Құрылыс материалдарын өндіргенде, арнайы су өткізбейтін киімдерді және арнайы жұмыс киімдерін тігу кезінде де капиллярлық құбылыс және материалдарға арнайы құрамды сіңіру мәселелерін қарастыру керек.



### Тапсырма

Жұғуды практика жүзінде қолдануға және капиллярлық құбылысқа мысалдар келтіріңдер.

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай күштерді *беттік керілу күштері* деп атаймыз?
2. Сұйықтардың қатты денемен шекарасында беттік керілу күштері қалай бағытталады?
3. *Беттік керілу коэффициенті* деп қандай шаманы айтамыз? Ол қандай өлшем бірлігімен өлшенеді?
4. Қандай құбылысты *жұғу*, қандай құбылысты *капиллярлық құбылыс* деп атайды?

### ★ Жаттығу

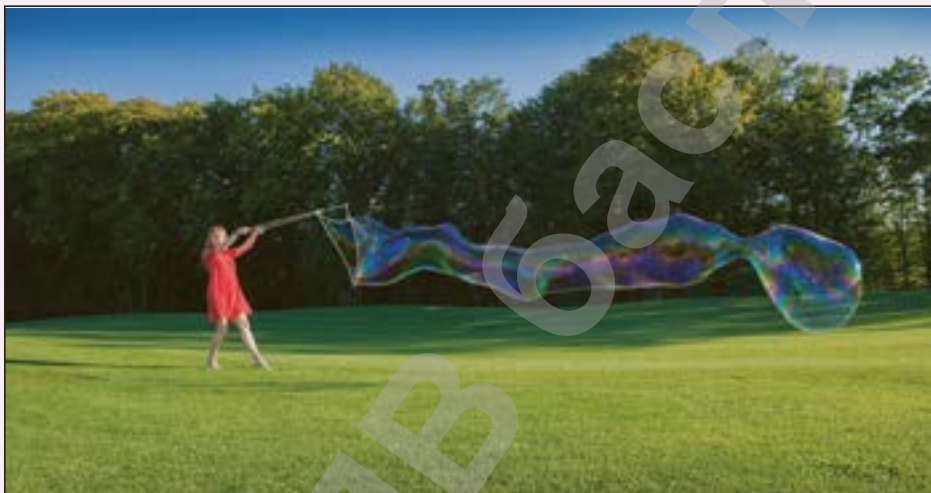
17

1. Ұзындығы  $l = 4$  см сіріңке су бетінде қалқып жүр. Егер сіріңкенің бір шегіндегі суға майсана майын құйсақ, сіріңке қозғалысқа түседі. Сіріңкеге әсер ететін күш пен оның бағытын анықтаңдар. Су мен майдың беттік керілу коэффициенті сәйкесінше  $\sigma_1 = 72$  мН/м және  $\sigma = 33$  мН/м.
2. Радиусы  $R = 6$  см сым сақина мыс тотияйыны ерітіндісінің бетіне жанастырылды. Сақинаны ерітінді бетінен жұлып алу үшін қандай күш түсіру керек? Мыс тотияйынының беттік керілу коэффициенті  $\sigma = 74$  мН/м.
3. Ұшының диаметрі  $d = 0,4$  мм тамызғыштың көмегімен суды  $m = 0,01$  г дәлдікке дейін өлшеп құюға болатын болса, судың беттік керілу коэффициенті неге тең?
4. Каналдарының диаметрі  $d = 1$  мм және  $d = 2$  мм екі қатынас капилляр ішіндегі сынап деңгейлерінің айырмашылығын анықтаңдар.

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Жуғыш заттар дақ пен кірді қалай кетіреді?
2. Алып сабын көпіршігін жасау үшін ерітіндіні қалай дайындауға болады (135-сурет)?
3. Капиллярлардың ауыр және жеңіл өнеркәсіпте қолданылуы.
4. Табиғаттағы капиллярлық құбылыстар.
5. Қазақстан Республикасында су өткізбейтін маталар мен құрылыс материалдарын өндіру.



*135-сурет. Алып сабын көпіршігі*

## 9-тараудың қорытындысы

Ауаның ылғалдылығы	Беттік керілу коэффициенті	Капиллярдағы сұйықтың көтерілу биіктігі
Абсолют ылғалдылық $\rho = \frac{m}{V}$	$\sigma = \frac{F_{\kappa}}{l}$	$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$
Салыстырмалы ылғалдылық $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\kappa}} \cdot 100\%$		$h = \frac{4\sigma}{\rho g d}$
$\varphi = \frac{P}{P_{\kappa}} \cdot 100\%$		

## Глоссарий

**Ауаның абсолют ылғалдылығы** – 1 м<sup>3</sup> ауа көлемінде болатын су буының мөлшері.

**Гигрометр** – ауаның ылғалдылығын анықтайтын құрал.

**Динамикалық тепе-теңдік** – бірдей уақыт аралығында сұйықты тастап ұшып шығатын молекулалар саны мен сұйыққа қайта оралатын молекулалар саны тең болатын термодинамикалық жүйенің күйі.

**Капиллярлар** – ішкі диаметрі өте кіші түтікшелер.

**Конденсация** – будың сұйыққа айналу процесі.

**Беттік керілу коэффициенті** – беттік керілу күшінің сұйықтың беттік қабатының ұзындығына қатынасы.

**Шеттік бұрыш** – қатты дене беті мен мениске жүргізілген жанаманың қатты денемен қиылысу нүктесі.

**Мениск** – сұйықтың бос бетінің майысуы.

**Қаныққан бу** – өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте болатын бу.

**Қанықпаған бу** – өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте болмайтын бу.

**Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы** – ауаның абсолют ылғалдылығының берілген температурада 1 м<sup>3</sup> ауаны қанықтыру үшін қажетті бу мөлшеріне процент түрінде берілген қатынасы.

**Булану** – заттың сұйық күйден газ күйіне айналу процесі.

**Беттік керілу күші** – сұйықтың беттік қабатының ауданын кемітетін және осы бетке жанам бойымен бағытталған сұйықтың беттік қабатының молекулаларының өзара әрекеттесу күші.

**Шық нүктесі** – атмосфералық ауадағы су буы қаныққан күйге айналатын температура.

*«Электр және магнетизм» бөлімінің негізгі мазмұны – электромагниттік өрістің қасиеттері мен оның зарядталған денелермен өзара әрекеттесуін сипаттау. Электродинамикада зарядталған денелер арасындағы электрлік және магниттік өзара әрекеттесулер қарастырылады. Электромагниттік өріс арқылы жүзеге асатын кез келген өзара әрекеттесулер электродинамиканың мәні болып табылады.*

## 10-ТАРАУ

# ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электродинамиканың қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесуін зерттейтін бөлімі *электростатика* деп аталады. Заряд оң мәндермен қатар теріс мәндерді де қабылдайды. Ең алғаш «электр заряды» деген түсінік 1785 жылы Кулон заңында енгізілген болатын.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- электр өрісінің қасиеттері мен оның күш сызықтарының сипаттамаларын анықтай аласыңдар;
- электростатикалық өрістің заряд қозғалысына әсерін сипаттай аласыңдар;
- электростатикалық және гравитациялық өрістердің қасиеттерін салыстыра аласыңдар;
- қарапайым электр тізбегіндегі конденсатордың рөлін түсіндіре аласыңдар.

## § 19. Электр өрісі

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- электр өрісінің қасиеттерін және оның күштік сипаттамасын анықтай аласыңдар;
- электростатикалық өрістің заряд қозғалысына әсерін сипаттай аласыңдар.



### Естеріңе түсіріңдер!

Атом бейтарап.

Белгілі бір электрондарын жоғалтқан атом оң ион болып қалады.

Артық электрондары бар атомды *теріс ион* деп атайды.



### Есте сақтаңдар!

Электрон зарядының шамасын алғаш рет 1909–1913 жылдары америкалық физик Р.Милликен өлшеді. Ол электр өрісіндегі майдың микроскопиялық тамшыларының қозғалысын бақылаған. Ол тамшы зарядтарының элементар зарядқа бөлінетінін анықтап және осы зарядтың шамасын өлшей алды, ол:  $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл-ға тең.

## I Электр заряды

Электрон мүмкін болатын ең минимал электр зарядына ие, оны *элементар заряд* деп атайды. Денелердің зарядтары электрондардың артық болуына немесе жетіспеуіне байланысты, демек, олардың заряды *элементар зарядқа* бөлінеді. Кез келген зарядталған еркін бөлшек элементар зарядтың бүтін санын алып жүреді:

$$q = N|e|. \quad (1)$$

Зарядтың ХБЖ бойынша өлшем бірлігі  $[q] = 1$  Кл.

*Кулон* – ток күші  $1$  А болғанда өткізгіштің көлденең қимасы арқылы  $1$  с ішінде өтетін электр заряды.

1843 жылы ағылшын физигі М.Фарадей зарядтың сақталу заңын ашты.

**Кез келген тұйық жүйедегі электр зарядтарының алгебралық қосындысы осы жүйедегі кез келген процестер кезінде өзгеріссіз қалады.**

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const. \quad (2)$$

Зарядтың сақталу заңы энергия мен импульстің сақталу заңдарымен қатар табиғаттың негізгі заңы болып табылады. Ол микродүниемен қатар, макродүние денелеріне де тән.

## II Кулон заңы

Екі нүктелік зарядтың өзара әрекеттесу заңын 1785 жылы француз ғалымы Ш.Кулон анықтады. *Нүктелік зарядтар* – өлшемдері олардың арасындағы қашықтықтан біршама кіші болатын зарядталған денелер.

Кулон тәжірибе жүзінде мынадай тұжырым жасады:

**Екі нүктелік зарядтың өзара әрекеттесу күші зарядтарды қосатын түзу сызық бойымен бағытталған, зарядтардың модульдерінің көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал.**



$$F_k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2} \quad (3)$$

немесе

$$F_k = \frac{k|q_1||q_2|}{\epsilon r^2} \quad (4)$$

мұндағы  $|q_1|, |q_2|$  – өзара әрекеттесетін денелердің зарядтарының модульдері,  $r$  – нүктелік зарядтар арасындағы қашықтық,  $k$  – пропорционалдық коэффициенті,  $\epsilon_0$  – электр тұрақтысы,  $\epsilon$  – ортаның диэлектрлік өтімділігі.

136-суретте екі нүктелік зарядтың өзара әрекеттесу күштері бейнеленген, Ньютонның үшінші заңының негізінде олар тең:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (5)$$

Кулондық күштер *центрлік* болып табылады, олар нүктелік зарядты қосатын түзу бойында әсер етеді.

### III Электр өрісі

Зарядталған денелердің айналасындағы кеңістік жаңа қасиетке ие болады: оған енгізілген жеңіл немесе зарядталған денелер тебілу немесе тартылу күштерінің әсеріне ұшырайды. Күштің әсерінен денелер орын ауыстырып, кеңістікте белгілі бір тәртіппен орналасады. Майда қалқып жүрген қылшықтардың зарядталған денелердің айналасында орналасуын бақылауда сызықтарды көруге болады (137-сурет), әртүрлі пішінді денелер үшін көрініс түрліше болады.

Зарядталған денелердің айналасындағы кеңістікті *электр өрісі* деп атайды. Электр өрісі түсінігін алғаш рет ағылшын физигі М.Фарадей енгізді. Фарадей электр өрісінің әсерінен зарядтар тартылады немесе тебіледі деп тұжырымдады.

**Электр өрісі – зарядталған денелер өзара әрекеттесетін материяның бір түрі.**

*Қозғалмайтын және уақыт өте келе өзгермейтін зарядтың электр өрісі электростатикалық өріс деп аталады.*

Зарядталған дененің айналасындағы электр өрісін *оң зарядталған нүктелік заряд – сынақ зарядтың* көмегімен зерттеуге болады.



#### Есте сақтаңдар!

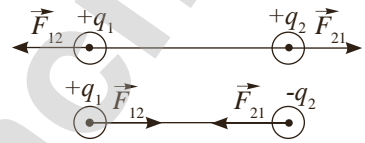
Электронның массасы

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг};$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2};$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2};$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.$$

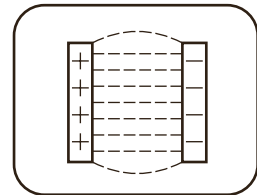
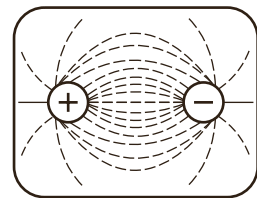


**136-сурет.** Нүктелік зарядтарды қосатын түзу бойымен әсер ететін кулондық күштер



#### Өз тәжірибең

Электростатикалық өрістің күш сызықтарын бақылайтын аспаптарды пайдалананып, зарядталған пластиналардың және нүктелік зарядтардың айналасындағы кеңістікті зерттеңдер (137-сурет).



**137-сурет.** Майда қалқып жүрген қылшықтардың зарядталған денелердің айналасында орналасуы

## IV Электр өрісінің кернеулігі. Нүктелік зарядтың кернеулігі

Кернеулік – электр өрісінің күштік сипаттамасы.

**Электр өрісінің кернеулігі – өрістің кеңістіктің белгілі бір нүктесіне орналас-тырылған оң сынақ зарядқа әсер ететін күшінің осы заряд шамасына қатынасына тең физикалық шама.**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \quad (6)$$

(6) формуладан өріске енгізілген  $q$  нүктелік зарядқа әсер ететін күшті анықтаймыз:

$$F = qE. \quad (7)$$

Кулон заңы бойынша  $Q$  және  $q$  нүктелік зарядтарының арасындағы өзара әрекеттесу күші мынаған тең:

$$F = \frac{k|Q||q|}{\epsilon r^2}. \quad (8)$$

(7) және (8) формулаға сәйкес:

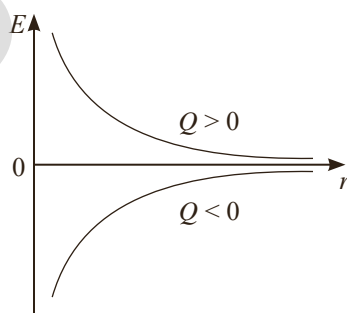
$$E = \frac{kQ}{\epsilon r^2}. \quad (9)$$

Бұл – нүктелік заряд өрісінің кернеулігін есептеу формуласы. Кеңістіктің берілген нүктесіндегі кернеулік өрісті тудырған дененің  $Q$  зарядымен анықталады, ол – өріске енгізілген  $q$  зарядқа тәуелді емес. Кернеулік қашықтық функциясы, кеңістіктің нүктесі өріс көзінен қаншалықты алыс орналасса, кернеуліктің модулі соншалықты аз (138-сурет). (6) формулаға сәйкес кернеуліктің өлшем бірлігі:

$$[E] = 1 \frac{Н}{Кл}.$$

### Өз тәжірибең

Сынақ зарядты пайдаланып, зарядталған металл шардың электр өрісін зерттеңдер. Шарға қандай заряд берілгенін анықтандар. Шардан алыстатылғанда электр өрісі қалай өзгереді?



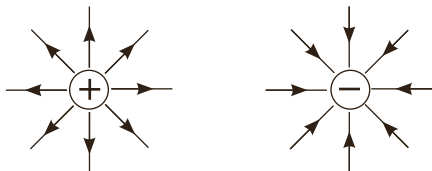
**138-сурет.** Нүктелік заряд өрісі кернеулігінің қашықтыққа тәуелділік графигі

## V Кернеулік векторының бағыты және күш сызықтары

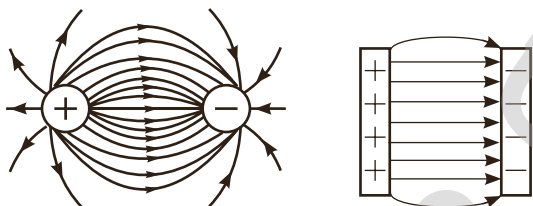
Электр өрісінің кернеулігі – векторлық шама. Кернеулік векторының бағыты кеңістіктің кез келген нүктесінде оң сынақ зарядқа әсер ететін күш бағытына сәйкес келеді.

Егер өрісті оң заряд тудырған болса, онда өрістің кернеулік векторы кеңістіктің кез келген нүктесінде зарядтан радиал түзудің бойымен бағытталады. Теріс заряд тудырған өрістің кернеулік векторы радиал түзудің бойымен зарядқа қарай бағытталады. Радиал түзулер – күштердің әсер ету сызықтары, олар электр өрісінің күш сызықтары болып табылады (139-сурет). Ең алғаш күш сызықтары түсінігін М.Фарадей енгізді. Содан кейін өрісті бейнелеу түсінікті әрі ыңғайлы бола түсті.

Екі параллель пластина тудырған өрістің күш сызықтары – бір-бірінен бірдей қашықтықта орналасқан параллель сызықтар, олардың тығыздықтары өзгермейді (140-сурет). Мұндай өрісті *біртекті* деп атайды. Біртекті өрістің барлық нүктелерінде кернеулік векторы тұрақты болады.



139-сурет. Оң және теріс нүктелік зарядтардың күш сызықтары



140-сурет. Әр аттас нүктелік зарядтар мен әр аттас пластиналар арасындағы өрістердің күш сызықтары

Нүктелік зарядтар тудырған біртекті емес өрістің күш сызықтарының тығыздықтары зарядқа жақын жерде тығыз болады да, зарядтан алыстаған сайын азая береді, яғни өріс кернеулігі өзгереді. Күш сызықтарының тығыздығы өріс кернеулігінің жоғарылығын білдіреді.

**Электр өрісінің күш сызықтары – әрбір нүктедегі жанамалары осы нүктедегі кернеулік векторының бағытымен сәйкес келетін сызықтар.**

Күш сызықтарының бейнеленуі:

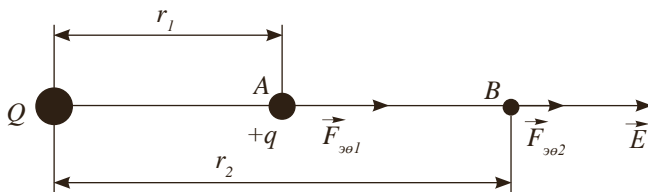
- 1) кеңістіктің кез келген нүктесінде кернеулік бірнеше бағытқа ие болмайтындықтан, электр өрісінің күш сызықтары қиылыспайтынын көрсетеді;
- 2) электр өрісінің сызықтары оң зарядтан шығып, теріс зарядқа енетінін көрсетеді.

## VI Біртекті емес электр өрісінде зарядтың орын ауыстыруы кезінде жасалатын жұмыс. Нүктелік заряд өрісіндегі дененің потенциалдық энергиясы

$q$  заряды Кулон күштерінің әсерінен  $Q$  оң заряд тудырған өрістің күш сызықтарының бойымен А нүктесінен В нүктесіне орын ауыстырды делік (141-сурет).

### Жауабы қандай?

1. Неліктен электр өрісінің күш сызықтары қиылыспайды?
2. Неліктен біртекті өріске енгізілген нүктелік зарядтың орын ауыстыруы оған әрекет ететін күш мәніне әсер етпейді?



141-сурет.  $Q$  заряды тудырған өрісте  $q$  зарядының орын ауыстыруы кезіндегі электр өрісінің жұмысы

Зарядтың орнын ауыстыратын күш зарядтар арасындағы арақашықтыққа тәуелді және айнымалы шама болып табылады. Сондықтан біртекті емес электр өрісінің жұмысын теріс таңбамен алынған зарядталған дененің потенциалдық энергиясының өзгерісі арқылы анықтаймыз:

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}). \quad (10)$$

Біртекті емес гравитациялық өріспен ұқсастығын ескеріп, қозғалмайтын  $Q$  зарядтың электр өрісіндегі  $q$  зарядтың потенциалдық энергиясын жазамыз:

$$W_p = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r}.$$

Осы кезде зарядтың орын ауыстыруы кезінде электр өрісінің атқаратын жұмысы (10) мынадай түрге келеді:

$$A = \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_1} - \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_2}. \quad (11)$$

## VII Біртекті электр өрісінің потенциалы. Потенциалдың кернеулікпен байланысы

**Өрістің потенциалы** зарядтың потенциалдық энергиясының осы заряд шама-сына қатынасына тең:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}. \quad (12)$$

Ол оң немесе теріс мәнге ие бола алады.

*Потенциалдар айырымы арқылы өрістің зарядтың орын ауыстыру кезінде жасайтын жұмысы анықталатын болғандықтан, оның физикалық мағынасы бар.*

Біртекті электр өрісі үшін нүктенің потенциалы:

$$\varphi = \frac{qEd}{q} = Ed. \quad (13)$$

(10) және (12) формулаларды қорытып, сендерге 8-сыныптан белгілі өрістің жұмысы мен потенциалдар айырымы арасындағы байланыс формуласын аламыз:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2), \quad (14)$$

мұндағы  $\varphi_1 = Ed_1$ ,  $\varphi_2 = Ed_2$  – электростатикалық өрісте

зарядтың орналасуының бастапқы және соңғы нүктелері.



**Жауабы қандай?**

Біртекті өрістің біртекті емес өрістен айырмашылығы неде?

### ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Зарядтары  $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9}$  Кл және  $q_2 = 1,32 \cdot 10^{-8}$  Кл екі нүктелік зарядтың арақашықтықтығы  $r_1 = 40$  см. Оларды  $r_2 = 25$  см қашықтыққа дейін жақындату үшін қандай жұмыс жасау керек?

<b>Берілгені:</b> $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9}$ Кл $q_2 = 1,32 \cdot 10^{-8}$ Кл $r_1 = 40$ см $r_2 = 25$ см $A = ?$	<b>ХБЖ</b>  0,4 м 0,25 м	<b>Шешуі:</b> Сыртқы күштердің жұмысы және электр өрісінің жұмысы таңбалары бойынша қарама-қарсы, демек, оларды жақындату үшін жасалатын жұмыс мынаған тең: $A = q_1(\varphi_2 - \varphi_1)$ , мұндағы $\varphi_1 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_1}$ , ал $\varphi_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2}$ . $A = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \approx 1,3 \cdot 10^{-6}$ Дж. <b>Жауабы:</b> $A \approx 1,3 \cdot 10^{-6}$ Дж.
---	-----------------------------------	--

### Бақылау сұрақтары

1. Зарядтың сақталу заңы мен Кулон заңын тұжырымдаңдар.
2. Қандай зарядты нүктелік заряд деп атайды?
3. Электр өрісі дегеніміз не?
4. Электр өрісінің кернеулігі дегеніміз не? Оны қалай анықтаймыз? Ол қалай бағытталған?
5. Біртекті өріс дегеніміз не? Біртекті емес өріс дегеніміз не?
6. Өрістің потенциалы дегеніміз не?
7. Өрістің потенциалы мен кернеулігінің арасында қандай байланыс бар?



### Жаттығу

18

1. Бір-бірінен 5 см қашықтықта орналасқан 10 нКл және 15 нКл нүктелік зарядтар қандай күшпен өзара әрекеттеседі?
2. Біреуі оң 15 мкКл зарядпен, екіншісі теріс  $-25$  мкКл зарядпен зарядталған екі бірдей шарларды жанастырады да, қайтадан 10 см қашықтыққа алшақтатады. Жанасқаннан кейінгі әр шардың зарядын және олардың өзара әрекеттесу күшін анықтаңдар.
3. Электрон кернеулігі 10 В/м өрісте қандай үдеумен козғалады?
4. Шамасы 0,1 мкКл зарядтан 5 см қашықтықтағы өріс кернеулігін анықтаңдар.

## § 20. Электрсыйымдылық. Конденсаторлар. Сыйымдылықтың өлшем бірлігі және электр мөлшері

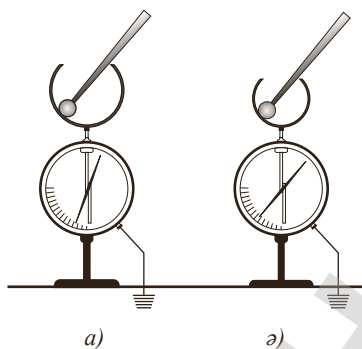
### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- қарапайым электр тізбегіндегі конденсатордың рөлін түсіндіре аласыңдар.

### ? Жауабы қандай?

1. Электр зарядын қалай алуға болады? Оны қалай сақтаймыз?
2. Сендер заряд сақтайтын «ыдысты» қандай материалдан жасар едіңдер: өткізгіштерден бе, әлде диэлектриктерден бе?



142-сурет. Радиусы үлкен сфераның электрсыйымдылығы көбірек

### ? Эстеріңе түсіріңдер!

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

### ? Жауабы қандай?

Неліктен өткізгіш шардың сыйымдылығы сфераның сыйымдылығы сияқты анықталады:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r^2$$

### I Оқшауланған өткізгіштердің электрсыйымдылығы

Сынақ зарядты сфераның ішкі бетіне бірнеше рет жанастыра отырып, сфераға  $q$  заряд береміз. Әрбір жанасудан кейін электрметр тілшесі тұрақты бір мәнге ауытқиды (142 а) сурет). Демек, шар потенциалы мен зарядының арасында тура пропорционал тәуелділік бар:

$$q = C\varphi,$$

мұндағы  $C$  – пропорционалдық коэффициенті. Өріс потенциалы өткізгіштің өлшемдеріне тәуелді ме? Соны анықтайық. Бұл үшін тәжірибені радиусы кіші сферамен қайталаймыз. Тура сондай заряд берілген кезде электрметр тілшесі үлкенірек бұрышқа ауытқиды (142 ә) сурет). Демек, радиусы кіші сфераның потенциалы жоғары  $\varphi_2 > \varphi_1$ . Тәжірибе көрсеткендей,  $C$  коэффициенті өткізгіш сфералардың сипаттамасы болып табылады, оны *электрсыйымдылық* деп атайды.

**Оқшауланған өткізгіштің электрсыйымдылығы – өткізгіш зарядының оның потенциалына қатынасына тең физикалық шама.**

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (1)$$

(1) формулаға өткізгіш сфера потенциалын есептеу формуласын  $\varphi = \frac{kq}{\epsilon \cdot r}$  қойсақ, алатынымыз:

$$C = \frac{\epsilon \cdot r}{k} \quad (2)$$

немесе

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r \quad (3)$$

Оқшауланған сфераның радиусы неғұрлым үлкен болса, оның электрсыйымдылығы да соншалықты үлкен болады. Алынған қорытындылар шарға да қатысты, өйткені өткізгіштің ішінде бос зарядтар болмағандықтан, электр өрісі де жоқ.

Электрсыйымдылықтың өлшем бірлігі ретінде **фарад** қабылданған. Ол М.Фарадейдің құрметіне аталған. *Фарад* – заряд 1 кулонға өзгерген кезде потенциалы 1 вольтқа өсетін өткізгіштің сыйымдылығы:

$$[C] = 1\Phi = \frac{1Кл}{1В}.$$

Тәжірибеде сыйымдылықтың өлшем бірлігі үлестік қосымшалармен қолданылады:

$$1 \text{ мк}\Phi = 10^{-6} \Phi;$$

$$1 \text{ н}\Phi = 10^{-9} \Phi;$$

$$1 \text{ п}\Phi = 10^{-12} \Phi.$$

## II Конденсатор

Алақанымызды зарядталған сфераға жақындатсақ (142-сурет), электрометрдің көрсеткіші азаяды, демек, сфераның потенциалы азаяды. (1) формула негізінде өткізгіш қабықшасы бар сфераның сыйымдылығы артады деп тұжырымдауға болады. Олардың арақашықтықтары азайған сайын сыйымдылығы арта түседі. *Диэлектрикпен бөлінген екі өткізгіш сфера сфералық конденсатор болып табылады.*

Диэлектрикпен бөлінген екі жазық параллель пластинадан тұратын жазық конденсатор кең қолданысқа ие. Конденсатор пластиналарын *астарлар* деп атайды.

**Конденсатор – электр өрісінің энергиясын және зарядты жинақтауға арналған құрылғы. Жазық конденсатор қалыңдығы астарлардың өлшемдерімен салыстырғанда жіңішке диэлектрик бөліп тұратын екі пластинадан тұрады.**

Пластиналар арасындағы біртекті өрістің кернеулігі:

$$E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S}.$$

Конденсатор пластиналарының арасындағы потенциалдар айырымы немесе астарларының бірінің екіншісіне қатысты потенциалы мынаған тең:

$$\Delta\varphi = Ed = \frac{qd}{\varepsilon\varepsilon_0 S}. \quad (4)$$

(4) теңдеуді (1) теңдеуге қойып, жазық конденсатордың сыйымдылығын аламыз:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}. \quad (5)$$

(5) формуладан конденсатордың сыйымдылығын арттыру үшін орамдардың ауданын ұлғайту және олардың арақашықтықтарын азайтып, диэлектрикті енгізу керек екенін байқаймыз.

## III Электр өрісінің энергиясы

Зарядталған конденсаторда оны зарядтау кезінде жасалған жұмысқа тең потенциалдық энергияның қоры болады. Зарядтау кезінде жасалған жұмысты

### Бұл қызық!

Сыйымдылығы 1  $\Phi$  шардың радиусы – 9 млн км:

$$r = Ck = 1\Phi \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot M^2}{Кл^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ м}.$$

Бұндай шардың радиусы Жердің радиусынан 1400 есе артық:

$$\frac{r}{R_{\text{ж}}} = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ м}}{6,4 \cdot 10^6 \text{ м}} \approx 1400.$$

Атмосферасыз біздің планетамыздың сыйымдылығы 0,71 мФ:

$$C_{\text{ж}} = \frac{6,4 \cdot 10^6 \text{ м}}{9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot M^2}{Кл^2}} =$$

$$= 0,71 \cdot 10^{-3} \Phi = 0,71 \text{ м}\Phi.$$

### Бұл қызық!

Біздің планетамыз – ионосфера сыртқы сферасы, ал ауа – диэлектрик болып табылатын сфералық конденсатор.

пластиналарды нөлдік арақашықтықтан  $d$  арақашықтыққа алыстату кезінде атқарылған жұмыс сияқты анықтауға болады. Кернеулігі  $E_1$  екі пластина арасындағы өріс кернеулігінің жартысын құрайтын  $E_1 = \frac{E}{2}$  пластина өрісіндегі  $q$  заряды бар екінші пластина қозғалысын қарастырайық. Пластинаның орын ауыстыруына жұмсалатын күш

мынаған тең:  $F = qE_1 = \frac{qE}{2}$ , ал жасалған жұмыс:

$$A = Fd = \frac{qEd}{2}.$$

$U = Ed$  екенін ескерсек,  $A = \frac{qU}{2}$  екенін аламыз. Демек, конденсатор астарлары арасында пайда болған өрістің энергиясы:

$$W = \frac{qU}{2}. \quad (6)$$

Заряд пен кернеудің байланыс формуласын  $q = CU$  пайдалана отырып, өріс энергиясын мына түрде жазуға болады:

$$W = \frac{CU^2}{2} \quad (7)$$

және

$$W = \frac{q^2}{2C}. \quad (8)$$

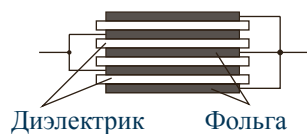
(7) формула конденсатор ток көзіне қосылып, астарларындағы кернеу өзгермейтін кезде қолданылады. (8) формуланы конденсатор ток көзінен ажыратылған, заряд шамасы тұрақты болып қалатын кезде қолданған ыңғайлы.

#### IV Конденсаторлардың түрлері

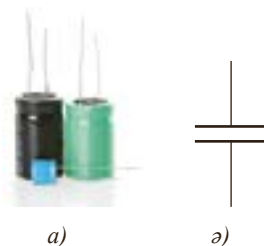
Конденсаторлардың сыйымдылықтары тұрақты және айнымалы түрлері болады. Тұрақты сыйымдылығы бар конденсаторлар бір-бірінен диэлектрикпен окшауланған екі немесе бірнеше пластинадан тұрады (143-сурет). Пластиналар ретінде металл фольга, ал диэлектрик ретінде қағаз, слюда, лак қолданылады. Қолданылған материалдарға байланысты конденсаторлар қағазды, слюдалық, электролиттік конденсаторлар (144-сурет) деп бөлінеді. Айнымалы сыйымдылықты конденсаторлар осьпен жалғанған пластиналардың екі тобынан тұрады (145-сурет). Ось айналған кезде пластиналардың арақашықтықтары және олар қамтитын аудан өзгереді. Бұндай құрылым конденсатордың

**6-кесте.** Конденсаторларда қолданылатын материалдардың диэлектрлік өтімділіктері

Зат	$\delta$
Ауа	1,0005
Қағаз	2,5-тен 3,5-ке дейін
Шыны	3-тен 10-ға дейін
Слюда	5-тен 7-ге дейін
Металдар оксидтерінің ұнтақтары	6-дан 20-ға дейін



143-сурет. Жазық конденсатор



144-сурет. а) Металл-қағазды және алюминийлі электролитті конденсатор; ә) Конденсаторды сұлбада белгілеу



сыйымдылығын бірқалыпты өзгертуге мүмкіндік береді.

Қазақстанда Өскемен конденсатор зауыты конденсаторларды және конденсаторлық құрылғыларды құрастырумен және өндірумен айналысады. Зауытта шығарылған құрылғылар мәшине жасау, металлургия, энергетика, мұнай-газ, тамақ өнеркәсібінде кеңінен қолданылып жатыр. Қазіргі кезде ең қажетті конденсаторлар түрлеріне (146 а, ә) сурет):

- арнайы конденсаторлар (импульсті, жоғары вольтті);
- косинусты конденсаторлар (жоғары вольтті, төмен вольтті);
- кернеу бөлгіштер және байланыс конденсаторлары;
- электротермиялық конденсаторлар жатады.



а)



ә)

**145-сурет.** а) Айнымалы сыйымдылықты конденсатор; ә) Конденсаторды сұлбада белгілеу



**Жауабы қандай?**

Неге көбіне сфералық конденсаторлар емес, жазық конденсаторлар кең қолданылады?



а)



ә)

**146-сурет.** Өскемен конденсатор зауытында жасалған а) жоғары вольтті импульсті конденсаторлар; ә) төмен вольтті косинусты конденсатор КПС-0,44-2,5

**ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ**

Жазық ауа конденсаторының энергиясы  $W_1 = 2 \cdot 10^{-7}$  Дж. Оны диэлектрлік өтімділігі  $\epsilon = 2$  диэлектрикпен толтырғаннан кейін конденсатор ток көзінен ажыратылған және конденсатор ток көзіне қосылған жағдайлар үшін конденсатор энергиясын анықтаңдар.

**Берілгені:**

$W_1 = 2 \cdot 10^{-7}$  Дж  
 $\epsilon = 2$

- 1)  $q = const$
- 2)  $U = const$

$q = const$  болғанда  $W_2 - ?$   
 $U = const$  болғанда  $W_2 - ?$

**Шешуі:**

Диэлектрикпен толтырғаннан кейін конденсатордың сыйымдылығы 2 есе артады:

$C_2 = 2C_1$ .

Бірінші жағдайда конденсатор ток көзінен ажыратылған, демек, оның заряды өзгермейді, олай болса конденсатордың энергиясын мына формуламен анықтаймыз:

$$W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2 \cdot 2C_1} = \frac{W_1}{2}.$$

Конденсатордың энергиясы 2 есе азайды:  $W_2 = 10^{-7}$  Дж.

Екінші жағдайда конденсатор ток көзіне қосылған, конденсатор астарларындағы кернеу тұрақты шама болып қалады. Конденсатордың энергиясы:

$$W_2 = \frac{C_2 U^2}{2} = \frac{2C_1 U^2}{2} = 2W_1.$$

Конденсатордың энергиясы 2 есе артты:  $W_2 = 4 \cdot 10^{-7}$  Дж.

**Жауабы:**  $q = const$  болғанда,  $W_2 = 10^{-7}$  Дж.

$U = const$  болғанда,  $W_2 = 4 \cdot 10^{-7}$  Дж.

### Бақылау сұрақтары

1. Электрсыйымдылық дегеніміз не? Ол немен өлшенеді?
2. Зарядты жинау үшін қандай құрылғыны қолданады? Ол неден тұрады?
3. Конденсаторлардың қандай түрлерін білесіңдер?
4. Электр өрісінің энергиясы қалай анықталады?

### ★ Жаттығу

19

1. Екі пластинадан тұратын конденсатордың электрсыйымдылығы 5 пФ. Егер орамдарының потенциалдар айырымы 1000 В болса, оның әрбір астарында қандай заряд мөлшері бар?
2. Пластиналарының өлшемдері  $25 \times 25$  см және арақашықтықтары 0,5 мм, 10 В потенциалдар айырымына дейін зарядталған жазық конденсатор ток көзінен ажыратылды. Егер конденсатор пластиналарын 5 мм қашықтыққа алыстатсақ, оның потенциалдар айырымы қандай болады?
3. Сыйымдылығы 20 мкФ конденсаторға 5 мкКл заряд берілді. Зарядталған конденсатордың энергиясы қандай?
4. Кернеуі  $U = 1000$  В тұрақты ток көзіне қосылған конденсатордың электрсыйымдылығы  $C_1 = 5$  пФ. Оның астарларының арақашықтығы 3 есе азайтылды. Конденсатор астарларындағы зарядтың және электр өрісі энергиясының өзгерісін анықтаңдар.

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Өскемен конденсатор зауытының құрылу тарихы.
2. Конденсаторларды өндіру технологиясы және экологиялық проблемалар.

## 10-тараудың қорытындысы

Заңдар	Электр өрісінің сипаттамалары	
	Кернеулік	Потенциал
Зарядтың сақталу заңы $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const$ $q = N  e $ Кулон заңы $F_k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{ q_1  q_2 }{r^2}$ $F_k = \frac{k q_1  q_2 }{\epsilon r^2}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ Нүктелік заряд өрісінің кернеулігі: $E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$ ; $E = \frac{kq}{\epsilon r^2}$ Әр аттас пластиналар арасындағы өріс кернеулігі: $E = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}$ ; $E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$	$\varphi = \frac{W_p}{q}$ Нүктелік заряд өрісінің потенциалы $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$ ; $\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}$ Біртекті өрістің потенциалы $\varphi = Ed$
Өрістегі зарядтың потенциалдық энергиясы, зарядтың орын ауыстыруы кезінде жасалатын жұмыс		Өрістің потенциалы және жұмысы
Біртекті өрісте $W_p = qEd$ $A = -(qEd_2 - qEd_1)$	Біртекті емес өрісте $W_p = \frac{kQq}{r}$ $A = \frac{kQq}{r_1} - \frac{kQq}{r_2}$	
Өткізгіштердің сыйымдылықтары Оқшауланған өткізгіштің сыйымдылығы $C = \frac{q}{\varphi}$ Оқшауланған шардың сыйымдылығы $C = 4\pi\epsilon_0 r$ Жазық конденсатордың сыйымдылығы $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$	Ортаның диэлектрлік өтімділігі $\epsilon = \frac{F_0}{F}$ $\epsilon = \frac{E_0}{E}$	Конденсатордың электр өрісінің энергиясы $W = \frac{qU}{2}$ $W = \frac{CU^2}{2}$ $W = \frac{q^2}{2C}$

### Заңдар

#### Зарядтың сақталу заңы

Кез келген тұйық жүйедегі электр зарядтарының алгебралық қосындысы осы жүйедегі кез келген процестер кезінде өзгеріссіз қалады.

#### Кулон заңы

Екі нүктелік зарядтың өзара әрекеттесу күші зарядтарды қосатын түзу сызық бойымен бағытталған, зарядтардың модульдерінің көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал.

## Глоссарий

**Конденсатор** – электр өрісінің энергиясын және зарядты жинақтауға арналған құрылғы.

Жазық конденсатор қалыңдығы астарлардың өлшемдерімен салыстырғанда жіңішке диэлектрик бөліп тұратын екі пластинадан тұрады.

**Кулон** – ток күші 1 А болғанда өткізгіштің көлденең қимасы арқылы 1 с ішінде өтетін электр заряды.

**Электр өрісінің кернеулігі** – өрістің кеңістіктің белгілі бір нүктесіне орналастырылған оң сынақ зарядқа әсер ететін күшінің осы заряд шамасын қатынасына тең физикалық шама.

**Электр өрісінің күш сызықтары** – әрбір нүктедегі жанамалары осы нүктедегі кернеулік векторының бағытымен сәйкес келетін сызықтар.

**Нүктелік зарядтар** – өлшемдері олардың арасындағы қашықтан біршама кіші болатын зарядталған денелер.

**Фарад** – заряд 1 кулонға өзгерген кезде потенциалы 1 вольтқа өсетін өткізгіштің сыйымдылығы.

**Электродинамика** – электромагниттік өрістің қасиеттері мен оның электр зарядталған денелермен өзара әрекеттесуін зерттейтін физиканың бөлімі.

**Электр өрісі** – зарядталған денелер өзара әрекеттесетін материяның бір түрі.

**Электростатика** – электродинамиканың қозғалмайтын зарядтардың өзара әрекеттесуін зерттейтін бөлімі.

**Электростатикалық өріс** – қозғалмайтын және уақыт өте келе өзгермейтін зарядтың электр өрісі.

**Оқшауланған өткізгіштің электрсыйымдылығы** – өткізгіш зарядының оның потенциалына қатынасына тең физикалық шама.

## ТҰРАҚТЫ ТОК

Ең алғаш зарядталған бөлшектердің қозғалысын италиялық ғалым-биолог Луиджи Гальвани байқады. Ол әртекті металл пластинамен байланысқа түскенде, өлі бақа табандарының тітіркенетінін байқады. Гальвани зерттеулерін Александр Вольта әрі қарай жалғастырды. Ол тәжірибе жүзінде әртекті металл пластиналарды тұз, қышқыл және сілті ерітінділеріне салғанда, олардың арасында ток пайда болатынын дәлелдеді. Зарядталған бөлшектердің қозғалысы көптеген физик-ғалымдардың назарын аударды. Өртүрлі орталарда қозғалатын зарядталған бөлшектер бағынатын заңдар негізінен эксперимент жүзінде ашылды. Ғалымдардың зерттеу нәтижелері өнеркәсіп салалары мен тұрмыста кеңінен қолданыс тапты. Қазіргі әлемді электр тогын пайдаланатын түрлі құралдар мен құрылғыларсыз елестету мүмкін емес.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- электр қозғаушы күш және ішкі кедергі ұғымдарын түсіндіруді;
- электр қозғаушы күш және сыртқы тізбектегі кернеудің түсуі (энергия тұрғысынан) арасындағы айырмашылықты анықтауды;
- толық тізбек үшін Ом заңын қолдануды және қысқа тұйықталудың салдарын түсіндіруді;
- тұрмыста қолданылатын электр құралдарының қуатын және жұмыс құнын есептеуді үйренесіңдер.

## § 21. Ток көзінің электр қозғаушы күші мен ішкі кедергісі. Кернеу, потенциалдар айырымы

### Күтілетін нәтиже

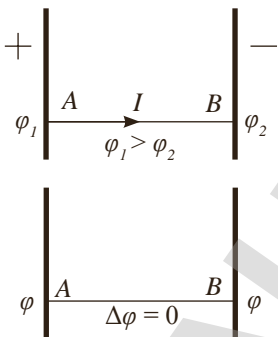
Осы параграфты игергенде:

- электр қозғаушы күш және ішкі кедергі ұғымдарын түсіндіре аласыңдар;
- электр қозғаушы күш пен сыртқы тізбектегі кернеудің түсуі арасындағы айырмашылықты түсіндіре аласыңдар.

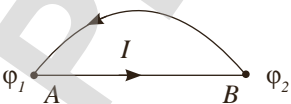


### Жауабы қандай?

1. Қандай тұрақты ток көздерін білесіңдер?
2. Неге тұрақты токты айналымы токқа түрлендіргіштерге сұраныс артуда? Оларды қалай атайды?



147-сурет. Конденсатор астарларының арасындағы қысқа мерзімді ток

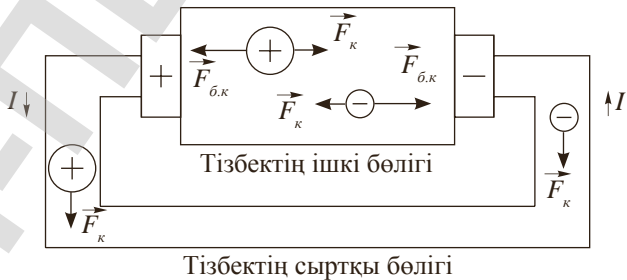


148-сурет. Электр тізбегінің жұмыс істеу принципі

### I Тұрақты электр тогының пайда болуы және бар болу шарттары

Зарядталған конденсатор пластиналарын  $AB$  өткізгішпен жалғайық, өткізгіште электр тогы пайда болады. Конденсатор разрядталғаннан кейін, өткізгіштің ұштарындағы потенциалдар айырымы нөлге тең болады, ток тоқтайды (147-сурет). Тізбектегі токты ұстап тұру үшін зарядтарды басқа сыммен кері тасымалдап, тұйық жүйе құрып, өткізгіш ұштарында потенциалдар айырымын тудыру қажет (148-сурет). Зарядты  $B$  нүктесінен  $A$  нүктесіне тасымалдау электрлік емес бөгде күштердің көмегімен ғана мүмкін болады, себебі  $B$  нүктесінің потенциалы  $A$  нүктесі потенциалынан кіші.

149-суретте электр тізбегінің принциптік сұлбасы көрсетілген. Ток көзінің ішінде зарядты полюстерге тасымалдау кезіндегі жұмысты бөгде күштер атқарады. Кулондық күштердің жұмысының мәні теріс. Тізбектің сыртқы бөлігінде зарядтар кулондық күштердің есебінен тасымалдаенады. Оң зарядтар ток көзінің оң полюсінен теріс полюсіне, ал теріс зарядтар теріс полюсінен оң полюсіне орын ауыстырады.



149-сурет. Электр тізбегінің принциптік сұлбасы

Сонымен, тұрақты ток алу үшін қажетті шарт – ток көз бар тұйық өткізгіш тізбектің болуы. Тізбек құрамына ток көзі, токты тұтынушы, жалғазғыш сымдар, кілт және өлшеу аспаптары кіреді.

### II Электр энергиясы көзінің электр қозғаушы күші, ток көзінің ішкі кедергісі

Электр тізбегінде энергияның өзара түрленуі екі рет орындалады. Ток көзінде энергияның басқа түрлері электр энергиясына айналады. Сыртқы тізбекте электр энергиясы энергияның басқа түрлеріне,

мысалы, механикалық энергияға немесе жылу энергиясына айналады. Энергияның сақталу заңына сәйкес бөгде күштердің жұмысы тізбектің ішкі және сыртқы бөліктеріндегі кулондық күштердің жұмысына тең:

$$A_{б.к.} = A_r + A_R.$$

Тендеудің екі жағын да тұйық контур бойынша тасымалданған зарядқа бөліп, мына өрнекті аламыз:

$$\frac{A_{б.к.}}{q} = \frac{A_r}{q} + \frac{A_R}{q}$$

немесе

$$\mathcal{E} = U_r + U_R,$$

мұндағы  $\mathcal{E}$  – электр қозғаушы күш,  $U_r$  – тізбектің ішкі бөлігіндегі кернеудің түсуі,  $U_R$  – тізбектің сыртқы бөлігіндегі кернеудің түсуі.

**Электр қозғаушы күш – бірлік зарядты тасымалдауда бөгде күштердің атқаратын жұмысына тең физикалық шама.**

$$\mathcal{E} = \frac{A_{б.к.}}{q}.$$

$\mathcal{E}$  (ЭҚК) өлшем бірлігі – вольт,  $[\mathcal{E}] = 1 \text{ В}$ .

ЭҚК – ток көзінің энергетикалық сипаттамасы. Барлық ток көздерінде  $r$  ішкі кедергі болады.

### III ЭҚК және әртүрлі жұмыс тәртібіндегі ток көзінің кернеуі

#### 1. Бос жүріс тәртібі (режимі)

Бос жүріс тәртібінде ток көзінің ЭҚК-сын сыртқы тұйықталмаған тізбекте оған тікелей вольтметрді жалғау арқылы өлшейді (150-сурет). Тұйықталмаған тізбекте ток болмайды, демек, тізбектің сыртқы бөлігінде кернеу түсуі жоқ, ал ішкі бөлігінде ол өте аз:

$$U_R = 0, U_r = 0.$$

Вольтметр кедергісі шексіз үлкен, оны ток көзіне қосу ток көзі полюстерінің потенциалдар айырымына әсер етпейді. Вольтметрдегі кернеу ЭҚК-ға тең:

$$\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E}.$$

2. Жұмыс режимі. Жұмыс режимінде тұйықталған кілтте  $AB$  нүктелері арасындағы потенциалдар айырымы мынаған тең болады:

$$\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E} - U_r$$

немесе

$$\varphi_A - \varphi_B = U_R.$$

#### Жауабы қандай?

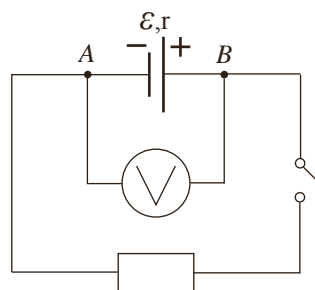
Неліктен  $A$  және  $B$  нүктелерінің (148-сурет) потенциалдар айырымын қалпына келтіру үшін бөгде күштердің жұмысы қажет болады?

#### Есте сақтаңдар!

Егер ток күшінің мәні мен бағыты өзгермесе, ток тұрақты болады.

#### Жауабы қандай?

1. Неліктен ток көзінде зарядтарды тарату кезінде атқарылатын жұмысты кулондық күштер есебінен орындау мүмкін емес?
2. Неліктен ток көзіндегі бөгде күштердің жұмысы тізбектің сыртқы және ішкі бөліктеріндегі кулондық күштердің жұмысының қосындысына тең?



150-сурет. Ток көзінің ЭҚК-сын өлшеу

#### Жауабы қандай?

Неліктен ток көзіне вольтметрді қосқанда ішкі кедергідегі кернеу өте аз болады?

вольтметр тізбектің сыртқы бөлігіндегі кернеуді көрсетеді. Тізбектің ішкі бөлігіндегі кернеудің түсуі электр күштерінің теріс жұмысы әсерінен болады.

3. *Қысқа тұйықталу режимі.* Егер жүктеме кедергісі өте аз болса, онда ток көзі қысқа тұйықталу режимінде жұмыс жасайды. Тізбектің ішкі бөлігіндегі кернеу ЭҚК-ға тең болады:

$$U_r = \varepsilon.$$

Ток күші бірден өсіп, максимал мәнге жетеді:

$$I_{к.м} = \frac{\varepsilon}{r}.$$

Қысқа тұйықталу және бос жүріс режимдері ток көзінің жұмыс істеуінің шекті режимдері болып табылады.

#### IV Электр тогы. Ток күші

Сыртқы электр өрісінің әсерінен өткізгіштегі еркін зарядтардың реттелген қозғалысы электр тогын тудырады.

Өткізгіштегі электр тогын сипаттау үшін *ток күші* деп аталатын физикалық шама енгізілді.

**Ток күші – бірлік уақыт ішінде өткізгіштің көлденең қимасы арқылы өтетін заряд мөлшеріне тең шама.**

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

#### V Тұрақты токтан айнымалы ток алу

Баламалы ток көздері – күн батареялары және жел генераторлары тұрақты ток тудырады. Артылған энергия аккумулятор батареяларында жинақталады. Айнымалы ток тізбегінде жұмыс жасауға арналған электр аспаптарын қосу үшін тұрақты токты айнымалы токқа айналдыратын түрлендіргіш – инвертор керек (*151-сурет*). Автокөліктің аккумулятор батареяларынан кернеуі 220 В айнымалы ток алуға мүмкіндік беретін инверторлар сұранысқа ие. Мұндай инверторларды Қазақстанда «Солнечный свет» ЖШС өндіреді.



#### Өз тәжірибең

- 150-суретте көрсетілгендей тізбек құрындар. Кілттің ашық және тұйықталған кездерінде вольтметрдің көрсеткіштерін жазып алындар. Неліктен кілт тұйықталған кезде вольтметрдің көрсеткіші төмендейді?
- Тізбекке резистор мен реостатты тізбектей жалғандар. Сырғытпаның орнын ауыстыра отырып, тізбектің сыртқы және ішкі бөліктеріндегі кернеудің бөлінуін зерттеңдер. Алынған нәтиже бойынша қорытынды жасаңдар.



*151-сурет. Инвертор – кернеуі 12 В тұрақты токты кернеуі 220 В айнымалы токқа түрлендіретін қуаты 400 В түрлендіргіш, Алматы қ.*



#### 1-тапсырма

Ток күшінің өлшем бірліктерін еселік және үлестік қосымшалар арқылы жазыңдар.



**Бақылау сұрақтары**

1. Электр тогы пайда болатын шарттарды көрсетіндер.
2. Қандай күштер ток көздерінде зарядтарды тарату жұмыстарын атқарады?
3. Ток көзінің ЭҚК-сын қалай өлшейді?
4. Ток көзі тізбек бөлігіндегі кернеудің түсуіне қалай әсер етеді?
5. Тізбектің ішкі және сыртқы бөліктеріндегі кернеудің таралуы олардың кедергілеріне қалай тәуелді?

**★ Жаттығу****20**

1. Қалта фонары шамының қыздыру қылы арқылы  $t = 2$  мин ішінде  $q_1 = 20$  Кл заряд өтеді. Қыздыру қылы арқылы  $q_2 = 60$  Кл заряд өтетін уақытты және ток күшін анықтаңдар.
2. ЭҚК-сы  $12$  В және ішкі кедергісі  $0,2$  Ом аккумулятор үшін қысқа тұйықталу кезіндегі ток күшін анықтаңдар.

**Эксперименттік тапсырма**

Мыс сымды, металл қағаз қыстырғышты (скрепка) және мультиметрді қолданып, аталған жемістер мен көкөністердің қайсысы гальвани элементі ретінде жұмыс жасай алатынын анықтаңдар: банан, картоп, алмұрт, қызанақ, қияр, пияз, алма. Жемістердің қайсысы электродтар арасында үлкен кернеудің пайда болуына әсер ете алады?

**Шығармашылық тапсырма**

Отандық тұрақты ток көздері нарығын зерттеңдер: ток көздерінің түрлері және осы өнімді шығаратын фирмаларды анықтаңдар. Зерттеулер нәтижесі бойынша хабарлама дайындаңдар.

## § 22. Толық тізбек үшін Ом заңы

### Күтілетін нәтиже

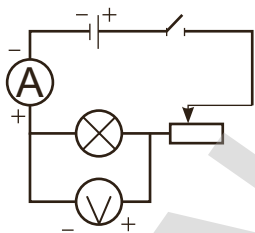
Осы параграфты игергенде:

- толық тізбек үшін Ом заңын қолдана аласыңдар және қысқа тұйықталудың салдарын түсінесіңдер.



### Өз тәжірибең

Бір-бірімен тізбектей жалғанған тұрақты ток көзі, кілт, қалта фонарының шамы, реостат және амперметрден тұратын тізбек жинаңдар. Шамға вольтметрді қосыңдар (152-сурет). Реостаттағы сырғытпаның орнын ауыстыра отырып, шамның жарқырауын және өлшеуіш аспаптардың көрсеткіштерін бақылаңдар. Бақыланған құбылысты тізбек бөлігі үшін Ом заңы негізінде түсіндіріңдер.



152-сурет. Тәжірибе тапсырмасы

### I Тізбек бөлігі үшін Ом заңы

Тек активті кедергіден тұратын тізбек бөлігі үшін Ом заңы сендерге 8-сыныптан белгілі (152-сурет).

Ток күші тізбек бөлігінің ұштарындағы потенциалдар айырымына тура пропорционал және осы бөліктегі кедергіге кері пропорционал:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}. \quad (1)$$

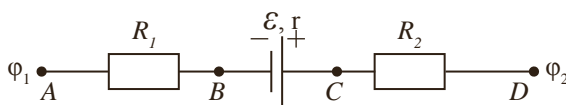
Ток тізбек бөлігімен потенциалы жоғары нүктеден потенциалы төмен нүктеге қарай ағады. Егер  $\varphi_1 > \varphi_2$  болса, 153-суреттегі ток солдан оңға қарай ағады.



153-сурет. Тізбектің активті кедергіден тұратын бөлігі

### II Ток көзі бар тізбек бөлігі үшін Ом заңы

Құрамында электр қозғаушы күші  $\mathcal{E}$  және ішкі кедергісі  $r$  ток көзі бар тізбек бөлігін қарастырайық (154-сурет). Көрсетілген тізбек бөлігінде потенциалдың түсуі  $R_1$ ,  $R_2$  кедергілерінде және ток көзінің  $r$  ішкі кедергісінде болса, потенциалдың өсуі ток көзінің полюстарында болады. Ұқсас құбылысты өзен бойына бөгет салынған кезде байқаймыз: өзеннің барлық бөліктерінде су деңгейі төмендейді, ал бөгетте көтеріледі.



154-сурет. Құрамында ток көзі бар тізбек бөлігі



### Жауабы қандай?

1. Қарапайым тізбек бөлігі құрамына не кіреді?
2. Ток көзі бар тізбек бөлігі қандай түрде болады?
3. Қандай тізбекті толық тізбек деп атайды?
4. Тізбек бөлігі үшін және толық тізбек үшін Ом заңының ұқсастықтары мен айырмашылықтары неде? Венн диаграммасын құрастырыңдар.

Тізбек бөлігінің ұштарындағы потенциалдар айырымы әрбір бөліктегі потенциалдың түсуі мен ток көзіндегі потенциалдардың артуының қосындыларының айырмасына тең:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = (U_1 + U_r + U_2) - \varepsilon$$

немесе

$$\varphi_1 - \varphi_2 = (IR_1 + Ir + IR_2) - \varepsilon. \quad (2)$$

Алынған теңдеуден ток күшін өрнектейміз:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon}{(R_1 + R_2) + r}. \quad (3)$$

Жалпы жағдайда (3) өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$I = \frac{U + \varepsilon}{R + r}, \quad (4)$$

мұндағы  $R$  – тізбек бөлігінің жалпы кедергісі,  $r$  – тізбек бөлігіндегі ток көзінің ішкі кедергісі,  $U = \varphi_1 - \varphi_2$  – тізбек ұштарындағы потенциалдар айырымы,  $\varepsilon$  – берілген бөліктегі ток көзінің ЭҚК-сы.

Алынған формула ток көзі бар тізбек бөлігі үшін Ом заңын өрнектейді.

### III Толық тізбек үшін Ом заңы

154-суретте көрсетілген тізбек бөлігінің ұштарын қоссақ, тұйықталған тізбек аламыз (155-сурет). А және D нүктелерінің потенциалдары тең болады  $U = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$ , онда (4) формула мына түрге келеді:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (5)$$

Алынған өрнек толық тізбек үшін Ом заңы деп аталады.

**Тізбектегі ток күші ток көзінің ЭҚК-сына тура пропорционал, сыртқы және ішкі кедергілерінің қосындысына кері пропорционал.**

### IV Толық тізбек үшін Ом заңының салдары

(5) өрнектен мынаны аламыз:

$$\varepsilon = IR + Ir$$

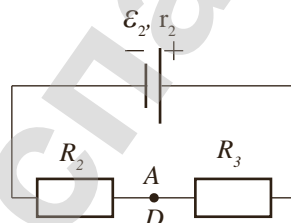
немесе

$$\varepsilon = U_R + U_r. \quad (6)$$

ЭҚК – зарядтардың орын ауыстыруы кезінде бөгде күштердің атқаратын жұмысы болғандықтан, (6) теңдеуден шығатыны – бөгде күштер тізбектің ішкі бөлігінде де, сыртқы бөлігінде де жұмыс жасайды (§ 21).

#### Естеріңізге түсіріңдер!

Екі нүктенің потенциалдар айырымы – осы екі нүкте арасындағы тізбек бөлігінің кернеуі.



155-сурет. Тұйықталған толық тізбек

#### Тапсырма

Толық тізбек үшін Ом заңынан (5) ЭҚК, сыртқы тізбектің кедергісін және ток көзінің ішкі кедергісін есептеу формулаларын қорытып шығарыңдар.

#### Естеріңізге түсіріңдер!

Бөлінгішті табу үшін бөліндіні бөлгішке көбейту керек.

Бөлгіш бөлінгіштің бөліндіге қатынасына тең.

Белгісіз қосылғышты табу үшін қосындыдан белгілі қосылғышты азайту керек.

#### Есте сақтаңдар!

$$1 A = \frac{1 B}{1 \Omega}$$

Ішкі кедергінің аз мәнінде  $r \rightarrow 0$  ток көзінің барлық энергиясы тізбектің сыртқы бөлігінде жұмсалады  $\mathcal{E} = U$ . Ішкі кедергінің аз мәндерінде және жүктеме болмаған кезде  $R = 0$ , тұйықталған тізбектегі ток күшінің мәні артады, қысқа тұйықталу болады. Тізбектегі ток күші максимал мәнге ие болады:

$$I_{q.m} = \frac{\mathcal{E}}{r}, \quad (7)$$

бұл ток көзінің, жалғағыш сымдардың қатты қызуына және өткізгіш сымдардың жанып кетуіне әкеліп соғады.

### ? Жауабы қандай?

1. Тізбек бөлігіне қосылған ток көзі ондағы ток күшіне қалай әсер етеді?
2. Неліктен А және D нүктелерін жалғағанда олардың потенциалдары тең болады?
3. Қандай жағдайда тізбекте қысқа тұйықталу болады?
4. Неліктен қысқа тұйықталу құбылысы қауіпті деп саналады?

### ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Плеерді қосқанда ток көзінің қыстырғыштарындағы кернеудің мәні 2,8 В. Элемент батареяларының ЭҚК-сы 3 В, ішкі кедергісі 1 Ом. Тізбектегі ток күшін анықтандар.

#### Берілгені:

$$U = 2,8 \text{ Ом}$$

$$\mathcal{E} = 3 \text{ В}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$I = ?$$

#### Шешуі:

Плеердің кедергісін тізбек бөлігі және толық тізбек үшін Ом заңын қолдана отырып анықтаймыз:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулердің оң жақ бөліктерін теңестіріп, пропорция қасиетін қолданып, кедергіні есептеу формуласын өрнектейміз:

$$\frac{U}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (3)$$

$$UR + Ur = \mathcal{E}R,$$

бұдан

$$R = \frac{Ur}{\mathcal{E} - U}. \quad (4)$$

(4) формуланы (1) формулаға қойып, есептеу формуласын аламыз:

$$I = \frac{\mathcal{E} - U}{r}.$$

Ток күшінің мәнін есептейміз:

$$I = \frac{3 \text{ В} - 2,8 \text{ В}}{1 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А}.$$

**Жауабы:**  $I = 0,2 \text{ А}$ .

## Бақылау сұрақтары

1. Қарапайым тізбек бөлігі үшін және ток көзі бар тізбек бөлігі үшін Ом заңын тұжырымдаңдар.
2. Толық тізбек үшін Ом заңын тұжырымдаңдар.
3. Қандай токты қысқа тұйықталу тогы деп атайды?
4. Ток көзінің ішкі кедергісінің мәні аз тізбектің қысқа тұйықталуының салдары қандай?

## ★ Жаттығу

21

1. Батареяның ЭҚК-сы  $\mathcal{E} = 4,5$  В, ішкі кедергісі  $r = 2$  Ом. Батарея кедергісі  $R = 7$  Ом резисторда тұйықталған. Тізбектегі ток күшін және батарея қысқырғыштарындағы кернеуді анықтаңдар.
2. ЭҚК-сы  $\mathcal{E} = 1,1$  В ток көзіне қосылған кедергісі  $R = 2$  Ом өткізгіштегі ток күші  $I = 0,5$  А. Ток көзінің қысқа тұйықталуы кезіндегі ток күшін анықтаңдар.
3. Ток көзі бар және кедергісі  $R_1 = 4$  Ом тізбектегі ток күші  $I_1 = 0,2$  А. Егер сыртқы кедергі  $R_2 = 7$  Ом болса, онда тізбектегі ток күші  $I_2 = 0,14$  А. Егер ток көзін қысқа тұйықтасақ, тізбектегі ток күшінің мәні қаншаға тең болады?
4. Ток күші  $I_1 = 1,5$  А болғанда тізбек бөлігіндегі кернеу  $U_1 = 20$  В, ал ток күші  $I_2 = 0,5$  А болғанда, сол бөліктегі кернеу  $U_2 = 8$  В болды. Тізбектің осы бөлігінде әсер ететін ЭҚК-ні анықтаңдар.

## Шығармышылық тапсырма

1. Тұрмыстық электр құралдарын қолдануда қауіпсіздік техникасын сақтау ережелерін құрастырыңдар.
2. Орындалған жұмыс бойынша презентация дайындаңдар.

## § 23. Электр тогының жұмысы мен қуаты

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- тұрмыста қолданылатын электр құралдарының қуатын және жұмыс құнын есептей аласыңдар.



### Естеріңе түсіріңдер!

Жұмыс – энергияның бір түрден екінші бір түрге айналуының өлшемі.



156-сурет. Қазақстанда жасалған электресеппеуіш, Ақтөбе қ.

### I Тізбектегі тұрақты токтың жұмысы

Токтың жұмысы зарядтардың электр өрісі күштерінің әсерінен өткізгіш бойымен бағытталған қозғалысына негізделген.

**Ток жұмысы – электр өрісі тасымалдаған зарядтың берілген өткізгіш бөлігіндегі кернеуге көбейтіндісіне тең физикалық шама.**

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU. \quad (1)$$

Қандай да бір уақыт аралығында тасымалданған заряд мөлшері ток күшіне тәуелді:

$$q = It.$$

Осы қатынасты пайдалана отырып, (1) теңдіктен төмендегі өрнекті аламыз:

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

Тізбек бөлігі үшін Ом заңы негізінде (2) формуланы мына түрде жазуға болады:

$$A = I^2 R t \quad (3)$$

немесе

$$A = \frac{U^2}{R} t. \quad (4)$$

(3) қатынас өткізгіштерді тізбектей жалғанған кезде, (4) қатынас өткізгіштерді параллель жалғанған кезде ток жұмысын есептеуге ыңғайлы.

### II Ток жұмысын өлшеу

Ток жұмысын үш өлшеуіш аспапты – вольтметр, амперметр және сағатты пайдаланып, өлшеуге болады.

Әдетте ток жұмысын өлшеу үшін электр энергиясының есептеуіш аспабы (156-сурет) қолданылады, ол жұмыстың жүйеден тыс өлшем бірлігі 1кВт · сағ-пен есептеуге негізделген.

Электр энергиясының құнын тарифтің белгілі мәні бойынша мына формуламен есептейді:

$$Құны = T \cdot A,$$

мұндағы  $Құны$  – электр энергиясының құны,  $T$  – тариф – 1 кВт · сағ энергия құны.

Қазақстанның әр облысында тариф әртүрлі, ол электрстансының түріне және одан жергілікті жердің қашықтығына байланысты. Электр энергиясын үнемдеу мақсатында деңгейлік тариф енгізілген, мысалы, кей аймақтарда 1 адамға 100 кВт · сағ-тан асқан жағдайда төлем 2-деңгейлік тариф бойынша жүргізіледі.

7-кесте.

2018 жылғы электр энергиясының тарифы, $\frac{\text{теңге}}{\text{кВт} \cdot \text{сағ}}$			
Қала	1-деңгей	2-деңгей	3-деңгей
Қостанай	17,60	21,95	27,44
Алматы	16,65	21,99	27,48
Талдықорған	16,45	19,86	24,82
Көкшетау	15,46	19,33	24,16
Тараз	14,41	17,94	22,43
Шымкент	14,49	18,88	23,61
Петропавл	12,09	16,30	20,37
Орал	10,46	13,23	16,53
Павлодар	10,69	13,72	17,15
Астана	9,61	15,59	19,49
Ақтөбе	9,79	12,42	15,52
Қарағанды	10,12	13,37	16,72
Өскемен	10,19	13,97	17,46
Атырау	5,67	7,13	8,93
Ақтау	19,42	-	-

### III Токтың қуаты

Ток қуаты – зарядтың орын ауыстыруы кезіндегі жұмыстың орындалу шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама:

$$P = \frac{A}{t} \quad (5)$$

(2), (3) және (4) формулаларды (5) формулаға қойып, тұйықталған тізбектің сыртқы бөлігіндегі ток қуатын есептейтін формуланы аламыз:

$$P = UI, \quad P = \frac{U^2}{R}, \quad P = I^2R. \quad (6)$$

Толық тізбек үшін электр тогының қуаты мынаған тең:

$$P = \frac{\mathcal{E}^2}{(R + r)^2} \cdot R. \quad (7)$$

Ток қуатын амперметр мен вольтметрдің немесе ваттметрдің көмегімен анықтайды. «Медсервис» компаниясының заманауи құралы электр тізбегін сипаттайтын алты өлшемді – ток күшін, кернеуді, қуатты,

#### 1-тапсырма

1. Электр тізбегіндегі энергияның екі рет түрленуіне мысал келтіріңдер.
2. Электр энергиясы механикалық және жылулық энергияға айналатын тұрмыстық және өндірістік аспаптарды атаңдар.

#### Естеріңізге түсіріңдер!

Электр тогы жұмысының өлшем бірлігі – джоуль:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}.$$

Электр тогы жұмысының жүйеден тыс өлшем бірлігінің джоульмен байланысы:

$$1 \text{ Вт} \cdot \text{с} = 1 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ Вт} \cdot \text{сағ} = 3600 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} = 3600000 \text{ Дж} = 3,6 \text{ МДж}.$$

#### Естеріңізге түсіріңдер!

Қуаттың өлшем бірлігі:

$$[P] = 1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В}.$$

#### 2-тапсырма

7-кестеге қараңдар. Аймақтарында электр энергиясына төлем қандай тариф бойынша жүзеге асатынын анықтаңдар. Неліктен энергияны көп жұмсаған сайын бағасы да артады?

#### Есте сақтаңдар!

Жоғары қуатты аспаптардың кедергісі аз болады.

қуат коэффициентін, желідегі ток жиілігін, жылдық қуатын өлшеуге мүмкіндік береді (157-сурет).

#### IV Ток көзінің жұмысы мен қуаты

Тізбектегі толық жұмыс – бөгде күштердің жұмысы, ол мынаған тең:

$$A_{\text{б.к}} = q\varepsilon$$

немесе

$$A_{\text{б.к}} = I\varepsilon t.$$

Толық тізбек үшін Ом заңын  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$  ескере отырып, келесі өрнекті аламыз:

$$A_{\text{б.к}} = \frac{\varepsilon^2}{R+r} \cdot t$$

немесе

$$A_{\text{б.к}} = I^2(R+r)t.$$

Тізбектің толық қуатын мына формулалар бойынша анықтауға болады:

$$P_{\text{тол}} = \frac{A_{\text{б.к}}}{t},$$

$$P_{\text{тол}} = I\varepsilon,$$

$$P_{\text{тол}} = \frac{\varepsilon^2}{R+r},$$

$$P_{\text{тол}} = I^2(R+r).$$

#### V Ток көзінің ПӘК-і

Пайдалы әсер коэффициенті – пайдалы жұмыстың толық жұмысқа қатынасы. Электр тізбегі үшін пайдалы жұмыс – электр өрісінің жұмысы, толық жұмыс – бөгде күштердің жұмысы, сонда мына қатынас орындалады:

$$\eta = \frac{A}{A_{\text{б.к}}} = \frac{UI t}{\varepsilon I t} = \frac{P}{P_{\text{тол}}} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{IR}{I(R+r)} = \frac{R}{R+r}.$$

Пайдалы әсер коэффициентін есептеуді төменде көрсетілген формулалардың кез келгенімен жүргізуге болады:

$$\eta = \frac{A}{A_{\text{б.к}}}, \quad \eta = \frac{P}{P_{\text{тол}}}, \quad \eta = \frac{U}{\varepsilon}, \quad \eta = \frac{R}{R+r}.$$



157-сурет. Қазақстанда жасалған ваттметр, Алматы қ.



#### 3-тапсырма

Электр көзінің жұмысы мен қуатын есептеу формулаларын бөгде күштердің жұмысы мен қуатын есептейтін формулалармен салыстырыңдар. Формулалардың айырмашылығы неде?



#### Жауабы қандай?

1. Ток көзінің ПӘК-і неліктен 100%-тен артық болмайды?
2. Неліктен электротехникада ток көзінің ішкі кедергісін сыртқы тізбекпен салыстырғанда азайтуға тырысады?

#### Бақылау сұрақтары

1. Толық тізбекте энергияның қандай түрленулері жүреді?
2. Электр тогының жұмысы мен қуаты қалай анықталады?



3. Токтың жұмысы мен қуатын қандай аспаптармен өлшейді?
4. Тізбектегі толық жұмыс неге тең?
5. Электр энергиясының құнын қалай анықтайды?
6. Электр тізбегінің ПӘК-і қалай анықталады?

### ★ Жаттығу

22

1. Егер кернеу  $U = 220$  В, ал ток күші  $I = 8$  А болса, көлемі  $V = 1$  л, бастапқы температурасы  $t_1 = 20$  °С суды қанша уақыт аралығында қайнау температурасына жеткізуге болады?
2. Қуаты 1200 Вт электр пеші арқылы өтетін ток күшін анықтаңдар.
3. Саны 4 адамнан тұратын отбасы Қостанай қаласында 700 кВт/сағ электр энергиясын тұтынған болса, олар қанша төлем жасайды? Төлемді тура осы жағдайдағы Ақтөбеде тұратын отбасының төлемімен салыстырыңдар.
4. Ішкі кедергісі оған қосылған электр аспабының кедергісінен 4 есе аз ток көзінің пайдалы эсер коэффициентін анықтаңдар.

### Эксперименттік тапсырма

Үйлеріндегі жарық шамдарының маркировкалары және тұрмыстық аспаптардың паспорты бойынша отбасыларыңның бір ай ішінде тұтынатын электр энергиясын есептеңдер. Әрбір аспап жұмысының энергия шығынын салыстырыңдар. Құнын анықтап, соңғы айлардағы төлемдермен салыстырыңдар. Отбасыларыңдағы электр энергиясының шығынын қалай үнемдеуге болатынына талдау жасаңдар.

### Шығармашылық тапсырма

1. «Тұрмыстық электр аспаптары: ескіден жаңаға» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.
2. Тұрмыстық электр аспаптарын қолданудағы қауіпсіздік техникасы ережелерін құрастырыңдар.
3. Интернет желісі материалдарын пайдалана отырып, XXI ғасыр бойынша еліміздегі электр энергиясын тұтыну диаграммасын құрастырыңдар. Осы жылдардағы электр энергиясын тұтынумен салыстырыңдар.

## 11-тараудың қорытындысы

Электр тізбегін сипаттайтын шамалар	Ом заңы	Қысқа тұйықталудың ток күші
<p>Ток күші <math>I = \frac{\Delta q}{\Delta t}</math></p> <p>Кернеу <math>U = \frac{A}{q}</math></p> <p>Электр қозғаушы күш <math>\varepsilon = \frac{A_{б.к}}{q}</math></p>	<p>Тізбек бөлігі үшін <math>I = \frac{U}{R}</math></p> <p>Толық тізбек үшін <math>I = \frac{\varepsilon}{R+r}</math></p>	<p><math>I_{к.м} = \frac{\varepsilon}{r}</math></p> <p><math>R = 0</math></p>
Бөгде күштердің және ток күшінің жұмысы	Ток қуаты	ПӘК
<p>Токтың жұмысы</p> <p><math>A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU</math></p> <p><math>A = UI t</math></p> <p><math>A = I^2 R t</math></p> <p><math>A = \frac{U^2}{R} t</math></p> <p>Бөгде күштердің жұмысы</p> <p><math>A_{б.к} = q\varepsilon</math></p> <p><math>A_{с.к} = I\varepsilon t</math></p>	<p>Токтың қуаты</p> <p><math>P = \frac{A}{t}, P = UI</math></p> <p><math>P = \frac{U^2}{R}, P = I^2 R</math></p> <p><math>P = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} \cdot R</math></p> <p>Тізбектің толық қуаты</p> <p><math>P_{тол} = \frac{A_{б.к.}}{t}, P_{тол} = I\varepsilon</math></p> <p><math>P_{тол} = \frac{\varepsilon^2}{R+r}, P_{тол} = I^2(R+r)</math></p>	<p><math>\eta = \frac{A}{A_{б.к}}</math></p> <p><math>\eta = \frac{P}{P_{тол}}</math></p> <p><math>\eta = \frac{U}{\varepsilon}</math></p> <p><math>\eta = \frac{R}{R+r}</math></p>

### Ережелер, заңдар

#### Тізбек бөлігі үшін Ом заңы

Ток күші тізбек бөлігінің ұштарындағы потенциалдар айырымына тура пропорционал және кедергіге кері пропорционал.

#### Толық тізбек үшін Ом заңы

Тізбектегі ток күші ток көзінің ЭҚК-сына тура пропорционал, сыртқы және ішкі кедергілерінің қосындысына кері пропорционал.

### Глоссарий

**Ток жұмысы** – электр өрісі тасымалдаған зарядтың берілген өткізгіш бөлігіндегі кернеуге көбейтіндісіне тең физикалық шама.

**Ток қуаты** – зарядтың орын ауыстыруы кезіндегі жұмыстың орындалу шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама.

**Ток күші** – бірлік уақыт ішінде өткізгіштің көлденең қимасы арқылы өтетін заряд мөлшеріне тең шама.

**Электр қозғаушы күш** – бірлік зарядты тасымалдауда бөгде күштердің атқаратын жұмысына тең физикалық шама.

# ӘРТҮРЛІ ОРТАДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОГЫ

Электр тогының пайда болуының шарттарының бірі – электр өрісі әсерінен қозғалатын еркін зарядтардың болуы. Белгілі бір шарттарда электр тогы түрлі заттардан өте алады. Осы тарауда әртүрлі ортада электр зарядын қандай бөлшектер тасымалдайтынын, электр тогын сипаттайтын шамалар қандай заңдармен байланысатынын анықтаймыз.

## Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- әртүрлі ортада электр тогының пайда болу қағидаларын салыстыра аласыңдар;
- электролиттерде токтың пайда болу шарттарын тәжірибе түрінде анықтай аласыңдар;
- жартылай өткізгіш құралдардың қолданылуына мысалдар келтіре аласыңдар;
- асқынөткізгіштік құбылысын және оның практикада қолданылуын сипаттай аласыңдар.

## § 24. Металдардағы, жартылай өткізгіштердегі, электролиттердегі, газдар мен вакуумдағы электр тогы

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- әртүрлі орталарда электр тогының пайда болу қағидаларын салыстыра аласыңдар.



### Жауабы қандай?

1. Неліктен электротехникалық аспаптар жасауда металдар қолданылады?
2. Найзағай дегеніміз не?
3. Вакуумда ток бола ма? Ол нені білдіреді?

### I Металдардағы заряд тасымалдаушыларды тәжірибе жүзінде анықтау

Металдарда электр тогы электрондардың қозғалысы екенін америкалық ғалымдар Р.Толмен мен Т.Стюарт дәлелдеді. Олар 1913 жылы ресейлік ғалымдар С.Л.Мандельштам мен Н.Д.Папалекси жүргізген тәжірибелерді жетілдіріп, 1916 жылы ток тасымалдаушылардың меншікті зарядын анықтады. Тәжірибе ұштары гальванометрге сырғымалы контактпен тұйықталған айналмалы соленоидты шұғыл тоқтатуға негізделген (158-сурет). Соленоид тежелген кезде де, гальванометр ток импульсін тіркеп тұрды. Орама ұзындығы 500 м және сызықтық айналу жылдамдығы 500 м/с болғанда, ток тасымалдаушылардың меншікті заряды:

$$\frac{q}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{Кл}{кг} \text{ екенін}$$

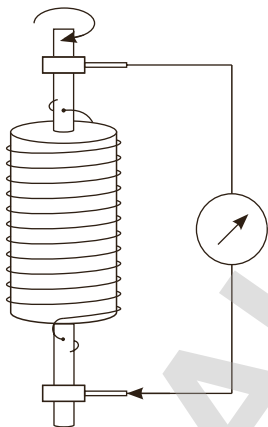
жоғары дәлдікпен анықтау мүмкін болды, бұл шама электрондарға сәйкес келеді.

### II Жартылай өткізгіштер. Жартылай өткізгіштердегі заряд тасымалдаушылар. Меншікті өткізгіштік

*Жартылай өткізгіштер* – өткізгіштігі бойынша өткізгіштер мен диэлектриктер арасындағы аралық орынға ие болатын заттар. Өткізгіштерден айырмашылығы – жартылай өткізгіштердің өткізгіштігі қоспалардың концентрациясына, температураға және әртүрлі сәулелену түрлерінің әсеріне тәуелді болуы. Жартылай өткізгіштердің қарапайым түрлеріне германий, селен, кремний жатады.

Бөлме температурасында жартылай өткізгіштегі *еркін электрондар* саны көп емес. Жартылай өткізгіштердегі электрондар қозғалысы олардың металдағы электрондар қозғалысына ұқсас – электр өрісі болмаған жағдайда қозғалыс бейберекет болады, сыртқы өріс бар болған жағдайда бейберекет қозғалыспен қатар бағытталған қозғалыс та пайда болады. Еркін электрондардың өткізгіштігін *электрлі өткізгіштік* немесе *n-типті (negativ – теріс) өткізгіштік* деп атайды.

Реттелген қозғалыста еркін электрондардан бөлек *байланысқан электрондар* да болады. Германий атомдары арасындағы электронды байланыстың



158-сурет. Р.Толмен мен Т.Стюарттың тәжірибесінің принциптік сұлбасы



### Жауабы қандай?

К.Рикке тәжірибесінде қандай бөлшектер заряд тасымалдаған?

жазықтық сұлбасын қарастырайық (159-сурет). Суретте атомдардың электронды байланысы сызықтармен белгіленген. Германий атомы ядросының маңайында әрқайсысы көрші атомдардың электрондарымен жұптық байланыс орнататын төрт сыртқы электрон бар. Егер электрон еркін болатын болса, онда бұл бұрынғы байланыс аймағында электрон зарядына тең оң зарядтың пайда болуына алып келеді, оны *кемтік* деп атайды. Үзілген байланыс көрші байланыс сызығынан электрон ауысуымен қайта қалпына келуі мүмкін, бұл кезде басқа атомдардың байланыс сызығында кемтік пайда болады. Электр өрісі болған жағдайда кемтіктердің қозғалысы бағытталған және электрондар қозғалысына қарама-қарсы бағытта болады. Кемтіктердің орын ауыстыруы негізінде пайда болған өткізгіштік *p-типті (positive – оң) кемтікті өткізгіштік* деп аталады. *Осылайша, жартылай өткізгіштерде заряд тасымалдаушылар еркін электрондар және кемтіктер болып табылады.*

**Электронды–кемтікті өткізгіштік таза жартылай өткізгіштердің меншікті өткізгіші деп аталады.**

**Назар аударыңдар!**

Меншікті өткізгіштікте еркін электрондар саны мен кемтіктер саны бірдей.

**III Жартылай өткізгіштердің қоспалы өткізгіші**

Жартылай өткізгіштер құрамында қоспаның болуы олардың өткізгіштігіне әсер етеді. Егер қоспа Менделеев кестесінің V, VI немесе VII тобына жататын болса, онда жартылай өткізгішті еркін электрондармен байытады. Мұндай қоспаларды *донорлық қоспа деп*, ал жартылай өткізгіштерді *электронды* немесе *n-типті* деп атайды. Германий және бес валентті күшала (мышьяк) атомдарының электронды байланысының сұлбасын қарастырайық (160-сурет). Күшала атомының төрт электроны германий атомы электрондарымен байланысады, ал бесіншісі бос қалады.

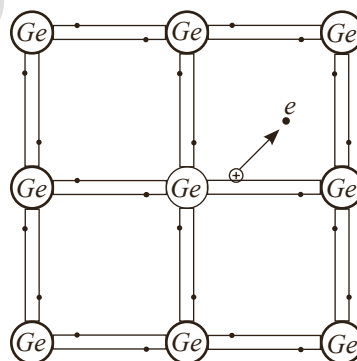
*n-типті жартылай өткізгіштер электронды өткізгіштікке ие.* Электрондардың босауы атомаралық

**8-кесте. Заттардың меншікті кедергісі**

Зат	Меншікті кедергі
Өткізгіш	$10^{-7}$ Ом · м
Жартылай өткізгіш	$10^{-5}$ Ом · м-ден $10^8$ Ом · м-ге дейін
Диэлектрик	$10^8$ Ом · м

**Назар аударыңдар!**

Еркін электрондардың концентрациясы шамамен  $10^{28} - 10^{29} \text{ м}^{-3}$ , атмосферадағы ауа молекулаларының концентрациясы шамамен  $10^{25} \text{ м}^{-3}$ .



**159-сурет. Жартылай өткізгіштердегі заряд тасымалдаушылар – еркін электрондар және кемтіктер.**

**Жауабы қандай?**

1. Неліктен бөлме температурасында жартылай өткізгіштердің өткізгіші аз болады?
2. Неліктен қоршаған ортаның температурасы мен жарықтандырылуын арттырғанда жартылай өткізгіштердің өткізгіші артады?

байланысты үзбейді, кемтік пайда болмайды, байланысқан электрондар бағытталған қозғалыс тудырмайды. Төменгі температураларда және әлсіз жарықтандыруда қоспалы өткізгіштік меншікті өткізгіштіктен ондаған және жүздеген мың есе артық болады.

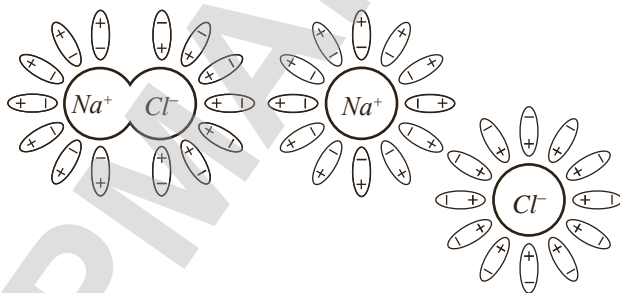
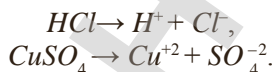
Кемтікті өткізгіштік Менделеев кестесіндегі I, II, III топтағы зат қоспалары бар жартылай өткізгіштерде басым болады. Бұл топтағы элементтердің валентті электрондар саны жартылай өткізгіштерге қарағанда аз болғандықтан, жұптық электронды байланыс құрағанда кемтік пайда болады. Бұндай қоспаларды *акцепторлы*, ал жартылай өткізгіштерді *кемтікті* немесе *p-типті* деп атайды. 161-суретте германий атомдарының үш валентті индий атомдарымен байланысының сұлбасы бейнеленген.

*Қоспалы өткізгіштік – акцепторлы немесе донорлық қоспалы жартылай өткізгіштердің өткізгіштігі.*

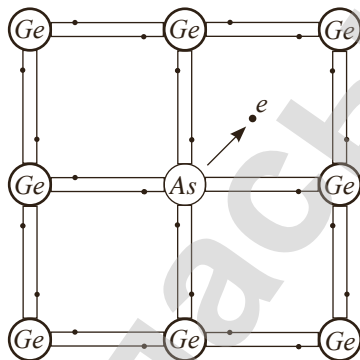
#### IV Электролиттегі заряд тасымалдаушылар

Электролиттер мен су молекулалары құрылымы жағынан полярлы болып келеді. Қышқылдардың, сілтілердің және тұздардың молекулалары иондарының байланысы су молекуласы айналасында әлсірейді, молекулалар иондарға ыдырайды, электролиттік диссоциация жүзеге асады (162-сурет).

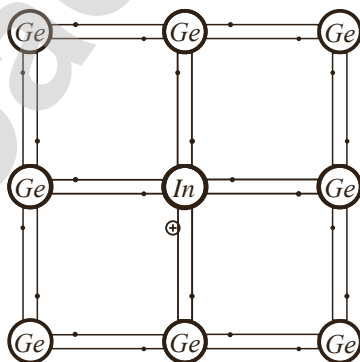
**Электролиттік диссоциация – еріткіш әсерінен молекулалардың иондарға ыдырауы.**



162-сурет. Электролиттік диссоциация



160-сурет. n-типті жартылай өткізгіш



161-сурет. p-типті жартылай өткізгіш



**Жауабы қандай?**

Непiктен жартылай өткізгіштер электронды өткізгіштігі басым болса, n-типті, ал қоспалы өткізгіштігі басым болса, p-типті деп аталады?

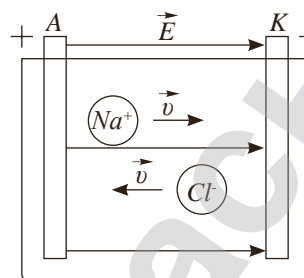


**Естерiңе түсiрiңдер!**

Электролиттер – судағы ерітінділері және балқытпалары өткізгіш болатын заттар.

Электролиттердегі иондар бейберекет қозғалыста болады. Анод пен катод арасында пайда болған электр өрісі әсерінен электролитте иондардың бағытталған қозғалысы, яғни электр тогы пайда болады (163-сурет). Электролиттердегі электр тогы – жылдамдығы аса жоғары емес оң және теріс иондардың бағытталған қозғалысы. Сутектің ең жылдам иондары өріс кернеулігі 100 В/м болғанда, 0,0325 мм/с жылдамдықпен қозғалады.

Ерітіндідегі диссоциациямен қатар оң иондар теріс иондармен соқтығысқанда, кері процесс – молекуланың қалпына келуі жүреді, оны *рекомбинация* деп атаймыз.



163-сурет. Сыртқы өріс қозғалысы әсерінен болған зарядталған бөлшектердің бағытталған қозғалысы

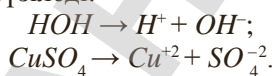
**Рекомбинация – иондардың бейтарап молекулаға бірігу процесі.**

## V Электролиз

Электролит арқылы ток өткенде қышқылды қалпына келтіру реакциясы нәтижесінде таза зат түзіледі, бұл процесті *электролиз* деп атайды.

**Электролиз – электролит арқылы ток өткенде электродтарда таза заттың бөліну құбылысы.**

Егер суда тотияйынды  $\text{CuSO}_4$  ерітсек, онда ерітіндіде сутек  $\text{H}^+$ , гидроксид  $\text{OH}^-$ , мыс  $\text{Cu}^{+2}$  және сульфат  $\text{SO}_4^{-2}$  иондары түзіледі:



Гидроксид иондары анодта оттектен түзеді, катодтағы сутек иондары бейтарап сутегіне айналады, ал мыс иондары бейтараптанып, катодқа тұнады (164-сурет). Катод таза металл қабатымен қапталады. Гальваностегия өнімдерді антикоррозиялық немесе декоративті жабындармен қаптау үшін қолданылады (165-сурет). 166-суретте өнімді мыспен қаптау үшін қолданылатын гальваникалық ванналар көрсетілген.



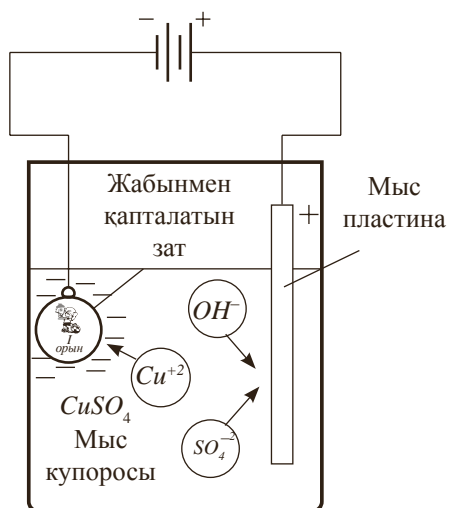
### 1-тапсырма

Дәптерлеріңе натрий гидроксиді  $\text{NaOH}$  диссоциациясы кезінде пайда болған иондарды жазып, олардың валенттілігін көрсетіңдер.



### Есте сақтаңдар!

Электролиттерде заряд тасымалдаушылар оң және теріс иондар болып табылады.



164-сурет. Гальваностегия – өнімді металл қабатымен қаптау



165-сурет. Отандық өнім – алтын жала-тылған кәдесый, «Алтын адам», Алматы қ.



166-сурет. Өнімді мыспен қаптауға арналған ванналар

## VI Электролиз заңдары

М.Фарадей 1834 жылы токтың тұрақты мәнінде бір мезгілде катодта химиялық элементтердің бірдей массалары бөлінетінін байқады. Фарадей заңының электрохимиялық эквиваленті түсінігін енгізді:

$$k = \frac{m}{q} \quad (1)$$



**Электрохимиялық эквивалент – электролит арқылы бірлік заряд өткенде электродта заттың қандай массасы бөлінетінін көрсететін физикалық шама.**

ХБЖ бойынша электрохимиялық эквиваленттің өлшем бірлігі:

$$[k] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$$

Фарадей өзінің ашқан жаңалықтарын заңдар түрінде тұжырымдады. Фарадейдің бірінші заңы:

**Электролиз кезінде бөлінген зат массасы ерітінді арқылы өтетін зарядқа тура пропорционал.**

$$m = kq. \quad (2)$$

$q = It$  зарядтың ток күшімен байланыс формуласын ескеретін болсақ, Фарадейдің бірінші заңы мына түрге келеді:

$$m = kIt. \quad (3)$$

Фарадейдің екінші заңы заттардың электрохимиялық және химиялық эквиваленттерінің арасында байланыс орнатады. Оны Фарадей тәжірибе барысында тұжырымдады:

$$k = \frac{M}{N_A |e| n}. \quad (4)$$

(4) өрнектегі  $\frac{M}{n}$  қатынасы заттың химиялық эквиваленті,  $M$  – заттың мольдік массасы,  $n$  – ионның валенттілігі,  $N_A$  – Авогадро саны,  $|e|$  – элементар заряд.

Электрохимиялық және химиялық эквиваленттің пропорционалдық коэффициенті мынаған тең:

$$\frac{1}{N_A |e|} = \frac{1}{F},$$

мұндағы  $F$  – Фарадей тұрақтысы, ол:

$$F = 9,65 \cdot 10^4 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}.$$

Фарадейдің екінші заңының математикалық өрнегі мынадай түрге енеді:

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}. \quad (5)$$

**Заттардың электрохимиялық эквиваленттері олардың химиялық эквиваленттеріне тура пропорционал.**

## VII Газдардағы заряд тасымалдаушылар

Қалыпты жағдайда газ диэлектрик болады, ол бейтарап молекулалар мен атомдардан тұрады.

Жылулық, ультракүлгін, рентгендік немесе радиоактивті сәулелену әсерінен иондалу барысында газ өткізгішке айналады. Газ молекулалары бір немесе бірнеше электрон жоғалтып, оң иондарға айналады. Бейтарап газ молекулалары еркін электрондармен соқтығысқанда, теріс иондар түзіледі. Газдарда иондалумен қатар рекомбинация процесі де жүреді: электрондар оң иондармен соқтығысқанда, бейтарап молекулалар түзіледі.

Сыртқы электр өрісі бар болған жағдайда иондалған газдарда жылулық қозғалыстан бөлек электр тогы пайда болады. Электрондар және теріс иондар электр өрісінің кернеулік векторының бағытына қарама-қарсы, оң иондар кернеулік векторымен бағыттас қозғалады.

### Есте сақтаңдар!

Газдардағы заряд тасымалдаушылар – оң және теріс иондар, еркін электрондар.

## VIII Соққы иондалу

Электр өрісінің  $10^3$  В/м және  $10^5$  В/м аралығындағы жоғары кернеулігінде электрондар соқтығысу сәтінде бейтарап молекулаларды иондауға жеткілікті энергияға ие болады (167-сурет):

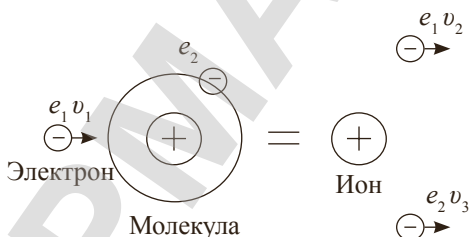
$$E_i = \frac{mv^2}{2} = qE\lambda,$$

мұндағы  $E_i$  – иондалу энергиясы,  $m$  – зарядталған бөлшектің массасы,  $v$  – зарядталған бөлшектің жылдамдығы,  $q$  – бөлшектің заряды,  $E$  – өрістің кернеулігі,  $\lambda$  – еркін жол ұзындығы. Соқтығысу нәтижесінде түзілетін иондар мен электрондар өріс бойына жайылып, өз кезегінде жаңа молекулаларды иондайды. Зарядталған бөлшектер саны көшкін тәрізді артып, сыртқы ионизатор болмаған жағдайда газ өздігінен иондалады. Бұндай процесс *соққы иондалу* деп аталады (168-сурет).

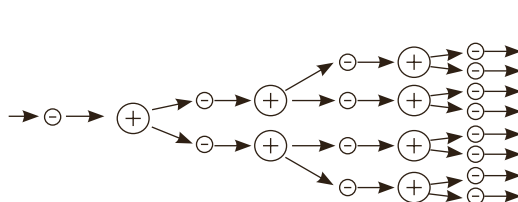
### Есте сақтаңдар!

Вакуумдағы заряд тасымалдаушылар – оған енгізілген зарядталған бөлшектер.

**Соққы иондалу – атомдардың немесе молекулалардың шапшаң электрондармен соқтығысуы нәтижесінде оң зарядталған иондардың түзілуі.**



167-сурет. Газ молекуласының иондалуы



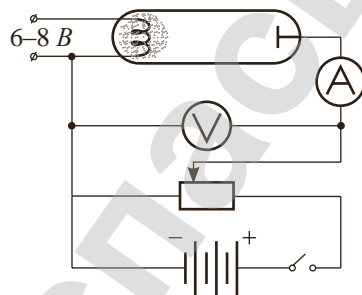
168-сурет. Соққы иондалу

## IX Вакуумдағы заряд тасымалдаушылар. Термоэлектрондық эмиссия

Вакуум – ауасыз кеңістік, оның ішінде заряд тасымалдаушы болатындай бөлшектер жоқ. Вакуумда электр тогын алу үшін оған зарядталған бөлшектер енгізу керек. Ең қарапайым әдіс *термоэлектрондық эмиссия* болып табылады.

**Термоэлектрондық эмиссия – жоғары температураға дейін қыздырылған металдан еркін электрондардың босап шығуы.**

Спираль түріндегі вакуумдық түтікшенің электродтарының бірін кернеуі 6–8 В болатын ток көзіне жалғайды (169-сурет). Ток өткен кезде электрод жоғары температураға дейін қыздырылады және электрондарды босатады, олар электрондық бұлт түзеді. Электрондар босатылған кезде катод оң зарядталады да, айналасындағы электрондарды ұстап тұрады. Катод пен анод арасында электр өрісі пайда болғанда электрондар анодқа қарай ығысады.



**169-сурет.** Вакуум ішіндегі токты зерттеу тізбегінің сұлбасы



### 3-тапсырма

169-суретке қараңдар. Тізбек қандай аспаптардан құралғанын атаңдар. Ток көзін түзу және кері жалғаған кезде тізбекте қандай өзгерістер орындалады? Шам электродтарында кернеуді арттырғанда амперметр көрсеткіші қалай өзгереді?

### Бақылау сұрақтары

1. Металдардағы заряд тасымалдаушылар қандай бөлшектер?
2. Жартылай өткізгіштерге қандай заттар жатады?
3. Жартылай өткізгіштердің меншікті өткізгіштігі дегеніміз не?
4. Қандай өткізгіштерді қоспалы деп атайды?
5. Қандай қоспаларды донорлық деп атайды? Қандай түрін акцепторлы деп атайды?
6. Газдарда заряд тасымалдаушы бөлшектер қалай аталады?
7. Газ ионизаторларын атаңдар.
8. Қандай жағдайда газдың өздігінен иондалуы байқалады?
9. Вакуумдағы заряд тасымалдаушы бөлшектерді атаңдар.
10. Термоэлектрондық эмиссия дегеніміз не?

1. Әртүрлі орта үшін салыстырмалы кесте құрастырыңдар.

Орта	Заряд тасымалдаушылар	Ток пайда болуының ерекшелігі
Металдар		
Жартылай өткізгіштер		
Электролиттер		
Газдар		
Вакуум		

2.  $\text{AgNO}_3$  және  $\text{CuSO}_4$  ерітінділері бар екі электролиттік ванна тізбектей жалғанған. Массасы  $m_1=180$  г күміс бөлінетін уақытта мыстың қанша  $m_2$  мөлшері бөлінетінін анықтаңдар.
3. Электрон біртекті электр өрісіне  $1,83 \cdot 10^6$  м/с жылдамдықпен өріс кернеулігіне қарама-қарсы бағытта ұшып кірді. Егер иондау энергиясы  $2,18 \cdot 10^{-18}$  Дж болса, сутек атомын иондау үшін электрон қандай потенциалдар айырымынан өтуі керек?

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Табиғат пен техникадағы разряд түрлері.
2. Плазма және оның қасиеттері.
3. Жайтартқыштың жұмыс істеу принципі.
4. Электровакуумдық аспаптар – диод, триод, электронды-сәулелі түтікше және олардың қолданылу аясы.

## § 25. Жартылай өткізгішті аспаптар

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- жартылай өткізгішті аспаптардың қолданылуына мысалдар келтіре аласыңдар.



170-сурет. Темікті термистор

### I Термисторлар

Жартылай өткізгіштер кедергілерінің температураға тәуелділігі кедергі термометрлері – термисторларды жасауда кеңінен қолданылады.

**Термистор дегеніміз – кедергісі температураға тәуелді жартылай өткізгішті резистор.**

Термистор термометрдің қабылдау бөлігі болып табылады. Жартылай өткізгішті термометрдің артықшылығы – термистор өзінің сезімталдығын сақтай отырып, миллиметрдің оннан бір бөлігіндей өлшемге ие болуында (170-сурет). Бұл сұйықтық термометрлері қолданылмайтын кішкентай денелердің температурасын өлшеуге мүмкіндік береді. Термистордың көмегімен 1–1800 К диапазонында температураның Кельвиннің миллионнан бір бөлігіндей өзгерісін анықтауға болады.

Термисторлардың пішіні түтікше, өзек, диск, моншақ, шайба түрінде, ал өлшемі бірнеше микрометрден бірнеше сантиметрге дейін болады (171-сурет).

Термисторлар техникалық құрылғыларда: өртке қарсы дабылдарда, жылыту пештері мен қазандықтарында, автокөлік электроникасында антифриздің, майдың, пайдаланылған газдардың суу деңгейін, салон температурасын анықтау үшін қолданылады. Олар электрондық өндірісте диодтар мен лазерлі фотоэлементтердің, шарғының мыс орамаларының температурасын тұрақтандыруға, ұялы телефондардың қызуын реттеу үшін пайдаланылады.

Термисторлар тұрмыстық техникаларда: мұздатқыштарда, фенде, тоназытқыштарда, кондиционерлерде кеңінен қолданылады.



171-сурет. Термисторлар



### 1-тапсырма

Термисторлардың қолданылуына мысал келтіріңдер.

### II Фоторезисторлар

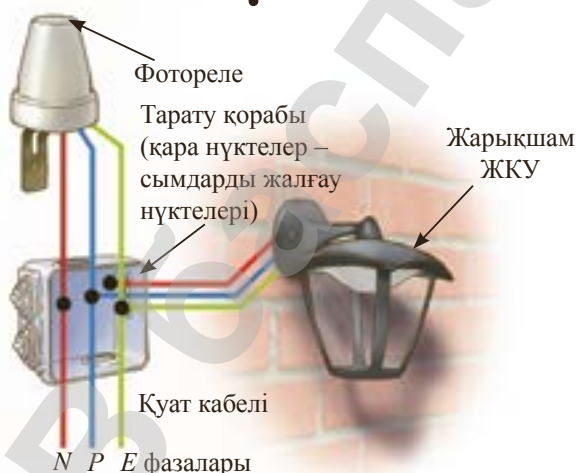
Жартылай өткізгіштердің өткізгіштіктерінің жарықтануға тәуелділігін фоторезисторларда кеңінен қолдану электр тізбегін автоматты түрде басқаруға

(172-сурет) мүмкіндік берді. 173-суретте көшені жарықтандыруды автоматты түрде басқаруға арналған фоторезисторлары бар тізбек көрсетілген.

**Фоторезистор дегеніміз – кедергісі жарықтандыруға тәуелді жартылай өткізгішті резистор.**



172-сурет.  
Фоторезистор



173-сурет. Көшені жарықтандыру үшін фоторезисторды (фотореле) тізбекке қосу сұлбасы

**Жауабы қандай?**

Фоторезистор көшені жарықтандыру жүйесін қалай реттейді?

**2-тапсырма**

173-суретке қараңдар. Тізбектің жұмыс принципін түсіндіріңдер.

Фоторезисторларды әлсіз жарық сигналдарын тіркеу үшін пайдаланады. Фоторезисторлардың кедергілерінің жарық ағындарының қиылуы кезінде өзгеру қасиеті түрлі есептеуіш аспаптарда, мысалы, қозғалатын контейнерлердегі заттарды автоматты түрде санау аспаптарында, олардың көлемін бақылауда, турникеттерде қолданылады (174-сурет).

Қарапайым фоторезисторлармен қатар, адам көзіне көрінбейтін инфрақызыл сәулеленуге негізделген фоторезисторлар да болады. Олар көбіне белгілі аймақтар мен ғимараттарды күзетудің автоматты жүйелерінде қолданылады. Егер сәуле жолында қандай да бір дене пайда болса, онда фоторезисторға жарық түспейді де, басқа жүйе жолына импульс түсіп, қауіпсіздік дабылы қосылады.



174-сурет. Турникет

**3-тапсырма**

Фоторезисторды электр тізбегін автоматты түрде басқару құралы ретінде қолдануға мысалдар келтіріңдер.

### III Жартылай өткізгішті диод

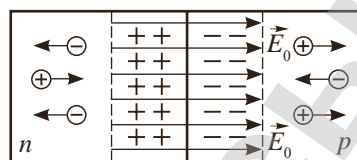
Жанасу бетінде еркін электрондар мен кемтіктердің диффузиясы орындалатын  $p$ -типті және  $n$ -типті екі жартылай өткізгіштің байланысын қарастырайық. Диффузия нәтижесінде  $n$ -типті жартылай өткізгіштің шекаралық қабаты оң, ал  $p$ -типті жартылай өткізгіштің шекаралық қабаты теріс зарядталады,  $p$ - $n$ -ауысуы (175-сурет) түзіледі.  $p$ - $n$ -ауысуы тудырған  $\vec{E}_0$  өрісі негізгі заряд тасымалдаушылардың қозғалысына кедергі келтіреді. Пайда болған шекаралық қабатты *жапқыш қабат* деп атайды. Ол біржақты өткізгіштікке ие және жартылай өткізгішті диодтың негізгі бөлігі болып табылады. Жартылай өткізгіштерге ток көзін қосып, оң полюсті  $n$ -типті жартылай өткізгішке, ал теріс полюсті  $p$ -типті жартылай өткізгішке (176-сурет) жалғаймыз. Сыртқы өрістің кернеулігі  $p$ - $n$ -ауысуының кернеулігімен сәйкес келеді, жапқыш қабат ұлғаяды да, кедергі артады.

Ток көзінің полюстарын алмастырсақ, сыртқы өріс кернеулігі  $p$ - $n$ -ауысуы бағытына қарсы бағытталады (177-сурет). Жапқыш қабаттың қалыңдығы азаяды немесе ол толығымен жойылып кетеді де,  $p$ - $n$ -ауысуының кедергісі азаяды. Жартылай өткізгіш арқылы негізгі ток тасымалдаушылардың бағытталған қозғалысынан туындаған ток артады. Осылайша, жапқыш қабат біржақты өткізгіштікке ие, ол айнымалы токты түзеу үшін пайдаланылады.

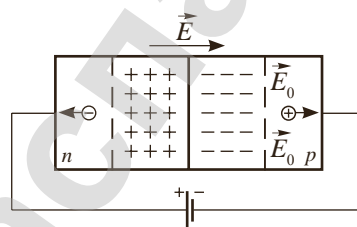
*$p$ -типті және  $n$ -типті жартылай өткізгіштердің байланысы диодтың негізгі бөлігі болып табылады, 178-суреттегі сұлбада жартылай өткізгішті диод бейнеленген.*

### IV Жарықдиодты шам

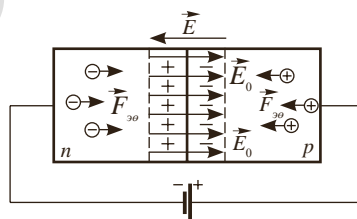
Жарықдиодты шам мойыннан (цоколь), құрастырылған тұрақты ток тұтыну блогынан, аса қуатты жарықдиоды мен шашыратқышы бар арнайы жобаланған тақша – драйверден тұрады (179-сурет). *Жарық диод – электр энергиясы көрінетін сәулеленуге айналатын  $p$ - $n$ -ауысуы.* Сонымен, жарықдиодты шамның негізгі бөлігі – өлшемі  $160 \times 550 \times 50$  мкм-ге дейін жететін жартылай өткізгіш чип. Тақша алюминий корпус – радиатордың ішінде орналасқан. Шашыратқышқа жағылған люминофор шамның жарқырауын арттырады. Шамдарға берілетін кернеудің 12 В және 220 В аралығында бірнеше нұсқасы қарастырылған. Жарықдиодты шамдардың энергия тұтынуы қарапайым қыздыру шамдарына қарағанда 5–10 есе үнемді. Жарықдиодты шамдар ұзақ



175-сурет.  $p$ - $n$ -ауысуы



176-сурет.  $p$ - $n$ -ауысуының кері қосылуы



177-сурет.  $p$ - $n$ -ауысуының тура қосылуы



178-сурет. Диодтың сыртқы көрінісі және сұлбада белгіленуі

уақыт бойы жұмыс жасайды, 5 жыл бойы үздіксіз жарықтандыра алады.

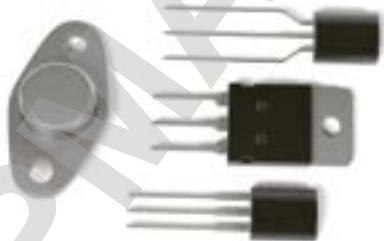
Жарық диодтың негізінде көптеген жарық көздері – прожекторлар, шамдар, сызықты шырақтар, жарықдиодты сызықтар, жарық сигналды аспаптар жасалды. Жарықдиодты қондырғылар жарықтандырушы желіге қосылады, қысқа тұйықталу мен кернеудің артуынан қорғалған. Қондырғылар тұтынатын қуат 200 Вт-тан аспайды, +40 °С-ден –60 °С-ге дейінгі аралықтағы температураларда қолданылады. Жарықдиодты аспаптар жарықтехникасында жарықтандырушы шамдарды өндіруде қарқынды дамып келе жатқан болашағы бар жарық көзі ретінде танылып отыр.



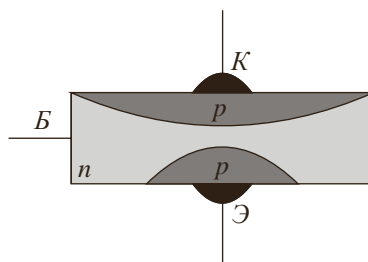
179-сурет. Жарықдиодты шам

## VI Транзистордағы күшейткіш

Екі  $p$ - $n$ -ауысуы бар жартылай өткізгіштер транзисторлар деп аталады (180-сурет). Олар  $p$ - $n$ - $p$  және  $n$ - $p$ - $n$  типті болуы мүмкін.  $p$ - $n$ - $p$ -транзисторларын жасау үшін  $n$ -типті жартылай өткізгіштен жасалған пластина керек, оны  $B$  база деп атайды. Пластинаға  $p$ -типті жартылай өткізгіштің екі бөлігін (181-сурет) орнатады,  $K$  коллектор ауданы  $\mathcal{E}$  эмиттер ауданына қарағанда үлкен болады. Екі ауысуды да жапқыш қабаттарды реттейтін тұрақты ток көзіне қосады (182-сурет). «Эмиттер – база» ауысуы кері болады. Негізгі тасымалдаушылар бірінші ауысуда эмиттер тоғын тудырады. Базаға өткен кемтіктер екінші ауысу үшін негізгі емес тасымалдаушылар болып табылады және оны еш кедергісіз өтеді. Коллектор тізбегіне кедергісі үлкен резисторды қосқанда жоғары кернеу сигналын алуға болады. Транзисторды кернеуді күшейту үшін қолданады.



180-сурет. Транзисторлар

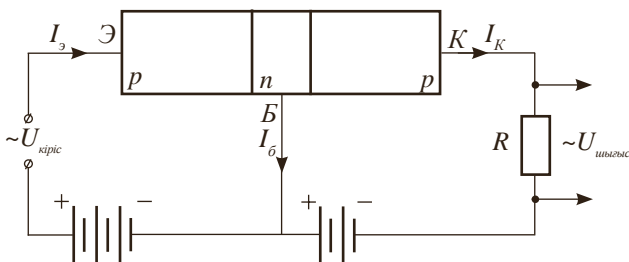


181-сурет.  $p$ - $n$ - $p$ -типті транзистор

### ? Жауабы қандай?

1. Неліктен температура төмен болғанда жартылай өткізгіштерде қоспалы өткізгіштік, ал жоғары температурада меншікті өткізгіштік басым болады?
2. Температураның жоғарылауы диод жұмысына қалай әсер етеді?





182-сурет. Транзистор шығыстарына ток көздерін қосу



**Есте сақтаңдар!**

$I_K$  коллектор тогы тек  $I_э$  эмиттер тогына тәуелді және коллектор тізбегінің  $R$  кедергісіне тәуелді емес:

$$I_K = I_э - I_б$$

Транзистор күшейткішінің шығысындағы кернеу резистор кедергісіне тәуелді

$$U_{шығыс} = I_K R$$

**Бақылау сұрақтары**

1. Термистор дегеніміз не және оны қайда қолданады?
2. Фоторезистордың жұмыс принципі қандай?
3. Фоторезисторлар қайда қолданылады?
4. Қандай құрал біржақты өткізгіштікке ие? Ол қандай мақсатта қолданылады?
5. Транзистордың құрылысы қандай?
6. Транзисторлар қайда қолданылады?



**Жаттығу**

24

1. Қуаты төмен кремний транзисторына жалғанған резистордың кедергісі  $5 \text{ кОм}$  болса, транзистордың шығысындағы кернеуді анықтаңдар (183-сурет). Эмиттердегі ток күші –  $1 \text{ мА}$ , базадағы ток күші –  $0,2 \text{ мА}$ .
2. 1-тапсырманың шарттарын қолданып, транзистор кірісіне кернеуі  $0,8 \text{ В}$  сигнал берілсе, оның кернеуі неше есе артқанын анықтаңдар.



183-сурет. Кремний-битольарлы транзистор

**Шығармашылық тапсырма**

«Тұрмыста және техникада қолданылатын жартылай өткізгіш аспаптар» тақырыбына ppt–презентация көмегімен хабарлама дайындаңдар.

## § 26. Асқынөткізгіштік

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

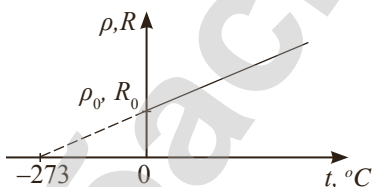
- асқынөткізгіштік құбылысы мен оның тәжірибе жүзінде қолданылуын сипаттай аласыңдар.

### I Өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігі

Тәжірибе жүзінде меншікті кедергі мен температура арасында тура тәуелділік бар екені анықталды (184-сурет):

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t),$$

мұндағы  $\rho_0$  – температурасы  $0^\circ\text{C}$  өткізгіштің меншікті кедергісі,  $\alpha$  – кедергінің температуралық коэффициенті,  $\Delta t$  – температураның  $0^\circ\text{C}$ -ге қатысты өзгерісі.



184-сурет. Металдың меншікті кедергісінің температураға тәуелділік графигі



### Жауабы қандай?

1. Неліктен кристалдық торлары тығыз металдар жоғары меншікті кедергіге ие?
2. Өткізгішті қыздырғанда оның кедергісінің артуының себебі неде?
3. Неліктен қыздыру шамдары тізбекке қосылған сәтте күйіп кетеді?

**Кедергінің температуралық коэффициенті –  $1\text{ K}$ -ге қыздырылған өткізгіш кедергісінің өзгеруін көрсететін физикалық шама.**

Кедергінің температуралық коэффициентінің ХБЖ-дағы өлшем бірлігі:  $[\alpha] = 1\text{ K}^{-1}$ .

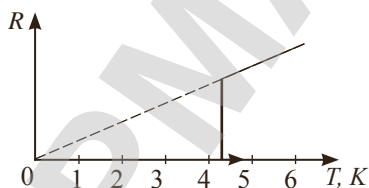
$R = \rho \frac{l}{S}$  болғандықтан, өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігі мына түрге келеді:

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta t).$$

### II Асқынөткізгіштік құбылысы

Кейбір металдарда температура абсолют нөлге жақындағанда, олардың кедергісі кенеттен 0-ге дейін түседі, мысалы, сынап үшін мұндай температура  $4,2\text{ K}$  (185-сурет). Өткізгіштің электр кедергісі нөлге жақын күйі асқынөткізгіштік деп аталады, асқынөткізгіштік күйіндегі заттар асқынөткізгіштер деген атқа ие болды. Асқынөткізгіштік құбылысын 1911 жылы дат ғалымы Хейке Камерлинг-Оннес ашты.

1957 жылы америкалық ғалымдар Л.Купер, Дж.Бардин және Дж.Шриффер тұжырымдаған



185-сурет.  $4,2\text{ K}$ -нен төмен температурада сынап асқынөткізгішке айналады

асқынөткізгіштік теориясында асқынөткізгіштерде электрондар электр өрісі әсерінен кристалдық торлар арқылы кедергісіз қозғала алатын «куперлік жұптар» құрайды, ток кернеу берілуі тоқтатылған жағдайда да жоғалмайды деп болжанған.

Ғалымдар асқынөткізгіштік құбылысын зерттей келе, асқынөткізгіш ток беттік ток болатынын анықтады. 1986 жылы жоғары температуралы асқынөткізгіштер алынып, ланта мен барийдің оксиді қоспасы 100 К температурада асқынөткізгішке айналатыны белгілі болды.



### Жауабы қандай?

*Неліктен металл өткізгіш кедергісінің тәуелділік графинің меншікті кедергінің температураға тәуелділік графинен айырмашылығы жоқ?*

### III Асқынөткізгіштерді қолдану

Асқынөткізгіштік қималары кішкентай өткізгіштерде үлкен токтар алуға мүмкіндік береді. Еуропалық ядролық зерттеулер жүргізу орталығының (CERN) зертханасында 20000 А-ден жоғары электр тогын жеткізетін асқынөткізгіштер құрастырылды (186-сурет).

Асқынөткізгіштерден сұйық гелиймен салқындатылатын электромагниттер мен қуатты электрлік генераторлардың орамалары дайындалады. Бұндай қондырғыларды тұрақты түрде салқындатып тұру оларды қолдануда қиындық тудырады.

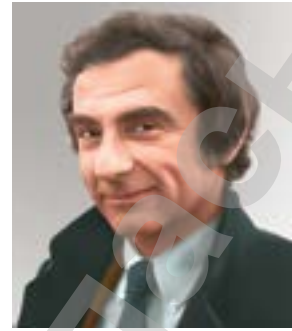
Үлкен токтар қуатты магнит өрістерін тудырады. ҮАК (Үлкен андрондық коллайдер) асқынөткізгіш магниттеріндегі ток күші шамамен 1200 А. Егер қарапайым магниттер индукциясы 2 Тл-дан аспайтын магнит өрісін алуға мүмкіндік берсе, ҮАК асқынөткізгіш магниттерімен индукциясы 8,3 Тл магнит өрісін алуға болады. Асқынөткізгіштерді салқындату үшін температурасы 1,9 К асқын аққыштық күйіндегі сұйық гелий қолданылады (187-сурет).

Жоғары температуралы асқынөткізгіштік болашақта радиоэлектроника мен радиотехникада техникалық төңкеріс тудырады.



### Тапсырма

Интернет желісін пайдаланып, «магниттік левитация» тіркесінің мағынасын түсіндіріңдер.



**Леон Нил Купер** – америкалық физик, физика саласы бойынша 1972 жылғы Нобель сыйлығының иегері. Джон Бардин және Джон Шриффермен бірге асқынөткізгіштік теориясын құрастырды, оны кейде *БКШ теориясы* деп те атайды.



*186-сурет. CERN зертханаларында жасалған асқынөткізгіш кабельдер*



**187-сурет.** УАК криогенді жүйесінің сұйық гелий үшін қажет – 271,25 °С температураны ұстап тұратын бөлігі

Ғалымдардың *магниттік левитация* деп аталатын құбылысқа қызығушылығы артуда. 2013 жылы Тель-Авив университеті және Ғылыми-техникалық орталықтар ассоциациясы (ASTC) асқынөткізгіштер мен тұрақты магниттердің әрекеттесуіне байланысты бірқатар зерттеулер жүргізді. Асқынөткізгіш ретінде шыны немесе жақұт төсемге жағылған иттрий-барий-мыс оксиді ( $YBa_2Cu_3O_7$ ) алынды. Асқынөткізгіштің қалыңдығы шамамен 1 мкм болды. Температура  $-185\text{ }^\circ\text{C}$  болғанда, оны сұйық азотқа батыру жолымен асқынөткізгішке айналдырады. Асқынөткізгіштің қозғалысы және тұрақты магнитпен әрекеттесуі нәтижесінде асқынөткізгіште индукциялық ток және оның әсерінен магнит өрісі пайда болады. Жағылған қабаты бар төсемнің кез келген кеңістіктік қозғалысы ішкі магнит өрісінің ығысуын тудырады, соның нәтижесінде асқынөткізгіш кеңістіктегі өз орнын сақтап қалады (188-сурет).



**188-сурет.** Асқынөткізгіштің тұрақты магниттен жасалған рельстермен әрекеттесуі

Бірқатар мемлекеттер магнитті *жастықшалардағы көліктер* жасау мәселесін қайта көтеріп отыр.

2017 жылы жазда Бейжінде ұзындығы 10 км *магнитті жастықшадағы* пойыз жолы сынақтан өткізілді, ол Қытай астанасының батыс бөлігінің аудандарын жалғастырады.

**Бұл қызық!**

«Болашаққа кері қайту» (*Back to the Future*) фильмінің екінші бөлімінде көрсетілген ховербордты жасауға талпынғандар көп болды. Идеяны іске асыруға нағыз ховерборд (189, 190-суреттер) жасауға уәде бере отырып, Lexus автомобилін өндіруші де атсалысты. Германия мен Ұлыбритания инженерлерінің екі тобы 1,5 жыл бойы еңбек етіп жасаған жобаның декасы (тақтайы) бамбук, ал жалпы пішіні скейтбордтарға келеді. Ховербордта асқын-өткізгіштер және сұйық азотпен салқындатылатын тұрақты магниттер қолданылғаны белгілі.



**189-сурет.** Магниттік левитация құбылысына негізделген ховерборд, 2005 ж.



**190-сурет.** Ховербордты сынау үшін Барселонадағы Кубельес скейт-саябағындағы цемент астына жүздеген шағын магниттер қойылды

**Назар аударыңдар!**

Магнитті жастықшалы пойыздарды жасауда асқынөткізгіш магниттер, электромагниттер және тұрақты магниттердің бірі қолданылады.

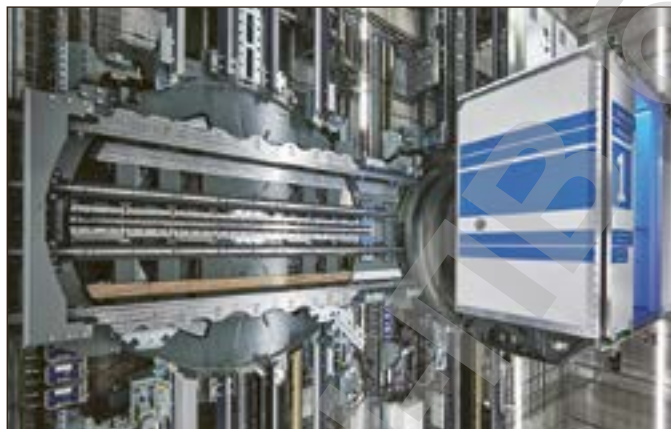
*Магнитті жастықшадағы* пойыздар XX ғасырдың соңында Қытай, Жапония, Оңтүстік Корея, Германия, Ұлыбритания сияқты елдерде жасалып, сынақтан өткізілді. Трассаның ұзындығы Германияда 600 м болса, Қытайда 30 км-ге дейін жетті. Мұндай жолдарды салу қымбатқа түсетіндіктен, әлем бойынша трасса мұндай тек Қытайда ғана қолданылуда, ол «Пудун аэропорты – Луньян Лу Шанхай метросының стансысын» жалғайды. Барлық тораптарда электромагниттер қолданылған (191-сурет).



**191-сурет.** Асқынөткізгіш магниттердегі пойыздар

«Маглев» деп аталатын *магнитті жастықшадағы* пойыз қозғалғанда рельстерге жанаспайды. Пойыз магниттердің жоғары температуралы асқынөткізгіштермен әрекеттесуі нәтижесінде көтеріледі және қозғалады.

ThyssenKrupp неміс инженерлік компаниясы жаңа MULTI жеделсатысын (лифт) ұсынды. Ол магнитті жастықшадағы пойызға ұқсас, «маглев»-жеделсаты болып саналады. Ол қозғалыс үшін сым арқанды емес, шахта қабырғаларындағы рельстерге орнатылған сызықтық қозғалтқыштарды пайдаланады. Ол тек вертикаль ғана емес, горизонталь да қозғала алады. Горизонталь және вертикаль рельстердің қиылысындағы диск айнала алады (192-сурет). Жаңа жеделсатылық жүйе күту уақытын азайтуға, бөгеттерді айналып өтуге және ғимараттардың әртүрлі «қанаттарының» арасында орын ауыстыруға мүмкіндік береді.



*192-сурет. MULTI жеделсатысының рельстері және кабинаның қиылысуындағы айналмалы диск*

Қарапайым жеделсатының максимал көтерілу биіктігі шектелген, ол 550 метрден аспауы тиіс. Темір сым арқан өте ауыр болып кететіндіктен, ғимараттың шектелген биіктіктен асатын соңғы қабаттарына көтерілу үшін, басқа жеделсатыға мінуге тура келеді. MULTI архитекторларға көк тіреген ғимараттарды жаңа пішіндерде жобалауға мүмкіндік береді.

Соңғы онжылдықта америкалық зерттеушілердің жоғары температуралы асқынөткізгіштер жасау жұмыстарында алға жылжу байқалды. 254 К (-19 °С) температурада таллийдің синтезделген күрделі химиялық байланысы негізінде асқынөткізгіштік эффектісі бар таспалар алынды.

### Бұл қызық!

Тель-Авив әлемдегі магнитті ілінгішті көлік жүйесі бар қалаға айналуы мақсат етіп отыр (193-сурет). Бұл жүйені Калифорниядағы Эймс атындағы НАСА зерттеу орталығына негізделген SkyTran компаниясы мен НАСА инженерлері жасады. Компания өнімін автокөлік пен автобұсқа баламалы, экологиялық таза, арзан, жылдам әрі ыңғайлы жүйе болып саналады. Бұл жүйе қажетті аялдамаға дейін тоқтаусыз және кедергісіз сырғып отырады. Кептеліс мәселесі біржола шешіледі.



*193-сурет. Магнитті ілінгішті көлік*

### Жауабы қандай?

*Неліктен жоғары температуралы асқынөткізгіштер ғалымдардың зерттеу нысаны болып отыр?*

Сондай-ақ қалыпты емес асқынөткізгіштік эффекті темір арсениді мен мыс оксидінің қосылыстарында байқалды.

Жоғары температуралы асқынөткізгіш таспаларды алу энергия сақтайтын электрониканың жаңа түрлерінің пайда болуына алып келеді.

### Бақылау сұрақтары:

1. Өткізгіштің кедергісі температураға қалай тәуелді болады?
2. Кедергінің температуралық коэффициенті дегеніміз не?
3. Қандай құбылыс асқынөткізгіштік деген атауға ие болды?
4. Асқынөткізгіштік құбылысы қайда қолданылады?



### Жаттығу

25

1. Вольфрамнан жасалған сым кедергілерінің  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  және  $t_0 = 2400^\circ\text{C}$  температураларда қатынасын анықтандар.
2. Кернеуі бар алюминий сымнан жасалған шарғыны еріген мұзға салғанда ток күші  $I_1 = 29\text{ мА}$ , ал қайнаған суға салғанда  $I_2 = 20\text{ мА}$  болды. Алюминий кедергісінің температуралық коэффициентін анықтандар.

### Шығармашылық тапсырма

Мына тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. БКШ теориясы.
2. Жоғары температуралы асқынөткізгіштер.
3. Асқынөткізгіштерді қолданылуы.

## 12-тараудың қорытындысы

Негізгі шамалар	Есептеу формулалары
Газдардағы иондалу энергиясы	$E_i = \frac{mv^2}{2} = qE\lambda$
Өткізгіштің меншікті кедергісінің температураға тәуелділігі	$\rho = \rho_0 (1 + \alpha\Delta t)$
Өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігі	$R = R_0 (1 + \alpha\Delta t)$
Фарадейдің бірінші заңы	$m = kq$
Фарадейдің екінші заңы	$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}$

### Ережелер, заңдар

**Фарадейдің бірінші заңы:** электролиз кезінде бөлінген зат массасы ерітінді арқылы өтетін зарядқа тура пропорционал.

**Фарадейдің екінші заңы:** заттардың электрохимиялық эквиваленттері олардың химиялық эквиваленттеріне тура пропорционал.

### Глоссарий

**Жартылай өткізгіштер** – өткізгіштігі бойынша өткізгіштер мен диэлектриктер арасындағы аралық орынға ие болатын заттар.

**Меншікті өткізгіштік** – таза жартылай өткізгіштердің электронды-кемтік өткізгіштігі.

**Қоспалы өткізгіштік** – акцепторлы немесе донорлық қоспалы жартылай өткізгіштердің өткізгіштігі.

**Рекомбинация** – иондардың бейтарап молекулаға бірігу процесі.

**Асқынөткізгіштік** – өткізгіштің электр кедергісі нөлге жақын болатын күйі.

**Асқынөткізгіш** – асқынөткізгіштік күйіндегі зат.

**Кедергінің температуралық коэффициенті** – 1 К-ге қыздырылған өткізгіш кедергісінің өзгеруін көрсететін физикалық шама.

**Термистор** – кедергісі температураға тәуелді жартылай өткізгішті резистор.

**Термоэлектрондық эмиссия** – жоғары температураға дейін қыздырылған металдан еркін электрондардың босап шығуы.

**Транзистор** – екі p-n-ауысуы бар жартылай өткізгіштер.

**Соққы иондалу** – атомдардың немесе молекулалардың шапшаң электрондармен соқтығысуы нәтижесінде оң зарядталған иондардың түзілуі.

**Фоторезистор дегеніміз** – кедергісі жарықтандыруға тәуелді жартылай өткізгішті резистор.

**Электролиттік диссоциация** – еріткіш әсерінен молекулалардың иондарға ыдырауы.

**Электрохимиялық эквивалент** – электролит арқылы бірлік заряд өткенде электродта заттың қандай массасы бөлінетінін көрсететін физикалық шама.

**Электролиз** – электролит арқылы ток өткенде электродтарда таза заттың бөліну құбылысы.



## МАГНИТ ӨРІСІ

Магнетизм тарихы Кіші Азия антикалық өркениетінен бастау алады. Кіші Азия аумағындағы Магнесия қаласынан тау жыныстарының бір-біріне тартылатын үлгілері табылған. Қала атауына қарай оларды «магнетиктер» деп атаған. Магнетиктер магнит өрісінің әсерінен әрекеттеседі.

Магнит өрісі тұрақты магнитсіз-ақ, қозғалатын зарядталған бөлшектердің айналасында да пайда болады. Жойқын жарылыстан кейін, әлем пайда болғаннан бастап, алғашқы кеңістік көптеген қозғалатын электрондармен, протондармен, сондай-ақ гелий мен сутек иондарымен толтырылды. 2010 жылы Калифорния техникалық университетінің астрофизигі Шиничиро Андо және Лос-Анджелестің Калифорния университетінің астрофизигі Александр Кусенко аса салмақты қара құрдымдар суретінен Әлемнің реликті магнитті фонын байқады. Олардың ойынша, әлемді тесіп өтетін магниттік фонның әсерінен суреттер анық болмады.

*Магнит өрісі – қозғалыстағы электр зарядтарына, тогы бар өткізгішке, магниттік моменті бар денелерге әсер ететін материяның бір түрі.*

Электротехника, радиотехника мен электроника магнит өрісінің техникада қолданылуына негізделген. Магнит өрісі дефектоскопияда зарядталған бөлшектерді үдеткіштерде, басқарылатын термоядролық синтез жағдайында ыстық плазманы ұстап қалу үшін қолданылады.

### Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- өткізгіштердің магнит өрісін сипаттайтын шамаларды сипаттауды;
- сол қол ережесін қолдануды және магнит өрісінің қозғалатын зарядталған бөлшектер мен тогы бар өткізгішке әсерін анықтауды;
- магнитті материалдар (неодим магниттер, датчиктер, сейсмографтар, металіздегіштер) қолданылатын заманауи өндіріс салаларын сипаттауды және олардың қолданылу тенденцияларын талдауды;
- тәжірибе жүзінде жасанды магнит жинауды және оның қолданылу салаларын түсіндіруді;
- соленоидтың магнит өрісіне әсер ететін факторларды түсіндіруді үйренесіңдер.

## § 27. Магнит өрісі. Магнит индукциясының векторы. Бұрғы ережесі.

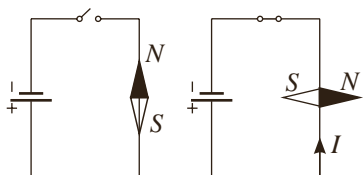
### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

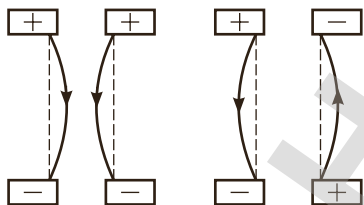
- өткізгіштердің магнит өрісін сипаттайтын шамаларды түсіндіре аласыңдар.

### ? Жауабы қандай?

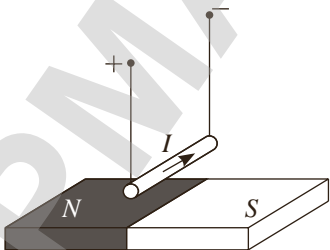
Неліктен Эрстед тәжірибе барысында тогы бар өткізгішті Жер меридианы бойына орналастырды?



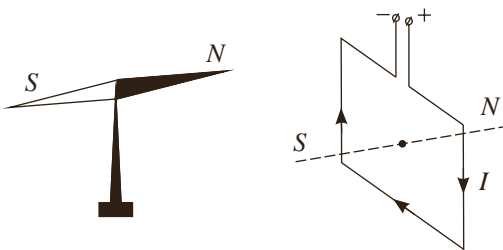
194-сурет. Эрстед тәжірибесі



195-сурет. Тогы бар өткізгіштердің өзара әрептесуі



196-сурет. Жолақ магниттің тогы бар өткізгішпен өзара әрептесуі



197-сурет. Тогы бар рама жазықтығына түсірілген перпендикуляр магнит тілше секілді бағытталған

### I Эрстед тәжірибесі

1820 жылы дат ғалымы Эрстед тәжірибе жүзінде тогы бар өткізгіштің айналасындағы магнит өрісін анықтады. Ол меридиан бойымен орналасқан сымның үстіне жіңішке жіппен магнит тілшені іліп қойды (194-сурет). Кілт тұйықталған кезде магнит тілше сымға тікбұрыш жасай бұрылады. Эрстед тәжірибені әртүрлі металдардан жасалған өткізгіш сымдармен, сондай-ақ түрлі газдармен толтырылған газ турбиналарымен, электролиті бар түтікшілермен қайталап жасап, мынадай қорытындыға келді: кез келген ортада қозғалатын зарядтардың айналасында магнит өрісі пайда болады.

Электр тогының жылулық, химиялық және магниттік әсерлерінің ішінде тек магниттік әсері ғана кез келген ортада, кез келген шарттарда байқалады.

### II Ампер тәжірибесі

Ампер тұрақты магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әсері және тогы бар өткізгіштердің өзара әрекеттесуін зерттеді. Ол бірқатар тәжірибелер жүргізіп, мынадай қорытындылар жасады:

- 1) егер параллель өткізгіштердегі токтар бағыттас болса, олар бір-біріне тартылады, ал ток бағыттары қарама-қарсы болса, тебіледі (195-сурет).
- 2) жіңішке жіпке ілінген тогы бар өткізгіш жолақ магнит осіне перпендикуляр орналасады (196-сурет).
- 3) Жердің магнит өрісі тогы бар рамаға магнит тілшеге әсер еткендей бағыттаушы әсер етеді. Магнит тілшенің осі орам жазықтығына перпендикуляр болады (197-сурет).

### III Түзу және дөңгелек токтың магнит индукциясы

**Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке күштік әсерін сипаттайтын физикалық шаманы магнит индукциясы деп атайды.**

**Жауабы қандай?**

Неліктен найзағай темір денелерді электрлеу қабілетіне ие?

Француз физиктері Ж.Био және Ф.Савар 1820 жылы тәжірибе жүзінде түзу токтың магнит индукциясының шамасын анықтады:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}, \quad (1)$$

мұндағы  $B$  – тогы бар өткізгіштің магнит индукциясы, өрістің күштік сипаттамасы;  $I$  – өткізгіштегі ток күші,  $a$  – кеңістік нүктесінен өткізгішке дейінгі ең қысқа арақашықтық (198-сурет),  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$  – магниттік тұрақты. Магнит индукциясының ХБЖ-дағы өлшем бірлігі – 1 тесла:

$$[B] = 1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$$

Ғалымдар формасы күрделі өткізгіштер тудырған өрістердің магнит индукциясын анықтай алмады. Француз физигі және математигі П.Лаплас тәжірибе мәліметтерін жалпылап, кез келген пішінді өткізгіш өрісінің магнит индукциясын анықтауға мүмкіндік беретін заңдылықты ашты: дөңгелек токтың центріндегі магнит индукциясын есептеу формуласы алынды (199-сурет):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \quad (2)$$

мұндағы  $R$  – орам радиусы.

Осы заңмен анықталған соленоидтың (орам саны  $N$  көп, ұзындығы орам диаметрінен біршама үлкен  $l \gg d$  шарғы) ішіндегі магнит индукциясы:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{l} \quad (3)$$

немесе

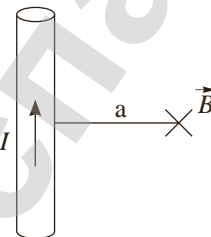
$$B = \mu_0 nI, \quad (4)$$

мұндағы  $n = \frac{N}{l}$  – бірлік ұзындықтағы орамдар саны.

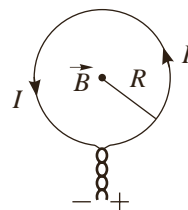
Ток мәні тұрақты болғанда, өрістің магнит индукциясы тұрақты шама болып қалады, демек, соленоидтың ішіндегі магнит өрісі біртекті, күш сызықтары өзара параллель (200-сурет). Магнит өрістері үшін суперпозиция принципі орындалады:

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

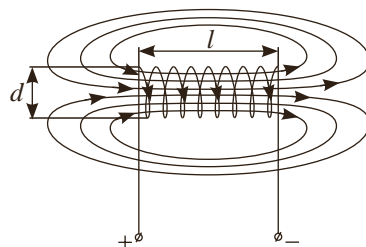
Тогы бар бірнеше өткізгіш тудырған өрістің магнит индукциясын осы өрістердің магнит индукцияларының векторлық қосындысы түрінде анықтайды.



198-сурет. Тогы бар өткізгіштен алыстатылғанда магнит өрісінің индукциясы азаяды



199-сурет. Орам радиусын арттырғанда дөңгелек токтың центріндегі магнит индукциясы азаяды



200-сурет. Соленоидтың ішіндегі магнит өрісі біртекті

## IV Түзу және дөңгелек токтың магнит өрісінің күш сызықтары

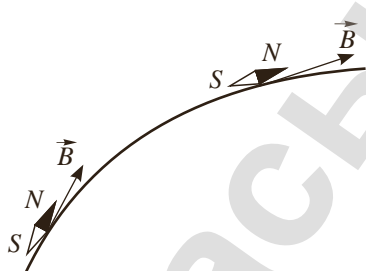
Магнит өрісін де электр өрісі сияқты күш сызықтарымен кескіндейді.

**Магнит өрісінің күш сызықтары – жанамалары кез келген нүктеде магнит индукция векторының бағытын көрсететін сызықтар.**

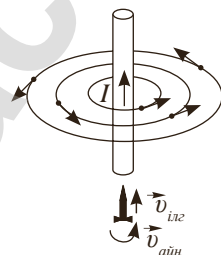
Магнит тілшенің солтүстік полюсі магнит өрісі сызықтарының бағытын көрсетеді (201-сурет). Бұл бағытты өрістің магнит индукциясының бағыты деп қабылдау келісілген. Түзу және дөңгелек токтың магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын бұрғы ережесі бойынша анықтайды.

Егер бұрғының ілгерілемелі қозғалысын өткізгіштегі ток бағытымен сәйкестендірсек, бұрғы тұтқасының айналмалы қозғалысы магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсетеді (202-сурет).

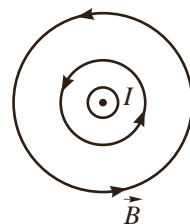
Магнит күш сызықтарын жазықтықта бейнелеу үшін, магнит индукциясының векторын садақ жебесі түрінде елестетіп, нүктелер («жебе ұшы») және айқыш сызықтарды ( $\times$  – «жебенің қауырсыны») қолданады. Егер вектор нүктемен белгіленсе, онда ол сурет жазықтығына перпендикуляр жоғары бағытталған, егер айқышпен белгіленсе, онда дәл солай сурет жазықтығына перпендикуляр, бірақ төмен бағытталған. Өткізгіштің қимасындағы ток бағытын осыған ұқсас кескіндейді. 203-суретте ток жоғары қарай ағып жатқан өткізгіштің көлденең қимасы бейнеленген. Өткізгіштің айналасындағы магнит өрісінің күш сызықтары сағат тіліне қарсы бағытталған концентрлік шеңберлерді береді. 204-суретте тогы бар өткізгіштің бойлық қимасы бейнеленген. Магнит өрісінің күш сызықтары сурет жазықтығына перпендикуляр және олар өткізгіштің сол жағында жоғары, оң жағында төмен бағытталған. Дөңгелек токтың күш сызықтары 205 а, ә, б-суреттерде бір жазықтықта берілген.



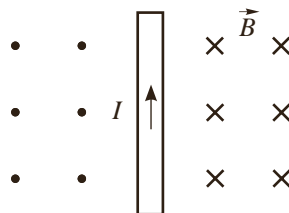
**201-сурет.** Магнит тілшенің солтүстік полюсі магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсетеді



**202-сурет.** Тогы бар өткізгіштің магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын бұрғы ережесі бойынша анықтау



**203-сурет.** Өткізгіштің көлденең қимасындағы күш сызықтарының кескіні

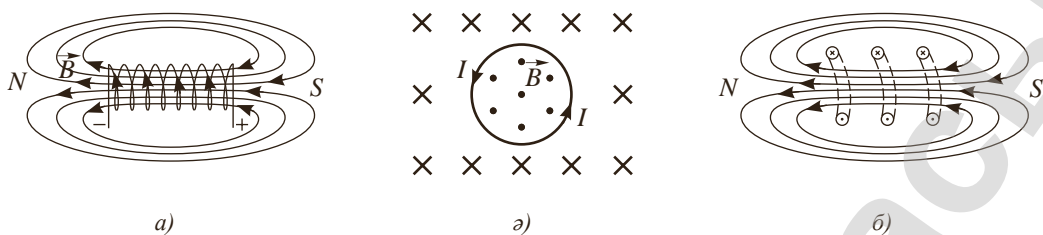


**204-сурет.** Өткізгіштің бойлық қимасындағы күш сызықтарының кескіні



### 1-тапсырма

205-суретке қараңдар. Бұрғы немесе оң қол ережесі негізінде дөңгелек ток тудырған магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын түсіндіріңдер.



205-сурет. Дөңгелек токтың күш сызықтары

Тоғы бар шарғының магнит өрісінің бағытын оң қол ережесімен оңай анықтауға болады:

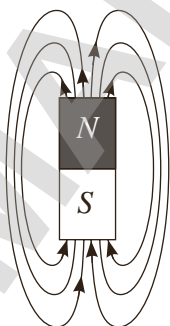
Егер оң қолымызды шарғыға тигізбей төрт саусағымыз оның орамдарындағы ток бағытын көрсететіндей етіп ұстасақ, онда  $90^\circ$ -қа бұрылған бас бармағымыз магнит өрісінің бағытын көрсетеді.

Электр өрісінің күш сызықтарымен салыстырғанда магнит өрісінің күш сызықтары үнемі тұйықталған болады.

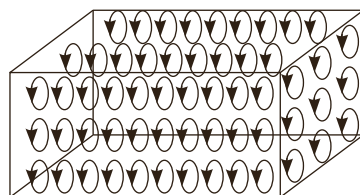
### V Ампер гипотезасы

А.Ампер дөңгелек токтың магнит өрісінің жолақ магниттің магнит өрісімен ұқсастығын байқап (205 б) және 206-сурет), 1820 жылы тұрақты магниттердің магниттік қасиеттерінің олардағы элементар дөңгелек токтармен байланысы туралы гипотеза ұсынды. Ол магнит өрісінің күш сызықтарының басы да, аяғы да болмағандықтан, табиғатта да магнит зарядтары болмауы керек деп санады. Тек келесі жүз жылдықтың басында атом құрылысы туралы ашылуларға байланысты элементар токтар ядро айналасындағы электрондар қозғалысынан туындайтыны белгілі болды.

Ампер гипотезасы магнит полюстерінің бөлінбейтінін және үлкен магниттердің бөлінуі кезінде кіші магниттердің пайда болуын оңай түсіндіреді. 207-суретте магниттелген темір кесегіндегі элементар токтардың бағытталған қозғалысы көрсетілген. Магниттелмеген күйде элементар токтар еркін бағытталған, олардың магнит өрістері бір-бірін толықтырады. Кесекті екіге бөлгенде, элементар токтардың орналасуы өзгермейді. Кішкентай кесектер де үлкен кесектердегідей қасиеттерге ие.



206-сурет. Жолақ магниттің магнит өрісі

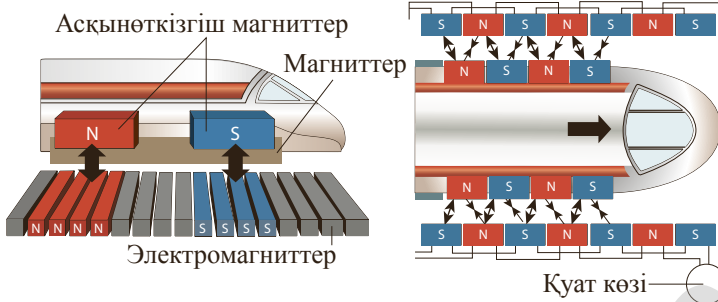


207-сурет. Ядро айналасындағы электрондардың айналымы қозғалысынан туындаған магнит өрісі



## 2-тапсырма

208-сурет бойынша левитация және пойызды магнит жастықшада қозғалысқа келтіретін жүйе принциптерін түсіндіріңдер. Интернет материалдарын қолданып, Берлинде, Бирмингемде, Шанхайда, Жапонияда жасалған алғашқы пойыздардың магниттік левитация технологияларын салыстырыңдар.



208-сурет. Магнит жастықшадағы пойыздың левитация жүйесі



## Жауабы қандай?

1. Неліктен табиғатта магнит зарядтары жоқ?
2. Неліктен магнитті екіге бөлгенде, оның бөліктерінің әрқайсысы қайтадан екі полюске ие болады?
3. Неліктен тұрақты магниттердің магнит өрісі уақыт өте келе әлсірейді?

## ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

$I$  ток ағып жатқан шексіз түзу сымның *а)* суретте көрсетілгендей орамы бар.  $O$  нүктесінде магнит өрісінің индукциясы түзу токтың магнит өрісінің осы нүктедегі (*ә)* суретке қараңдар) индукциясынан неше есе артық?

**Берілгені:**

$I$

$$\frac{B_0}{B'_0} = ?$$

**Шешуі:**

Өткізгіш сым *а)* суретте көрсетілгендей иілген болса, түзу ток және орам тудырған магнит өрісінің индукция векторлары  $\vec{B}_1$  және  $\vec{B}_2$  қарама-қарсы бағытталған, сондықтан:

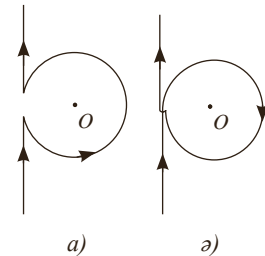
$$B_0 = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r} \left( \frac{1}{\pi} - 1 \right).$$

Өткізгіш сым *ә)* суретте көрсетілгендей иілген болса, магнит өрісінің индукция векторлары бағыттас болады, демек:

$$B'_0 = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r} \left( 1 + \frac{1}{\pi} \right).$$

Сонда 
$$\frac{B_0}{B'_0} = \frac{\pi - 1}{\pi + 1}$$

**Жауабы:** 
$$\frac{B_0}{B'_0} = \frac{\pi - 1}{\pi + 1}.$$



### Бақылау сұрақтары

1. Магнит өрісін қалай тудыруға болады?
2. Тоғы бар өткізгіштер қалай әрекеттеседі? Магниттелген денелер ше? Тұрақты магнит пен тоғы бар өткізгіш ше?
3. Магнит өрісін қалай бейнелейді?
4. Бұрғы ережесі арқылы нені анықтайды?
5. Тоғы бар өткізгіш өрісінің магнит индукциясы ток күшіне қалай тәуелді?
6. Тоғы бар өткізгіштен алыстатылған магнит өрісінің индукциясы қалай өзгереді?
7. Ампер гипотезасы қалай тұжырымдалады?

### ★ Жаттығу

26

1. Екі болат кесектің біреуі магниттелген. Нақты қайсысы магниттелген екенін осы кесектерді ғана қолданып, қалай анықтауға болады?
2. Шексіз түзу өткізгіштегі ток күші  $I = 20$  А. Өткізгіштен  $r = 5$  см қашықтықтағы нүктедегі магнит индукциясын анықтаңдар.
3. Радиусы  $R = 5,8$  см дөңгелек токтың центріндегі магнит индукциясы  $B = 1,3 \cdot 10^{-4}$  Тл. Ток күшін анықтаңдар.

### Шығармашылық тапсырма

ppt–презентациямен хабарлама дайындаңдар:

1. У.Гильберт, О.Кулон, Ф.Арагоның магниттік өзара әрекеттесуге қатысты зерттеулері.
2. Магниттердің техникада қолданылуы.

## § 28. Ампер күші. Лоренц күші

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- сол қол ережесі қолдануды және магнит өрісінің зарядталған бөлшектердің қозғалысына және тогы бар өткізгішке әсерін сипаттай аласыңдар.

### Өз тәжірибең

Ампердің тәжірибесін қайталаңдар. Өткізгішті тұрақты ток көзіне жалғап, таға тәрізді магнит өрісіне енгізіңдер (209-сурет). Тогы бар өткізгіштің ауытқу бағытын анықтаңдар. Магнит полюстерін өзгертіңдер, өткізгіштің ауытқу бұрышы қалай өзгеретінін анықтаңдар. Тәжірибені екі магнитті қолданып, қайталаңдар. Өткізгіштегі ток күшін өзгертіңдер. Жүргізілген тәжірибелерді қорытындылаңдар. Ампер күшінің өзгергенін қандай белгі бойынша анықтадыңдар?

### I Ампер заңы

А. Ампер жүргізген тәжірибелер тогы бар өткізгішке әсер ететін күштің магнит индукциясының шамасына және бағытына тәуелді екенін көрсетті. Бұған тәжірибе жүзінде оңай көз жеткізуге болады (209-сурет). Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әсер ету күшін Ампер күші деп атайды.

Ампер өз зерттеулерінің нәтижесінде мынадай қорытындыға келді:

**Магнит өрісінің тогы бар өткізгішке әсер ететін күші магнит индукциясының перпендикуляр құраушысына, ток күшіне және өткізгіштің ұзындығына тура пропорционал.**

$$F_A = B_{\perp} I \cdot l$$

$$F_A = BI \cdot l \sin \alpha, \quad (1)$$

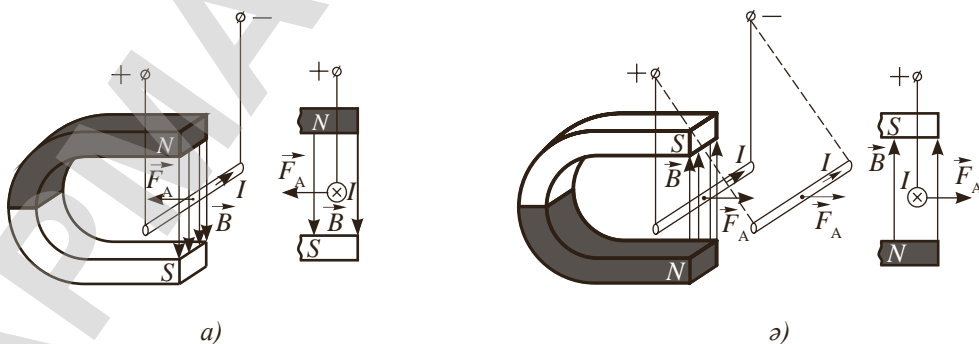
немесе мұндағы  $\alpha$  – магнит индукциясы векторы  $\vec{B}$  мен ток бағыты арасындағы бұрыш. Алынған формуладан шығатыны:  $\sin \alpha = 1$  немесе  $\alpha = 90^\circ$  болғанда, өзара әрекеттесу күші максимал болады.

Ампер заңы негізінде магнит өрісінің күштік сипаттамасы ретінде магнит индукциясының физикалық мағынасы анықталады:

$$B = \frac{F_A}{Il \sin \alpha} \quad (2)$$

және магнит индукциясының өлшем бірлігі мен күштің өлшем бірлігі арасындағы байланыс анықталды:

$$[B] = 1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$$



209-сурет. Магнит өрісінде тогы бар өткізгіштің ауытқуы



## II Ампер күшінің бағыты

Ампер күшінің бағытын сол қол ережесі бойынша анықтайды:

*Егер сол қолымызды индукция векторы алақанымызға кіретіндей, ал созылған төрт саусағымызды ток бағытын көрсететіндей етіп ұстасақ, онда  $90^\circ$  бұрышқа бұрылған бас бармағымыз Ампер күшінің бағытын көрсетеді.*

Сол қол ережесі магнит индукциясы векторы мен өткізгіштегі ток күшінің арасындағы бұрыш  $90^\circ$  болған жағдайда орындалады. Егер бұрыш  $90^\circ$ -тан аз немесе көп болса, алдымен  $\vec{B}$  магнит индукциясы векторын тогы бар өткізгішке қатысты параллель және перпендикуляр құраушыларға жіктеу керек (210-сурет).

$$B_{\perp} = B \sin \alpha. \quad (3)$$

Ампер күшінің бағытын перпендикуляр құраушымен анықтайды.

## III Лоренц күші

Ампер күші – тогы бар өткізгішке әсер ететін күш, ал ток зарядталған бөлшектердің реттелген қозғалысы болғандықтан, бір зарядталған бөлшекке әсер ететін күшті  $F_L = \frac{F_A}{N}$  (4) қатынасымен өрнектеуге болады, мұндағы  $N$  – зарядталған бөлшектердің саны.

**Лоренц күші – магнит өрісі тарапынан өрісте қозғалатын зарядталған бөлшекке әсер ететін күш.**

Ампер заңына сәйкес:

$$F_A = BIl \sin \alpha. \quad (5)$$

Өткізгіштегі ток күшін бір бөлшектің заряды арқылы өрнектейміз:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_0 N}{t}. \quad (6)$$

(5) және (6) формулаларды (4) формулаға қоямыз:

$$F_L = \frac{Bq_0 N l \sin \alpha}{tN}.$$

$v = \frac{l}{t}$ , мұндағы  $v$  – зарядтардың бағытталған қозғалысының жылдамдығы екенін ескере отырып, Лоренц күшін есептеу формуласын аламыз:

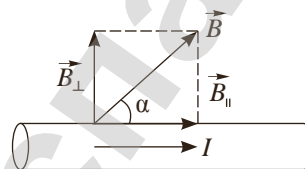
$$F_L = q_0 B v \sin \alpha, \quad (7)$$

мұндағы  $\alpha$  –  $\vec{B}$  магнит индукция векторы мен  $\vec{v}$  жылдамдық бағыты арасындағы бұрыш.



### 1-тапсырма

Сол қол ережесін қолданып, 209 а) және ә) суреттерде тогы бар өткізгіштің ауытқуы дұрыс көрсетілгенін тексеріңдер.



**210-сурет.** Магнит индукциясы векторының құраушыларға жіктелуі



**Хендрик Антон Лоренц** (1853–1928) – голландиялық физик-теоретик. 1902 жылы магнетизмнің сәулеленуге әсерін зерттегені үшін физика бойынша Нобель сыйлығын алды. Париж және Кембридж университеттерінің құрметті докторы, Лондонның Корольдық және Неміс физикалық қоғамының мүшесі, 1881 жылдан бастап, Нидерланд Ғылым академиясының мүшесі. Х.Лоренц жарықтың электромагниттік теориясын және материяның электрондық теориясын дамытты.

**Жауабы қандай?**

Неліктен индукция векторына параллель орналасқан тоғы бар өткізгіш ауытқымайды?

**IV Лоренц күшінің бағыты**

Оң бөлшекке әсер ететін Лоренц күшінің бағыты сол қол ережесімен анықталады. Теріс бөлшектер үшін күштің бағыты қарама-қарсы.

Лоренц күші өткізгіште ток тудыратын зарядталған бөлшектерге, сондай-ақ кеңістікте еркін қозғалатын зарядталған бөлшектерге де әсер етеді.

**V Магнит өрісінде қозғалатын зарядталған бөлшектердің траекториясының қисықтық радиусы**

Зарядталған бөлшек магнит өрісіне оның магнит индукциясы сызықтарына перпендикуляр бағытта ұшып кірсін. Бұл жағдайда Лоренц күші зарядтың қозғалыс жылдамдығына перпендикуляр бағытталғандықтан, ол бөлшекке центрге тартқыш үдеу береді. Лоренц күшінің әсерінен дене радиусы  $R$  шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалады (211-сурет). Үдеумен қозғалатын зарядталған бөлшек үшін Ньютонның екінші заңы орындалады:

$$m\vec{a} = \vec{F}_L. \quad (8)$$

(8) теңдеуге Лоренц күшін есептеу формуласын (7) қойып, үдеуді жылдамдық квадратының айналу радиусына қатынасымен  $a_{ц.м.} = \frac{v^2}{R}$  алмастырсак:

$$\frac{mv^2}{R} = qBv \sin \alpha. \quad (9)$$

Қарастырылып отырған жағдай үшін  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\sin \alpha = 1$ , осы шарт бойынша (9) теңдеуден траекторияның қисықтық радиусы:

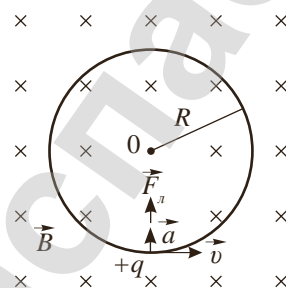
$$R = \frac{mv}{qB} \text{ екені шығады.} \quad (10)$$

Бөлшектердің жылдамдығы қаншалықты жоғары болса, оның  $B = const$  біртекті магнит өрісіндегі траекториясының қисықтық радиусы соншалықты жоғары.

Зарядталған бөлшектердің үдемелі қозғалысы және олардың соқтығысуы кезінде жаңа бөлшектердің пайда болуы бірқатар құрылғыларда, мысалы, циклотронда (213-сурет), коллайдерде (214-сурет) қолданыс тапты. Циклотронда шығарылатын негізгі радиоизотоптар: Cd-109, Ge-68, Tl-201, Co-57, Ga-67.

**2-тапсырма**

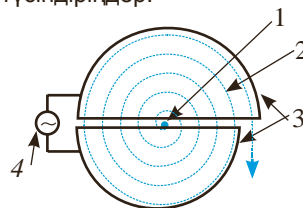
211-суретті қараңдар. Лоренц күшінің бағыты дұрыс көрсетілген бе? Тапсырманы орындау үшін қандай ережені қолдандыңдар?



211-сурет. Жылдамдығы біртекті магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр бөлшектің траекториясы – шеңбер

**3-тапсырма**

Циклотронның принциптік сұлбасына қарап (212-сурет), жұмыс принципін түсіндіріңдер.



212-сурет. Циклотронның принциптік сұлбасы: 1 – протондар, иондардың кіру орны; 2 – үдетілген бөлшектердің траекториясы; 3 – электродтарды үдету; 4 – айнымалы кернеу генераторы. Магнит өрісі суреттің жазықтығына перпендикуляр бағытталған

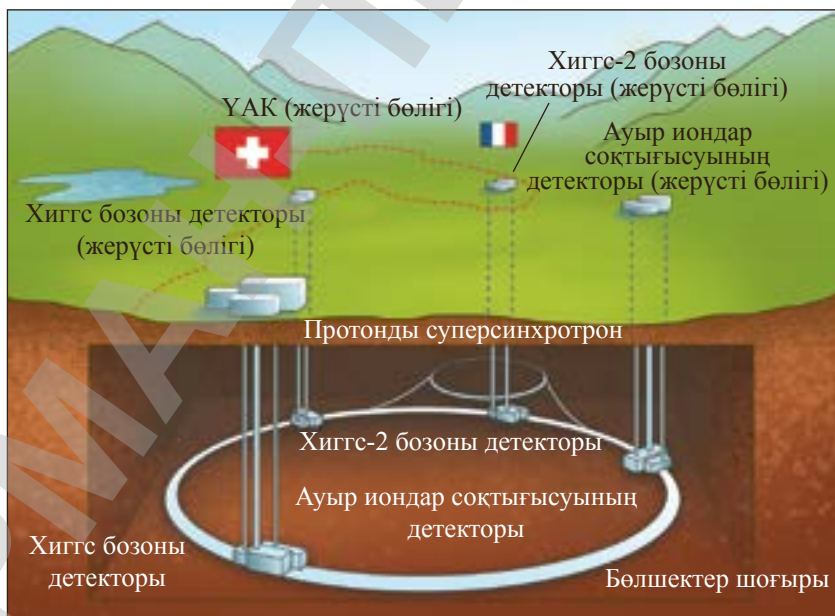


213-сурет. Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Ядролық физика институтындағы У–150М изохрондық циклотрон



#### 4-тапсырма

ҮАК құрылғысының принциптік сұлбасын қараңдар (214-сурет).  
ҮАК-тың негізгі блоктары мен бөлшектерін атаңдар.



214-сурет. ҮАК (Үлкен адрондық коллайдер) құрылғысының принциптік сұлбасы

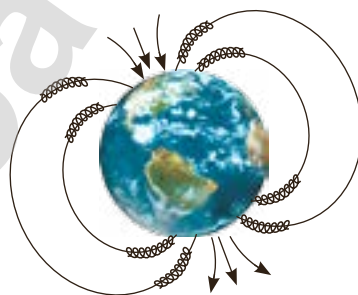


215-сурет. Үлкен адрондық коллайдер

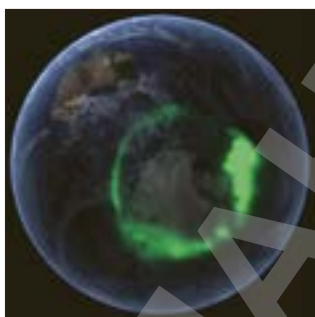
**Бұл қызық!**  
 ҮАҚ – әлемдегі ең ірі тәжірибелік қондырғы. Оның құрылысына және зерттеулерге 100-ден астам елден 10 мыңнан астам ғалымдар мен инженерлер қатысты (215-сурет).

### VI Лоренц күші және полярлық шұғыла

Жер полюстерінің маңында полярлық шұғыланың пайда болуы Жердің магнит өрісінің әсерімен түсіндіріледі. Ғарыштан ұшып шыққан зарядталған бөлшектер Жер өрісінің индукция сызықтарының бойына «орам» жасай орналасады (216-сурет). Бөлшектер Жерге полярлық аймақтарда жақындап, солғын разряд – полярлық шұғыла тудырады (217-сурет). Полярлық шұғыла Жер бетінде ғана болмайды. 218-суретте Күн белсенділігі кезіндегі Юпитердің суреті көрсетілген. Сурет Жерді айнала қозғалатын рентгендік Чандра обсерваториясында алынған.



216-сурет. Жердің магнит өрісіндегі зарядталған бөлшектердің қозғалысы



217-сурет. Жер бетіндегі полярлық шұғыла. Ғарыштан түсірілген сурет



218-сурет. Юпитердегі полярлық шұғыла

**5-тапсырма**  
 217 және 218-суреттерді қараңдар. Олардың ұқсастықтары мен айырмашылықтарын көрсетіңдер. Күн жүйесінің қандай планеталарында полярлық шұғыла болады? Оларды қандай жағдайда көруге болады?

**Жауабы қандай?**

Теріс зарядталған бөлшекке әсер ететін Лоренц күшін анықтағанда, нәліктен төрт саусағымыз бөлшектердің қозғалыс бағытына қарсы бағытталған?

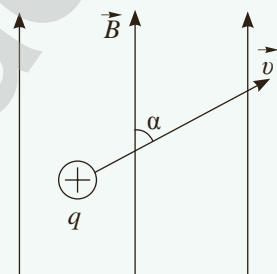
### Бақылау сұрақтары:

1. Ампер күшінің бағыты мен мәнін қалай анықтайды?
2. Қандай күш Лоренц күші деп аталады?
3. Лоренц күшінің мәні қандай шамаларға тәуелді?
4. Ампер күші мен Лоренц күші арасында қандай байланыс бар?
5. Оң бөлшектерге әсер ететін Лоренц күштерінің бағытын қалай анықтайды? Теріс бөлшектерге әсер еткен жағдайда ше?
6. Егер жылдамдық магнит индукциясы векторына перпендикуляр болса, бөлшек қандай траектория бойымен қозғалады?

### ★ Жаттығу

27

1.  $I = 1,5$  А ток ағып өтетін ұзындығы  $l = 1$  м түзу сызықты өткізгіш индукциясы  $B = 10$  Тл магнит өрісінде орналасқан. Магнит өрісінің күш сызықтары өткізгіштің осіне параллель болса, өткізгішке әсер ететін күшті анықтаңдар.
2. Индукциясы  $B = 0,25$  Тл біртекті магнит өрісіне  $q = -2 \cdot 10^{-6}$  Кл нүктелік заряд  $v = 8$  м/с жылдамдықпен ұшып кіреді. Заряд жылдамдығы мен магнит индукциясы арасындағы бұрыш  $\alpha = 30^\circ$  (219-сурет). Зарядқа әсер ететін күштің модулін және бағытын анықтаңдар.
3. Электрон индукциясы  $B = 0,01$  Тл біртекті магнит өрісінде шеңбер бойымен  $v = 10^6$  м/с жылдамдықпен қозғалады. Электронға әсер ететін күшті және шеңбердің радиусын анықтаңдар.



219-сурет. 2-есепке

### Шығармашылық тапсырма

ppt–презентациясын қолданып, мына тақырыптарға хабарлама дайындаңдар:

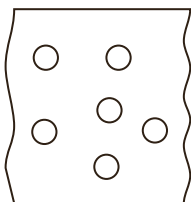
1. Магнитті ілмек.
2. ТОКАМАК.

## § 29. Заттардың магниттік қасиеттері

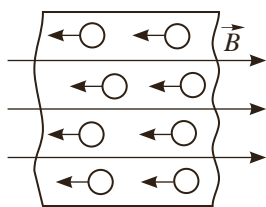
### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- магнитті материалдар (неодим магниті, датчиктер, сейсмографтар, металіздегіштер) қолданылатын заманауи салаларды сипаттап, олардың қолданылуын талқылай аласыңдар.



а)



ә)

**220-сурет.** Лоренц күшінің әсерінен диамагнетиктерде сыртқы өріске қарсы әсер ететін магнит өрісі пайда болады

### I Заттардың магниттік қасиеттері. Магнит өтімділік

Барлық заттар магниттік қасиеттеріне қарай шартты түрде әлсіз магниттік және күшті магниттік заттар болып бөлінеді. Заттардың магниттік қасиеттерінің негізгі сипаттамасы – магнит өтімділік болып табылады.

**Магнит өтімділік – заттағы магнит өрісінің индукциясы вакуумдағы магнит өрісінің индукциясынан неше есе артық екенін көрсететін физикалық шама.**

$$\mu = \frac{B}{B_0},$$

мұндағы  $\mu$  – магнит өтімділік,  $B$  – заттағы магнит өрісінің индукциясы,  $B_0$  – вакуумдағы магнит өрісінің индукциясы.

Әлсіз магниттік заттардың магнит өтімділігі 1-ге жуық. Магнит өтімділігі 1-ден артық заттарды  $\mu > 1$  парамагнетиктер, 1-ден кіші заттарды  $\mu < 1$  диамагнетиктер деп атайды.

Қосымшадағы 16-кестеде кейбір заттардың магнит өтімділіктері берілген.

Күшті магнитті заттардың магнит өтімділігі жүздеген және мыңдаған бірлікке жетеді, мысалы, темір үшін  $\mu \approx 5000$ , никель мен темір қоспалары болып табылатын пермаллой үшін  $\mu \approx 100000$ . Темір, никель, кобальт, гадолиний сияқты химиялық элементтер күшті магниттік заттарға жатады, сондықтан оларды ферромагнетиктер деп атайды.

*Ферромагнетиктер – магнит өтімділігі жоғары заттар.*

### II Заттардың магниттік қасиеттерінің табиғаты

- 1) **Диамагнетизм табиғаты.** Сыртқы магнит өрісі болмаған жағдайда диамагнетиктер магниттік қасиеттерге ие болмайды. Өз орбиталарымен қозғалатын электрондар тудырған әлсіз токтар бірін-бірі толықтыратын магниттік моменттер тудырады (220 а) сурет). Егер диамагнетикті магнит өрісіне орналастырсақ, электрондарға Лоренц күші әсер етеді. Электрондардың айналу бағыты өзгереді, затта бағыт жағынан сыртқы өріске қарама-қарсы магнит өрісі пайда болады (220 ә) сурет). Суперпозиция принципі бойынша диамагнетик тудырған магнит өрісі сыртқы өрісті әлсіретеді.
- 2) **Парамагнетизм табиғаты.** Парамагнетиктер атомдары өздік магнит моменттеріне ие болады. Атомдардың жылу қозғалысына байланысты олар әртүрлі

бағыттарға бағытталған және бірін-бірі толықтырады (221 а) сурет). Сыртқы магнит өрісінің әсерінен электрондардың орбита бойымен қозғалысынан туындаған өрістердің магнит моменттері сыртқы өрістің магнит индукциясы бағытымен орналасады (221 ә) сурет). *Парамагнетиктер сыртқы өрісті күшейтеді.*

- 3) *Ферромагнетизм табиғаты.* Ферромагнетиктерде магнит өрісі электрондардың ядро айналасында айналуынан ғана емес, электрондардың өз осінен айналуынан да туындайды. Электрондардың өздік айналу моменті *спин* (ағылш. *spin* – айналу) деп аталады. Сыртқы магнит өрісі болмаған жағдайда ферромагнетиктердің ішінде өздігінен магниттелген аймақтар – *домендер* болады. Бұл аймақтарда электрон спиндері бір бағытқа бағытталған (222 а) сурет). Сыртқы магнит өрісі болған жағдайда домендердің шекарасы жойылады, олардың магнит өрісі сыртқы магнит өрісінің магнит индукция векторының бойымен бағытталды. Бұл сыртқы магнит өрісін біршама күшейтеді. (222 ә) сурет).

Температураның жоғары мәндерінде ферромагнетиктер магниттік қасиеттерін жоғалтады. Әрбір зат үшін бұл температура түрлі мәнге ие, бұл температураны француз физигі П.Кюридің құрметіне Кюри температурасы (нүктесі) деп атайды.

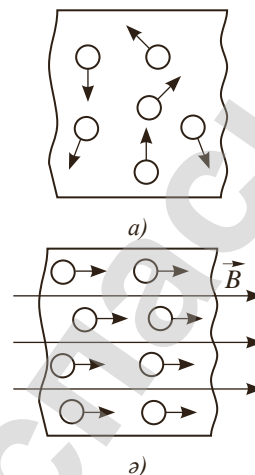
*Кюри температурасынан жоғары температура-ларда ферромагнетиктер парамагнетиктерге айналады, олардың магнит өтімділіктері бірге жуық мәнге  $\mu > 1$  дейін төмендейді.*

### III Жұмсақ магнитті және қатаң магнитті ферромагнетиктер

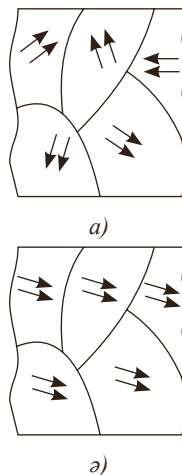
Барлық ферромагнетиктер жұмсақ магнитті және қатаң магнитті болып екі топқа бөлінеді. Жұмсақ магнитті ферромагнетиктер магниттік қасиеттерін оңай жоғалтады. Қатаң магнитті ферромагниттер магниттік қасиеттерін ұзақ уақыт сақтайды.

### IV Ферромагнетиктердің қолданылуы

Жұмсақ магнитті материалдар жылдам магниттелу қасиеттерінің арқасында магнитоэлектрлік жүйеде трансформатордың, электроқозғалтқыш пен генератордың, өлшеу аспаптарының өзекшелерін дайындауда қолданылады. Қатаң магнитті ферромагнетиктерді тұрақты магниттер жасауда пайдаланады. Тұрақты магниттердің магнит өрісі уақыт өте келе



221-сурет. Атомдардың өздік магнит моменттері сыртқы магнит өрісінің күші сызықтарының бағытымен орналасып, оны күшейтеді



222-сурет. Ферромагнетиктердің сыртқы магнит өрісін күшейтеуі электрондардың өз осінен айналуына байланысты

9-кесте. Кейбір заттар үшін Кюри температурасы

Зат	Температура
Темір	767 °С
Никель	360 °С
Кобальт	1130 °С

элсірейді, дұрыс сақталмаған жағдайда магниттер магниттік қасиеттерін жоғалтады. Тұрақты магнитті соленоид тудырған өріске орналастырып, оның максимал магниттік қасиетін қалпына келтіруге болады. Тұрақты магниттердің магниттік қасиеттерін сақтау үшін сыртқы кеңістікке энергия берілуін азайту керек. Бұл үшін таға тәрізді магниттердің полюстерін жұмсақ магнитті темірден жасалған пластина – зәкірмен жалғайды. Осылайша, ұзақ уақыт бойы магнит ішінде молекулалардың орналасуы өзгеріссіз сақталады. Жолақ магниттерді сақтауда оларды әртатас полюстерімен қатарластырып жұптайды, полюстерін жұмсақ темірден жасалған зәкірмен тұйықтайды.

## V Неодим магниттер және олардың қолданылуы

Өлшемдері кішкентай неодим магниттер ең үлкен тартылыс күшіне ие. Олар әртүрлі қатынаста неодим, темір және бор қоспасынан  $NdFeB$  жасалған және коррозияға қарсы қабатпен қапталған (223-сурет). Бұндай күшті тұрақты магниттердің магниттілігі қарапайым магниттердің магниттілігінен 18 есе артық. Мұндай магниттерді ең алғаш 1982 жылы Sumitomo Special Metals компаниясы мен оның серіктесі General Motors компаниясы жасап шығарды.

Неодим магниттердің қолданылу аясы өте кең. Оларды жеңіл және ауыр өнеркәсіпте қолданады. Неодим магниттерден магнит құлыптар, сусымалы өнімдерді құрамында металл бар қоспалардан тазалау үшін магнитті сепараторлар, әртүрлі процестерді автоматтандыру үшін (мысалы, гидравликалық пресс поршенінің қозғалысы) қолданылатын датчиктерді жасайды (224 а) сурет). Кіретін есіктерге орнатылған датчиктер тиімді күзет жүйесін құруға мүмкіндік береді (224 ә) сурет). Неодим магниттердің пайда болуы тұрақты магниті бар генераторлар мен қозғалтқыштар жасауға жол ашты. Сонымен қатар неодим магниттерді кәдесыйлар мен зергерлік бұйымдар жасауда пайдаланады. Заманауи қысқыштар, түймелер, тоназытқышқа жапсырылатын магниттер пайда болды. Құрастырғыш, текше (кубик) сияқты ойыншықтар жасалды (225-сурет). Металіздегіштер үлкен сұранысқа ие болды. Олардың сым арқанға немесе арқанға арналған арнайы қыстырғыштары бар. Олар құрамында темірі бар денелерді су қоймаларынан, шұңқырлардан, құдықтардан іздеу үшін, көтеру үшін қолданылады. Диаметрі 80 мм, биіктігі 40 мм цилиндр 300 кг салмақты көтереді (226-сурет).

### ✓ Есте сақтаңдар!

Ферромагнетиктер қатты соққыларда магниттік қасиеттерін жоғалтады.

### ? Жауабы қандай?

1. Неліктен ферромагнетиктер Кюри температурасында магниттік қасиеттерін жоғалтады?
2. Неліктен электромагнитті кранмен қызған темірді тасымалдай алмаймыз?



223-сурет. Әртүрлі пішіндегі неодим магниттер



a)



ә)

224-сурет. Неодим магниттен жасалған датчик





225-сурет. Саусақ икемділігін дамытуға арналған ойыншық – текше



226-сурет. Неодим магниттен жасалған металіздегіш

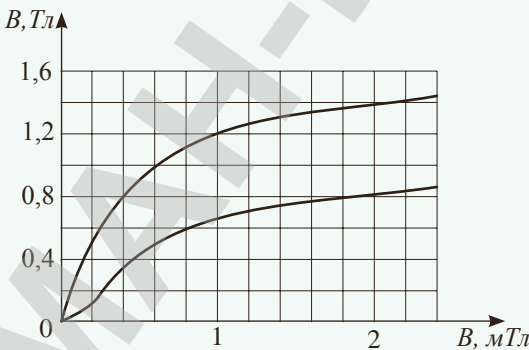
### Бақылау сұрақтары:

1. Ортаның магнит өтімділігінің физикалық мағынасы қандай?
2. Заттар магниттік қасиеттеріне қарай қандай топтарға бөлінеді?
3. Диамагнетизм, парамагнетизм және ферромагнетизм табиғаты қандай?
4. Жұмсақ және қатаң магнитті ферромагниттердің айырмашылықтары неде?
5. Ферромагнетиктерді қайда қолданады?

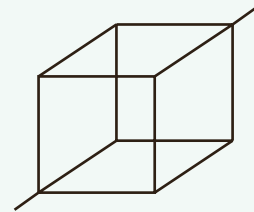
### ★ Жаттығу

28

1. График бойынша (227-сурет) өрістің  $B_0$  индукциясы 0,4 және 1,2 мТл болған кездегі, болаттың магнит өтімділігін анықтаңдар.
2. Текше диагоналының ұштарына тұрақты кернеу берілді, оның қабырғаларымен ток ағып өтеді (228-сурет). Өрістің текше центріндегі магнит индукциясы неге тең?



227-сурет. 1-есепке арналған



228-сурет. 2-есепке арналған

### Шығармашылық тапсырма

«Магнитті материалдар қолданылатын заманауи өндіріс салалары» тақырыбына ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар.

## § 30. Жасанды магниттер. Соленоид

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- тәжірибе жүзінде жасанды магнит құрастырып, оның қолданыс аясын;
- соленоидтың магнит өрісіне әсер ететін факторларды түсіндіре аласыңдар.



### Жауабы қандай?

1. Инені қалай магниттеуге болады?
2. Қосымша құралдарды пайдаланбай, екі иненің қайсының магниттік қасиетке ие екенін қалай анықтауға болады?



### Бұл қызық!

Ертеде магнитті «Магнесиядан келген тас» деп атаған. Аңыз бойынша 4000 жыл бұрын криттік Магнус деген бақташы Магнесия деп аталатын жерде қой бағып жүріп, аяқ киіміндегі шегелер мен асатаяғының темір ұшы тасқа бұғауланғанын сезеді. Осылайша, алғаш рет магнитті темір кені – магнетит табылған делінеді. Бұл минералды адамдар тұсбағар ретінде қолданды. Егер магнитті жіпке іліп қойса, оның магнит өрісі Жердің магнит өрісімен теңескенше айналып тұра береді.

### I Табиғи және жасанды магниттер

Ежелгі замандарда табиғи магниттерді магнитті темір кесектерін қайрау арқылы алатын. Күшті магниттер көлемі едәуір үлкен болатын. Осындай әдіспен алынған ең үлкен атақты табиғи магнит Эстониядағы Тарту қаласындағы университетте сақтаулы. Массасы 13 кг магнит 40 килограмм жүкті көтере алады.

*Жасанды магниттер – адамдар жасап шығарған магниттер.* Жасанды магниттердің екі түрі белгілі: 1) *электромагниттер* – ферромагниттік өзекшесі бар шарғылар; 2) *тұрақты магниттер*, олар қатан магнитті ферромагнетиктерден жасалған немесе ұзақ уақыт бойы магниттік қасиеттерін сақтай алатын әртүрлі материалдардың ұнтақтарының қоспаларынан тұрады.

### II Тұрақты магниттерді жасау тәсілдері

Ағылшын физигі Вильям Гильберт Ирландияда болғанында темір бағаналардың магниттік қасиеттерін зерттеді. Ол көне бағаналардың барлығы тұрақты магниттердің қасиеттеріне ие болғанын байқады, оның үстіне бағаналардың төменгі бөлігі оң полярлы болған. Аустралияда болған саяхатшылар темір бағаналардың оң полюсі жоғарғы жағында орналасқанын байқаған. Зерттеулер меридиан бойында орналасқан темір өзекше уақыт өте келе магниттелетінін көрсетті: оңтүстікке қараған ұшы солтүстік полярлы, ал қарама-қарсы ұшы оңтүстік полярлы болады. *Осылайша, магнит өрісіне енгізілген құрамында ферромагнетик бар кез келген дене магнитке айналады.*

Егер шеге немесе болат өзекшені тұрақты магнит өрісінің күш сызықтарының бойына қойса немесе тұрақты магнитпен жанастырса, онда олар магниттік қасиетке ие болады. Мұндай тәсілмен алынған магниттер әлсіз болады. Аса күшті магнитті болат өзекшені магнитпен бір бағытта ысқылағанда алуға болады. Ысқылау әдісімен алынған жасанды магниттер жасау Англияда XVIII ғасырда бастау алды.

### III Жасанды магниттерді жасауға арналған материалдар

XIX ғасырдың соңына қарай магниттерді вольфрам қосылған темірлерден жасап шығара бастады, бұл жасанды магниттердің қасиеттерін 3 есе жақсартты. Кобальтты қосу арқылы жасанды

магниттердің қасиеттері тағы да 3 есе арттырылды. Заманауи *ферритті магниттерді* барий немесе стронций ферриті мен темір оксидінің қорытпасынан алады (229-сурет). Аталған құрам магниттік қасиеттердің  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  және  $270\text{ }^{\circ}\text{C}$  температура аралығында сақталуына мүмкіндік береді.



229-сурет. Ферритті магниттер



230-сурет. «Альнико» қорытпасынан жасалған магниттер



231-сурет. Самарий магниттері



232-сурет. Неодим магниттер

XX ғасырдың басында ең күшті магнитті қорытпа «альнико» қорытпасы болды, ол *аллюминий, никель және кобальттан* тұрады (230-сурет). Альникодан жасалған магниттердің көмегімен салмағы магниттің өз салмағынан 500 есе артық темір заттарды көтеру мүмкін болды. Магнитті құйып жасау технологиясын ұнтақ тектес альниконды біріктіруге алмастыру арқылы массасы өз массасынан 4450 есе артық заттарды көтере алатын магниттер жасау мүмкін болды. Аллюминий, никель, кобальт қорытпасы негізіндегі тұрақты магниттер жоғары температураға төзімділігімен және тұрақтылығымен ерекшеленді, олар магниттік қасиетін  $+550\text{ }^{\circ}\text{C}$  температураға дейін сақтай алды.

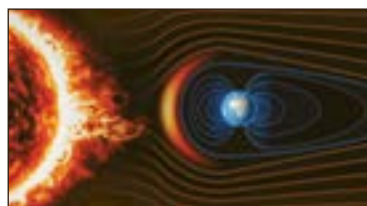
Самарий мен кобальт қорытпасынан тұратын *самарий магниттері* шіріп кетуге, қышқылдануға және  $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ге дейінгі температураға төзімді (231-сурет).

1982 жылы жапондық ғалымдар *неодим магниттерді* ойлап тапты (232-сурет). Олар ең күшті магниттер болып табылды. Бор, темір және неодим қорытпасынан жасалған



### Жауабы қандай?

1. Күн жүйесіндегі қандай планеталар магнит өрісіне ие?
2. Жұлдыздардың айналасында магнит өрісінің пайда болу себебі неде?
3. Өмір сүрудің қолайлы жағдайларын сақтауда Жердің магнит өрісінің маңызы қандай (233-сурет)?
4. Неліктен қоймада жатқан болат жолақшалар мен рельстер уақыт өте келе магниттеледі?



233-сурет. Жердің магнит өрісі

магниттердің негізгі сипаттамалары: магнит күшінің тұрақтылығы, олар 10 жылда 1–2 % қана магнитсізде-неді; жоғары беріктікке ие; коррозияға шыдамды.

#### IV Электромагнит

1820 жылы Х.Эрстед тогы бар өткізгіш айнала-сында магнит өрісі пайда болатынын байқады. 1825 жылы британдық физик және электротехник Уильям Стерджен алғашқы электромагнитті ойлап тапты. Ол таға түрінде майыстырылған темір өзек-шені мыс сыммен орап шықты, содан кейін сым бойымен ток көзін жіберіп, темір магниттік қасиетке ие болатынына көз жеткізді. Токты өшіргенде маг-ниттік қасиеттер әлсіреді, бірақ магниттелу уақытша сақталып тұрады. Қысқа тұйықталу болмау үшін орағанда сым бөлшектері бір-біріне тимеуі керек. Темір өзекшеге неғұрлым көп сым оралса, магнит өрісі соғұрлым күштірек болады. Стерджен электро-магнитпен массасы 9 фундқа жететін темір тілімін көтере алды.

1827 жылы Д.Генри шарғы орамдарының қысқа тұйықталу мәселесін шешті, ол мыс сымды жібек матамен орады да, темір өзекшені бірнеше қабатпен шырмап шықты. 1831 жылы Д.Генри 1500 кг көтере алатын электромагнит құрастырды.

#### V Соленоид

Қазір бірнеше орамы бар шарғылар – соленоид-тар кең қолданысқа ие. Олардың ұзындығы диаметрі-нен бірнеше есе артық  $l \gg d$ . *Соленоидтар орама-лары* бір қабатты немесе бірнеше қабатты орауышы бар мыс сымнан жасалады. Өзекшелері магнит өтімділік коэффициенті жоғары мәнге ие әртүрлі материалдардан: темір, құрыш, ферриттен жасалады.



#### Есте сақтаңдар!

Соққы мен темпера-тураның күрт өзгеруі тұрақты магниттің магнитсізденуіне әкеп соғады. Кюри нүктесіне дейін қыздырылғанда магниттік қасиеттер толық жойылады.



#### Бұл қызық!

Б.з.б. 1 мыңжылдықта Қытай-да пайда болған алғашқы тұсбағар дүниенің төрт бұрышы бейнеленген мыс парақша түрінде болды (234-сурет). Магниттелген көрсеткіш Жетіқарақшы жұлдыздар тобын білдіретін ожау формасында болды. Айналдырылған ожау тоқта-ғанда, оның сабы оңтүстікті көрсететін.



234-сурет. Көне Қытай тұсбағары



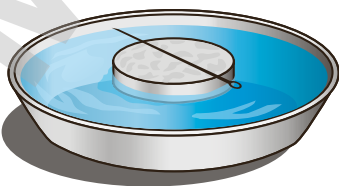
#### Есте сақтаңдар!

1 фунт = 0,454 кг



#### 1-тапсырма

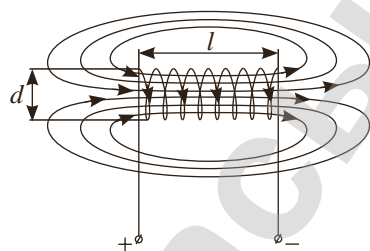
235-суретте берілген тұсбағарды жасау процесін көрсетіндер.



235-сурет. Қолдан тұсбағар жасау

Ток өткенде соленоид айналасында жолақ магниттің магнит өрісі сияқты өріс пайда болады (236-сурет). Күш сызықтары шыққан ұшы соленоидтың солтүстік полюсі болады, ал күш сызықтары енген ұштары оңтүстік полюс болады. Соленоид полярлығы ондағы токтың бағытына тәуелді. Соленоид ішінде күш сызықтары бір-біріне параллель, бұл магнит өрісі біртекті екенін көрсетеді.

Егер соленоидтың ішіне болат кесекті салсақ, біраз уақыттан соң магнит өрісі әсерінен кесек магниттеледі. Бұл тәсілді тұрақты магнит өндіру үшін қолданады (237-сурет).



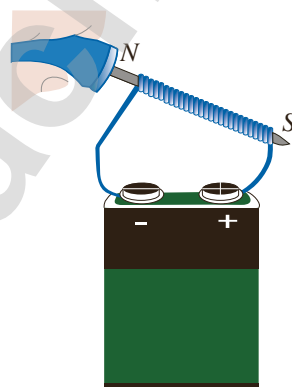
236-сурет. Соленоид ішіндегі магнит өрісі біртекті

## VI Біздің өміріміздегі магниттер

Сақина, кесек, таға формасындағы ферритті магнит өндірісте, тұрмыста, техника мен электроникада кеңінен қолданылады. Оларды акустикалық жүйелерде, генераторларда, тұрақты ток қозғалтқыштарында пайдаланады. Көлік құрастыруда ферритті магниттерді стартерге, әйнек көтергішке, суыту жүйелеріне және желдеткіштерге орнатады.

Самарий мен кобальт қорытпасынан жасалған күшті магниттер агрессивті орта мен күрделі жағдайларда пайдалануға қолайлы. Самарий магниттері ширге қарсы қасиетінің болуы арқасында ғарыш аппараттарында, авиация және компьютер техникасында қолданыс тапты. Оларды электр қозғалтқыштарда, генераторларда, көтеру жүйелерінде қолданады.

Күшті тұрақты неодим магниттер өндірістің әр саласында жаңа мүмкіндіктер ашуға септігін тигізді. Оларды электротехникада, медициналық жабдықтарда: магниттік-резонанстық томографтарда, фильтрлер мен тазалау құрылғыларында қолданады.



237-сурет. Соленоидтың магнит өрісіне кіргізілген шеге тұрақты магнитке айналады

### Өз тәжірибең

Электромагнит құрастырындар (237-сурет).

Оның әсерін темір үгінділері мен магнит тілшелердің көмегімен зерттеңдер.

1. Оң қол ережесі мен магнит тілшенің көмегімен магнит полюстерін анықтаңдар.  
Орамадағы ток бағытын өзгертіндер. Бұл жағдай шарғы ұшындағы полярлыққа қандай әсерін тигізеді?
2. – Орамадағы ток күшінің өзгеруі;  
– орамдар санының өзгеруі;  
– өзекше материалының өзгеруі;  
– электромагниттен темір үгінділеріне дейінгі қашықтықтың өзгеруі электромагнит әрекетіне қалай әсер ететінін анықтаңдар.



### Естеріңізге түсіріңдер!

Егер оң қолымызды соленоидқа төрт саусағымыз ток бағытын көрсететіндей етіп ұстасақ, онда қайырылған бас бармағымыз соленоидтың солтүстік полюсін көрсетеді.



### 2-тапсырма

1. 236-суреттен соленоидтың магнит өрісінің полюстерін анықтаңдар.
2. 237-суретті қарастырыңдар, тұрақты магниттің полюстері дұрыс бейнеленгенін тексеріңдер.

## VII Заманауи ғылымдағы магниттер

Магниттер заманауи ғылымдарда кеңінен қолданылады. Магнитті материалдар аса жоғары жиілік диапазонында жұмыс істеу үшін, дыбыс жазу және оларды тыңдауда, магнитті есте сақтау құрылғыларын құрастыру үшін қажет. Магнитстрикциялы түрлендіргіштер теңіз тереңдігін анықтауға көмектеседі. Аса сезімтал магнит элементтері бар магнитометрсіз өте әлсіз магнит өрісін өлшеу мүмкін емес. Магнитті дефектоскопия – темір құймаларда қоспалар мен қуыстарды анықтауға мүмкіндік беретін әдіс.

Магнетохимия – физикалық химияның магниттер мен заттардың химиялық қасиеттерінің арасындағы байланысты зерттейтін бөлімі; сонымен қатар магнетохимия магнит өрісінің химиялық процестерге тигізетін әсерін зерттейді. Магнитті және химиялық қасиеттердің арасындағы байланысты зерттеу зат құрылысының химиялық ерекшелігін анықтауға мүмкіндік береді.

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай магниттерді жасанды деп атайды?
2. Жасанды магниттің қандай екі түрі бар және оларды қалай жасайды?
3. Соленоид дегеніміз не? Негізгі сипаттамалары қандай?
4. Магниттер қайда қолданылады?

### ★ Жаттығу

29

1. Вертикаль магнит тартатын темір шар магниттің тартылыс күші шарға әсер ететін ауырлық күшін теңгеретіндей қашықтықта орналасқан, демек, шар ауада тіреусіз қалқып тұра алады. Бұндай тепе-теңдік орнықты ма әлде орнықсыз ба? Егер біз шарды сәл түсірсек немесе жоғары көтеріп, теңдік күйінен ауытқытсақ, ол қалай қарай қозғалады?
2. Тегіс шыны бетіндегі темір текше осы шыныда жатқан магнитке тартылады. Текше шыны бетімен сырғиды. Ол қалай қозғалады (бірқалыпты, тең үдемелі немесе өспелі үдемелі)?

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне ppt–презентация дайындаңдар:

1. Ұнтақтық металлургия – тұрақты магниттерді жасаудың заманауи технологиясы.
2. Тұсбағар түрлері, олардың құрылысы мен әрекет ету принципі.
3. Магнитті материалдар қолданылатын заманауи салалар.

## 13-тараудың қорытындысы

Тоғы бар өткізгіш өрісінің магнит индукциясы	Өзара әрекеттесу күштері	Заттың магнит өтімділігі
Түзу өткізгіш үшін $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$	Ампер күші $F_A = BI \cdot l \sin \alpha$	$\mu = \frac{B}{B_0}$
Дөңгелек ток үшін: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$	Лоренц күші $F_L = \frac{F_A}{N}$	Магниттік тұрақты $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2}$
Соленоид үшін $B = \mu_0 nI$	$F_L = q_0 Bv \sin \alpha$	
Өрістің суперпозиция принципі $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$		

### Заңдар, ережелер

#### Бұрғы ережесі

Егер бұрғының ілгерілемелі қозғалысын өткізгіштегі ток бағытымен сәйкестендірсек, бұрғы тұтқасының айналмалы қозғалысы магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсетеді.

#### Оң қол ережесі

Егер оң қолымызды шарғыға тигізбей төрт саусағымыз ондағы ток бағытын көрсететіндей етіп ұстасак, онда  $90^\circ$ -қа бұрылған бас бармағымыз магнит өрісінің бағытын көрсетеді.

#### Ампер заңы

Магнит өрісінің тоғы бар өткізгішке әсер ететін күші магнит индукциясының перпендикуляр құраушысына, ток күшіне және өткізгіштің ұзындығына тура пропорционал.

#### Сол қол ережесі

Егер сол қолымызды индукция векторы алақанымызға кіретіндей, ал төрт саусағымыз ток бағытын көрсететіндей етіп ұстасак, онда  $90^\circ$  бұрышқа бұрылған бас бармағымыз Ампер күшінің бағытын көрсетеді.

### Глоссарий

**Ампер күші** – магнит өрісінің тоғы бар өткізгішке әсер ететін күші.

**Диамагнетиктер** – магнит өтімділігі 1-ден кіші заттар:  $\mu < 1$ .

**Лоренц күші** – магнит өрісі тарапынан өрісте қозғалатын зарядталған бөлшекке әсер ететін күш.

**Магнит индукциясы** – магнит өрісінің тоғы бар өткізгішке күштік әсерін сипаттайтын физикалық шама.

**Магнит өрісі** – қозғалыстағы электр зарядтарына, тоғы бар өткізгішке, магниттік моменті бар кіші денелерге әсер ететін материяның бір түрі.

**Магнит өтімділігі** – заттағы магнит өрісінің индукциясы вакуумдағы магнит өрісінің индукциясынан неше есе өзгеше екенін көрсететін физикалық шама.

**Парамагнетиктер** – магнит өтімділігі 1-ден артық заттар:  $\mu > 1$ .

**Магнит өрісінің күш сызықтары** – жанамалары кез келген нүктеде магнит индукция векторының бағытын көрсететін сызықтар.

**Ферромагнетиктер** – магнит өтімділігі жоғары заттар.



# ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ИНДУКЦИЯ

Электромагниттік индукция құбылысын 1831 жылы Майкл Фарадей ашты. Бұл электр тогы мен магнит өрісі арасындағы үздіксіз байланысты түпкілікті бекітті. XIX ғасырда электромагниттік индукция заңының ашылуы электротехника мен радиотехниканың қарқынды дамуына жол ашты. Электромагниттік индукция құбылысы негізінде электр энергиясының индукциялық генераторлары мен трансформаторлары жасап шығарылды, электр энергиясын алыс қашықтықтарға жеткізу мүмкін болды.

## Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- магнит ағыны өзгергенде электр қозғаушы күштің пайда болуын түсіндіре аласыңдар;
- Ленц ережесін түсіндіре аласыңдар;
- электромагниттік құралдардың (электромагниттік реле, генератор, трансформатор) жұмыс істеу принципін түсіндіре аласыңдар;
- магниттік-резонанстық томографияның практикалық мәнін түсіндіре аласыңдар.

## § 31. Электромагниттік индукция заңы

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

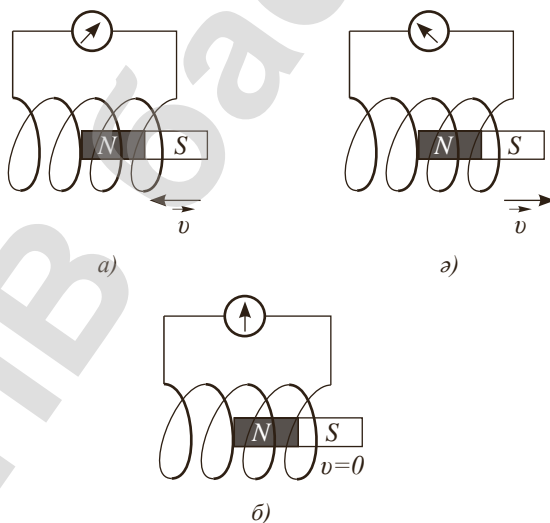
- магнит ағыны өзгергенде электр қозғаушы күштің пайда болуын және Ленц ережесін түсіндіре аласыңдар.

### I Электромагниттік индукция құбылысы

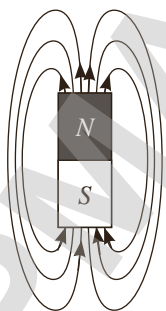
Заманауи құралдарды қолдана отырып, тұйықталған өткізгіште қандай шарттарда индукциялық ток пайда болатынын түсіндіру қиын емес. Гальванометрге жалғанған шарғыға енгізілген магнитті қозғасак, гальванометр көрсеткішінің өзгергенін байқауға болады, бұл индукциялық токтың пайда болғанын білдіреді (238 а) сурет). Магнитті алған кезде көрсеткіш қарама-қарсы бағытқа ауытқиды, өткізгіштегі ток өзінің бағытын өзгертеді (238 ә) сурет). Егер магнит шарғыға қатысты қозғалмаса, гальванометр тілшесі нөлді көрсетеді, шарғыда ток болмайды (238 б) сурет).

### Өз тәжірибең

238-суретте көрсетілгендей, шарғымен және тұрақты магнитпен тәжірибе жүргізіңдер, сонымен қатар электромагнитті де қолданыңдар. Тәжірибеден алынған нәтижелердің қорытындысы мен оқулықтағы қорытындыны салыстырыңдар.



238-сурет. Индукциялық токтың күші мен бағыты магниттің қозғалыс жылдамдығына тәуелді



239-сурет. Жолақ магниттің магнит өрісі біртекті емес

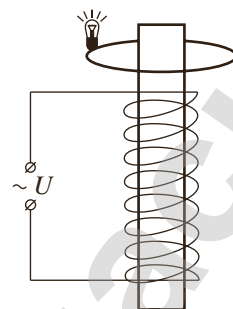
Магниттің шарғыға қатысты орын ауыстыруы оны тесіп өтетін күш сызықтарының санының өзгеруіне алып келеді, магнитке жақын аймақта күш сызықтары тығызырақ болады (239-сурет). Демек, өткізгіш айнымалы магнит өрісінде болса ғана, онда индукциялық ток пайда болады.

**Тұйықталған өткізгіш контурды тесіп өтетін магнит ағынының өзгерісі кезінде индукциялық токтың пайда болу құбылысы электромагниттік индукция құбылысы деп аталады.**

Айнымалы тогы бар шарғыға қуаты аз шаммен тұйықталған өткізгіш контурды шарғы мен контурдың осьтері бір сызықтың бойында жататындай етіп жақындатамыз (240-сурет). Шам жарқырай бастайды, әрі шарғы мен контурды бір-біріне қатысты қозғалтудың қажеттілігі жоқ.

*Тұйықталған өткізгіш контурда электромагниттік индукция құбылысы мынадай шарттар болғанда байқалады:*

- 1) *егер тұрақты магнит өрісіндегі контур қозғалысы нәтижесінде оны тесіп өтетін магнит өрісінің күш сызықтарының саны өзгереді болса;*
- 2) *егер контур айнымалы магнит өрісінде тыныштықта тұрса.*



**240-сурет.** Айнымалы магнит өрісінде орналасқан тұйықталған контурда индукциялық токтың пайда болуы



**Есте сақтаңдар!**

Айнымалы магнит өрісін әртүрлі әдіспен – тұрақты магниттің орнын ауыстыру арқылы; электромагнитті айнымалы ток көзіне жалғап, электромагниті бар тұрақты ток тізбегін ажырату және қосу арқылы алуға болады.

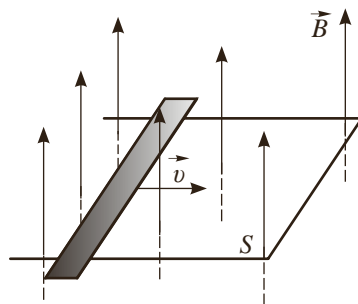
**II Магнит ағыны. Магнит ағынын өзгерту тәсілдері**

Магнит өрісінің күш сызықтарының қоюлығы оның күштік сипатын, яғни магнит индукциясын анықтайды. Контурды тесіп өтетін магнит өрісі сызықтарының саны магнит ағынын сипаттайды.

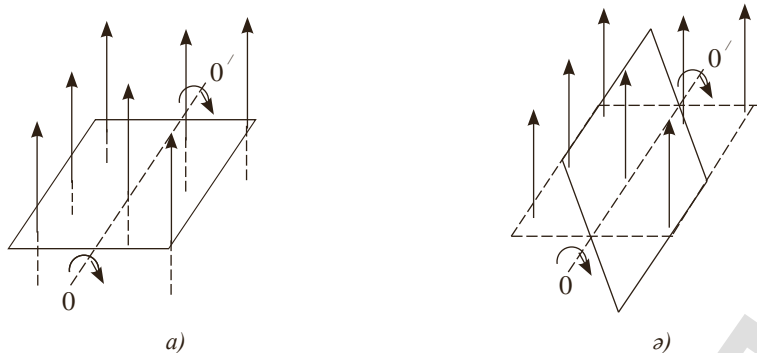
**Магнит ағыны – магнит өрісіне енгізілген тұйықталған контурды тесіп өтетін магнит индукциясы сызықтарының саны.**

Контурды тесіп өтетін магнит ағынын үш тәсілмен:

- 1) жоғарыда айтылғандай, өрістің магнит индукциясын азайту және көбейту арқылы;
- 2) контурдың ауданын өзгерту арқылы, мысалы, раманың қозғалмалы жағының өзгеруі немесе сыртқы күштердің әсерінен рама пішінінің өзгеруі (241-сурет) арқылы;
- 3) магнит өрісіндегі контурдың оны тесіп өтетін сызықтар саны өзгередіндей айналуы (242 а, ә) сурет) арқылы өзгертуге болады.



**241-сурет.** Тұйықталған контурдың ауданын өзгерту арқылы магнит ағынын өзгерту

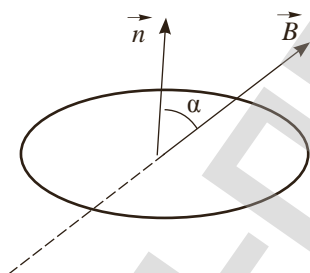


242-сурет. Магнит ағынын раманың айналуы нәтижесінде тұйық контур арқылы өзгерту

Магнит ағынын өзгерту тәсілдеріне сәйкес, оны есептеу формуласын жазайық:

$$\Phi = BS \cos \alpha, \quad (1)$$

мұндағы  $\Phi$  – контурды тесіп өтетін магнит ағыны,  $B$  – өрістің магнит индукциясы,  $S$  – раманың ауданы,  $\alpha$  – раманың ауданына түсірілген нормаль мен магнит индукциясы арасындағы бұрыш (243-сурет).



243-сурет. Рама жазықтығына түсірілген нормаль магнит өрісі векторымен  $\alpha$  бұрыш жасайды

Магнит ағыны – контурды тесіп өтетін магнит өрісі индукциясының контур ауданы және рама ауданына түсірілген нормаль мен магнит индукциясы векторының арасындағы бұрыштың косинусына көбейтіндісіне тең физикалық шама.

(1) формуладан шығатыны:

$$\Phi = B_n S, \quad (2)$$

мұндағы  $B_n = B \cos \alpha$  (3) – контур жазықтығына перпендикуляр  $\vec{B}$  векторының құраушысы.

Магнит ағынының ХБЖ-дағы өлшем бірлігі 1 *вебер*, ол электр және магнит өрістері саласында көп еңбек еткен неміс физигі Вильгельм Вебердің құрметіне аталған.

$$[\Phi] = 1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2.$$



**Вильгельм Эдуард Вебер** (1804–1891) – неміс физигі. Вебердің негізгі еңбектері электромагнетизмге, акустикаға, жылу құбылыстарына, молекулалық физикаға арналған. 1840 жылдан бастап, Вебер электростатикалық және магниттік шамалар және олардың арасындағы байланыс анықтамасын құру жоспарымен айналыса бастады. Оның есімімен магнит ағынының өлшем бірлігі аталады.

### III Электромагниттік индукция заңы

Тұйықталған өткізгіш контурда индукциялық токтың пайда болуы электр өрісінің белгілі бір ток көзінсіз пайда болатынын дәлелдейді. Бұл өрісті айнымалы магнит өрісі тудырады, *оның күш сызықтарының басы не ұшы болмайды. Мұндай өріс құйынды өріс деп аталады.* Контурды тесіп өтетін магнит ағыны неғұрлым жылдам өзгерсе, электр өрісі күштірек ЭҚК-сы соғұрлым көп болады:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad (4)$$

электромагниттік индукция заңының мәні де осында.

**Айнымалы магнит өрісі тудыратын құйынды өріс индукциясының ЭҚК-сы контурмен шектелген беттен өтетін магнит ағынының бірлік уақытқа қатынасына тең.**

Егер контур бірнеше орамнан тұрса, онда ЭҚК  $N$  рет артады:

$$\varepsilon_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad (5)$$

мұндағы  $N$  – орам саны.

Ережедегі минус белгісі құйынды өрістің әсеріне ұшыраған индукциялық токтың бағытын анықтайды.

### IV Магнит өрісінің энергиясы

Шарғы магнит өрісінің энергиясын жинақтауға қабілетті. Құрамында шарғы бар электр тізбегі қосылғанда, тұрақты ток көзі шарғыда пайда болған индукциялық электр өрісіне қарсы жұмыс атқаруы керек, бұл кезде шарғының магнит өрісінің энергиясы артады.

Шарғы мен қозғалыстағы дененің инерциялық қасиеттерінің ұқсастықтарына сүйене отырып, магнит өрісінің энергиясын есептеу формуласын жазайық. Шарғы инерциялығы индуктивтілікпен  $L$ , қозғалыстағы дененің инерциялық қасиеттері массамен  $m$  сипатталады. Қозғалыстағы дененің жылдамдығына ұқсас физикалық шама шарғыдағы ток күші  $I$ . Қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясы  $W_k$  мен шарғының магнит өрісі  $W_{м.ө}$  энергиясы арасындағы ұқсастық негізінде былай жазуға болады:  $W_{м.ө} = \frac{LI^2}{2}$

### V Ленц ережесі

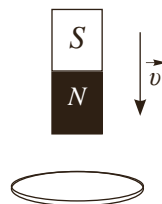
Гальванометрмен тұйықталған шарғы мен тұрақты магниттің өзара әрекеттесуі қарастырылып отырған жағдайларда Ленц ережесіне сәйкес жүреді.

#### Жауабы қандай?

1.  $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  электромагниттік индукция заңындағы «-» таңбасы неліктен қойылған?
2. Неліктен тұсбағар корпусы жезден жасалса, оның тілшесінің тербелісі тез, ал пластмассадан жасалса, баяу тоқтайды?
3. Неліктен құлап бара жатқан өткізгіш сақина жолақ магнитке жақындағанда өз қозғалысын баяулатады? Егер сақина тұйық болмаса, неліктен баялау байқалмайды?

#### Тапсырма

Алгоритмді қолдана отырып, 244-суретте көрсетілген тұйықталған өткізгіш контурдағы индукциялық токтың бағытын анықтаңдар. Тұрақты магнит контурға жақындап барады.



244-сурет. Тапсырмаға

**Контурдағы индукциялық ток оның магнит өрісі осы токты тудырған магнит ағынының өзгерісіне кедергі жасайтындай болып бағытталады.**

Индукциялық токтың бағытын анықтау үшін Ленц ережесін қолданғанда, мынадай алгоритмді ұстану керек:

1. Тұйықталған өткізгіш контурдың сыртқы өрісі үшін магнит индукциясының  $\vec{B}$  бағытын анықтау керек.
2. Контурды тесіп өтетін магнит индукциясы ағынының артатынын немесе кемитінін анықтау керек.
3. Ленц ережесіне сәйкес индукциялық ток тудырған өрістің  $\vec{B}_i$  магнит индукциясы сызықтарының бағытын анықтау керек.
  - егер ағын артса ( $\Delta\Phi > 0$ ), онда индукциялық өрістің сызықтары сыртқы өрістің магнит индукциясы сызықтарына қарама-қарсы бағытталады ( $\vec{B}_i \uparrow \downarrow \vec{B}$ );
  - егер ағын азайса ( $\Delta\Phi < 0$ ), онда индукциялық токтың және магнит индукциясының сызықтары бағыттас болуы керек ( $\vec{B}_i \uparrow \uparrow \vec{B}$ ).
4.  $\vec{B}_i$  векторының бағыты бойынша бұрғы ережесін пайдалана отырып,  $I_i$  индукциялық токтың бағытын анықтаңдар.

Магнит индукциясы векторының және индукциялық токтың бағытын анықтағаннан соң, Ленц ережесі энергияның сақталу заңына бағынатынын байқау қиын емес.



**Естеріңізге түсіріңдер!**

Егер бұрғының ілгерілемелі қозғалысы мен өткізгіштегі ток бағытын сәйкестендірсек, онда тұтқаның айналмалы қозғалысы магнит өрісіндегі күш сызықтарының бағытын көрсететін болады.

Егер өткізгіш контурды оң алақанымызға төрт саусағымыз ондағы токтың бағытын көрсететіндей етіп алсақ, онда бас бармағымыз контур ішіндегі магнит өрісінің күш сызықтарының бағытын көрсететін болады.

**ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ**

Тұйықталған тікбұрышты контур тогы бар түзу өткізгіш жазықтығында жатыр. Өткізгіштегі ток күші артады. Контурдағы индукциялық токтың бағытын және контурға әсер ететін Ампер күшін анықтаңдар.

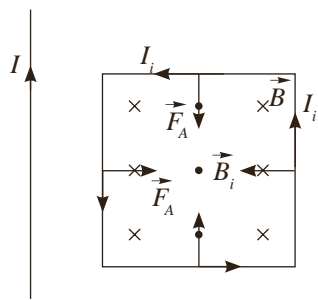
**Шешуі:**

Есепті шешу үшін Ленц ережесі бойынша индукциялық токтың бағытын анықтау алгоритмін қолданамыз.

1. *Сыртқы өрістегі магнит индукциясының  $\vec{B}$  бағытын анықтаймыз.*

Сыртқы өрісті тогы бар өткізгіш тудырады. Контур ішіндегі магнит индукциясының сызықтары раманың жазықтығына перпендикуляр және бізге қарама-қарсы бағытқа қарай бағытталған (суретті қараңдар), оларды айқыш сызықтар түрінде бейнелейік.

2. *Раманы тесіп өтетін магнит индукциясы ағынының кемитінін немесе артатынын анықтаймыз.*



- Есептің шарты бойынша ток күші артады, ал ол ағынның артуына алып келеді  $\Delta\Phi > 0$ .
3. Ленц ережесіне сәйкес индукциялық ток тудырған өрістің  $\vec{B}_i$  магнит индукциясы сызықтарының бағытын анықтаймыз.  
 $\Delta\Phi > 0$ , демек,  $\vec{B}_i$  сыртқы өрістің магнит индукциясы векторына қарама-қарсы бағытталады:  $\vec{B}_i \uparrow \downarrow \vec{B}$ .  $\vec{B}_i$  векторын суретте, рама жазықтығына перпендикуляр жоғары бағытталған нүкте – жебе ретінде саламыз.
  4. Бұрғы ережесін қолдана отырып,  $\vec{B}_i$  векторының бағыты бойынша  $I_1$  индукциялық токтың бағытын анықтаймыз.  
 Индукциялық ток сағат тіліне қарама-қарсы бағытталған.  
 Раманың қабырғаларына әсер ететін Ампер күшінің бағытын сол қол ережесімен анықтаймыз. Ампер күші артып келе жатқан магнит ағынын азайтуға ұмтылып, раманы сығады.

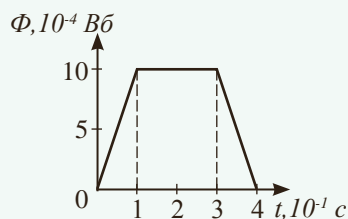
### Бақылау сұрақтары

1. Электромагниттік индукция құбылысының мәні неде?
2. Қандай шарт кезінде тұйықталған өткізгіш контурда индукциялық ток пайда болады?
3. Магнит ағыны нені сипаттайды?
4. Қандай өрісті құйынды өріс деп атайды?
5. Электромагниттік индукция заңының мәні неде?
6. Ленц ережесі бойынша нені анықтайды?

### ★ Жаттығу

30

1. Сымнан жасалған сақина индукциясы  $B = 0,5$  Тл біртекті магнит өрісінде сақина жазықтығы осы өрістің күш сызықтарына  $\alpha = 30^\circ$  бұрыш жасайтындай орналасқан. Сонымен қатар сақина арқылы өтетін магнит ағыны  $\Phi = 24$  Вб. Сақинаның радиусын анықтаңдар.
2. Орам саны  $N = 400$  соленоидтағы индукция ЭҚК-сы  $\varepsilon_i = 100$  В болған кездегі магнит ағынының өзгеру жылдамдығын анықтаңдар.
3. Шарғыны тесіп өтетін магнит ағыны уақыт өте келе 245-суреттегідей өзгереді. Шарғыдағы индукция ЭҚК-сының өзгеріс графигін салыңдар. Егер шарғыда 400 орам болса, индукция ЭҚК-сының максимал мәні қанша болады?
4. Тізбектегі ток күші 5 А-ге дейін артқанда, индуктивтілігі 0,04 Гн шарғының магнит өрісінің энергиясын анықтаңдар.



245-сурет . 31-жаттығудың 3-тапсырмасына

### Шығармашылық тапсырма

Электромагниттік индукция құбылысы қайда қолданылатынын анықтап, ppt-презентация дайындаңдар.

## § 32. Электромагниттік құралдар

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- электромагниттік құрылғылардың (генератор, трансформатор, электромагниттік реле) жұмыс істеу принципін түсіндіре аласыңдар.



### 1-тапсырма

Сөздердің мағыналарын түсіндіріңдер:

- бірнеше полярлы;
- магнитоэлектрлік;
- генератор.



### Жауабы қандай?

1. Неліктен Фарадей генераторында ось пен диск шеті арасында ЭҚК пайда болады?

2. Магнит өрісінде қозғалатын зарядталған бөлшектерге қандай күш әсер етеді?

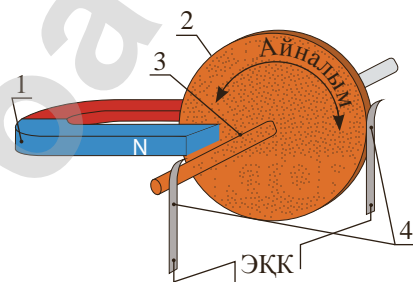
Индукциялық ток генераторы, трансформатор, электромагниттік реле сияқты құралдардың әрекеті электромагниттік индукция құбылысына негізделген,

### I Бірінші магнитоэлектрлік генератор

Ең алғашқы бірнеше полярлы магнитоэлектрлік генераторды 1831 жылы Лондон Корольдік институтының профессоры М.Фарадей жасаған (246-сурет). Генератор таға тәрізді электромагниттен және магнит полюстері арасында айналатын мыс дискіден тұрады. Диск айналғанда ось пен диск шеті арасында ЭҚК пайда болады. Фарадей генераторының моделі 247-суретте бейнеленген.



246-сурет. Фарадей генераторы, 1831 ж.



247-сурет. Фарадейдің магнитоэлектрлік генераторының моделі:  
1. Магнит; 2. Айналмалы мыс дискі; 3. Диск осі; 4. Щеткалар

### II Индукциялық токтың генераторы

Заманауи энергетикада тұрақты және айнымалы токтың индукциялық генераторлары қолданылады (248, 249-суреттер).



248-сурет. 4 ГПЭМ 55 тұрақты ток генераторы



### Жауабы қандай?

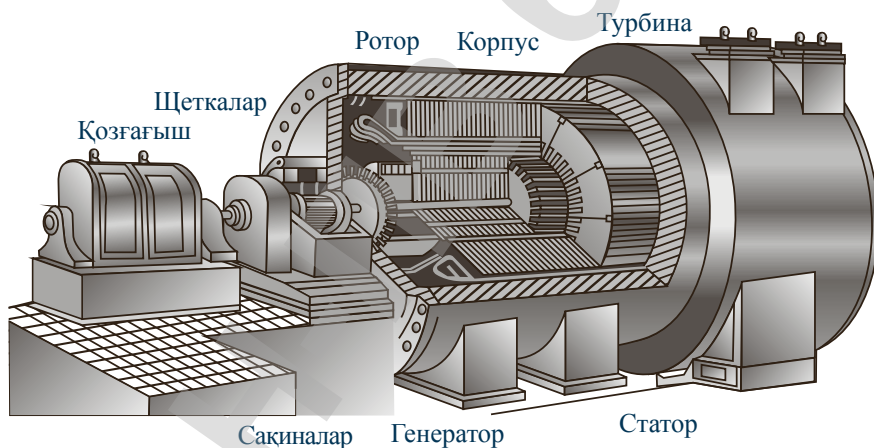
1. Өнеркәсіптік желіде электр тогы қалай пайда болады?
2. Өртүрлі қуатты құрылғылар неге бір желіге қосылады?
3. Электр тізбектерін автоматты басқару қалай жүргізіледі?
4. Электромагниттік индукция құбылысы дегеніміз не?
5. Неліктен қуаты төмен генераторларда электромагнит болып табылатын статорда магнит өрісін, ротор орамалары ұштарында потенциалдар айырымын алады?



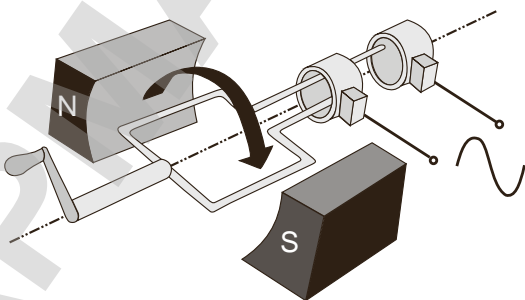


249-сурет. Электрстансының мәшине залы.  
Бу генераторы

Генератор ротор мен статордан тұрады. Өндірістік генераторларда электромагнит болып табылатын ротор магнит өрісін тудырады, статордың орамасында ЭҚК пайда болады (250-сурет). Роторға кернеу беру үшін байланыс сақиналары мен щеткалары пайдаланылады.



250-сурет. Өндірістік айнымалы ток генераторының принциптік сұлбасы



251-сурет. Айнымалы ток генераторының моделі

**Жауабы қандай?**

1. Не себепті тұрақты ток генераторларында жарты сақина, айнымалы ток генераторларында сақина қолданылады?
2. Ротор мен статор орамалары неліктен бір-біріне жалғанған көптеген рамалар болып табылады?
3. Өнеркәсіпте ток жиілігін өзгертпей, ротордың айналу жиілігін қалай азайтуға болады?
4. Индукциялық ток генераторының жұмысы қандай заңға негізделген?

**2-тапсырма**

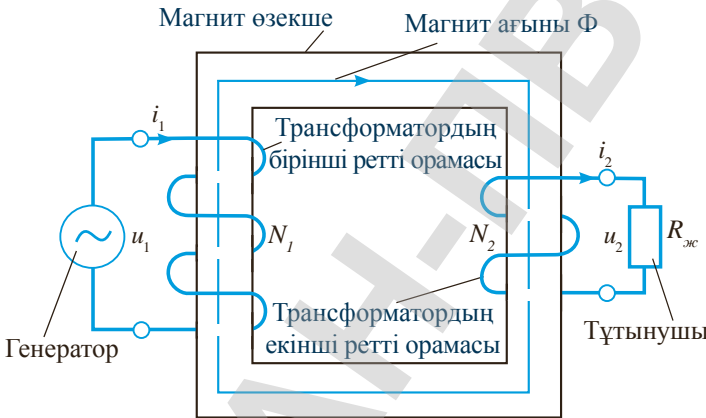
251-суретте кескінделген генератордың моделін қараңдар. Генератордың негізгі бөліктерін атаңдар. Оның жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.

### III Трансформатор

Трансформатор – өткізгіштегі айнымалы токты түрлендіретін құрылғы (252-сурет). Ол қуат шығындамай кернеуді арттыру немесе кеміту үшін пайдаланылады. Электр стансыларындағы күш трансформаторлары кернеуі 1150 кВ-қа дейін жететін электр энергиясын алыс қашықтықтарға тасымалдау үшін түрлендіреді. Тұтыну орындарында кернеу кемиді (253-сурет).

Трансформатор магнит өзекше мен бірінші ретті және екінші ретті екі орамадан тұрады: (254-сурет). Бірінші ретті орамаға генератордан электр энергиясы беріледі, екінші ретті орамаға тұтынушылар қосылады. Магнит өзекшені электротехникалық болаттан жасайды. Трансформатордың орамаларын тесіп өтетін магнит ағыны, екінші ретті орамада ЭҚК индукциясын тудырады. Орамалардағы магнит ағындарының өзгеруі бірдей фазада жүреді,  $\Phi = BS\cos\omega t$ , сондықтан бірінші және екінші ретті орамалардағы ЭҚК индукциясының қатынасы орамалардағы орамдар санының қатынасына тең:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (1)$$



254-сурет. Трансформатор құрылысының сұлбасы

Егер бірінші ретті ораманың орам саны екінші реттідегіден көп болса,  $N_1 > N_2$ , ондай трансформатор *төмендеткіш* деп аталады. Трансформациялау коэффициенті  $k = \frac{N_1}{N_2} > 1$ . Егер  $N_1 < N_2$  болса, трансформатор *күшейткіш* деп аталады. Трансформациялау коэффициентін орамалардағы ЭҚК индукциясының қатынасы сияқты (1) формуланың негізінде анықтауға болады. Егер



252-сурет. Трансформатор



253-сурет. Қосалқы стансыдағы күш трансформаторы



#### 3-тапсырма

1. Орамалардағы ток күшінің қуаты тұрақты  $P_1 = P_2$  деп алып, мына теңдіктің дұрыстығын дәлелдендер:

$$k = \frac{I_2}{I_1}.$$

2. Джоуль – Ленц заңын  $Q = I^2 R t$  пайдаланып, кернеу жоғарғы болғанда, электр тасымалдау желілерінде электр энергиясының шығыны кернеу төмен болғанға қарағанда аз болатынын дәлелдендер.

трансформаторлардың орамаларындағы өзекшені магниттеуге жұмсалған шығынды ескермесек, трансформациялау коэффициенті трансформатордың кірісі мен шығысындағы кернеулердің қатынасына тең:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2}. \quad (2)$$

Трансформаторлардың пайдалы әсер коэффициенті 98 %-ке жетеді. Орамалардағы тоқтың қуаты өзгермейді деп алсақ, трансформациялау коэффициенті мына қатынасқа тең:

$$k = \frac{I_2}{I_1},$$

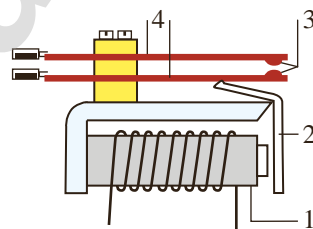
мұндағы  $I_2$  – екінші ретті орамадағы ток күші,  $I_1$  – бірінші ретті орамадағы ток күші.

#### IV Электромагниттік реле

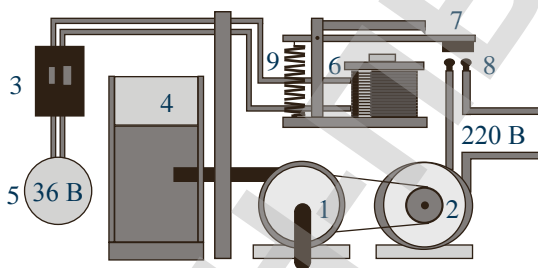
Электромагниттік реле – үлкен қуатты тізбекті басқару үшін қолданылатын құрылғы (255-сурет). Реле электромагнит пен зәкірден тұрады (256-сурет). Токтың электромагниттік орамаға (1) берілуі кезінде ол зәкірді (2) тартады, күшті тізбектің контактілері (3) тұйықталады. 257-суретте бассейнге су толтыруға (су ағызуға) арналған құрылғының принциптік сұлбасы көрсетілген.



255-сурет. Электромагниттік реле



256-сурет. Электромагниттік реленің сызбасы



257-сурет. 1 – сорғы, 2 – электрқозғалтқыш, 3 – сөндіргіш, 4 – бассейн, 5 – ток көзі, 6 – электромагнит, 7 – болат пластина, 8 – контактілер, 9 – серпинге.

Электромагниттік реле өндіріс және электр энергиясын тарату салаларында кең қолданысқа ие. Жоғары вольтті желілердің релелік қорғанысы қосалқы стансылардың апатсыз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта реленің электромагниттік түрі өндірістік, конвейерлік желілерді басқару жүйелерінде, жоғары қуатты электр қозғалтқыштарын біртіндеп іске қосу үшін конденсаторлық қондырғыларда кеңінен қолданылады.

Басқару релесі әртүрлі тұрмыстық техника түрлерінде, мысалы, тоназытқыштар, кір жуатын мәшинелерде қолданылады.

**Бұл қызық!**

Қазіргі заманғы жартылай өткізгіш элементтерден құрылған элеватордың біреуінде үнемі конвейерлік жүйелерді басқару жүйесі істен шығып қалатын. Оның себебі – конвейерлік таспамен дәннің қозғалысы кезінде пайда болған статикалық ток. Басқару пульті басқа бөлмеге ауыстырылып, оған реле қосылған кезде мәселе шешілді.

### Бақылу сұрақтары

1. Электромагниттік индукция құбылысының мәні неде?
2. Индукциялық ток генераторының жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.
3. Айнымалы токтың индукциялық генераторының тұрақты ток индукциялық генераторынан қандай айырмашылығы бар?
4. Трансформатор не үшін қажет?
5. Трансформатордың жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.
6. Электромагниттік реле қандай бөліктерден тұрады? Ол қалай жұмыс істейді?

### ★ Жаттығу

31

1. Егер бірінші ретті ораманы тұрақты ток көзіне қосса, не болады?
2. Егер трансформатордың 3500 орамы бар екінші ретті орамасындағы кернеу 105 В болса, 1000 орамы бар бірінші ретті орамасындағы кернеуді анықтаңдар.
3. Трансформатордың 840 орамы бар бірінші ретті орамасында кернеуді 220 В-тан 660 В-қа арттырды. Трансформациялау коэффициенті қандай? Екінші ретті орамада неше орам бар екенін анықтаңдар.
4. Трансформатор тұтынатын қуат 90 В. Екінші ретті ораманың кернеуі 12 В, трансформатордың ПӘК-і 75 % болса, екінші ретті орамадағы ток күшін анықтаңдар.

### Шығармашылық тапсырма

1. Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:
  - Ток генераторларының жасалу тарихы.
  - Трансформатор түрлері мен олардың қолданылуы.
2. Электромагниттік релені жоғары қуатты тізбекпен басқару сұлбасын ойластырып, суретін салып көрсетіңдер.

## § 33. Магниттік-резонанстық томография

### Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- магниттік-резонанстық томографияның (МРТ) маңызын түсіндіре аласыңдар.



### Жауабы қандай?

1. Неліктен флюорография мен рентгенге қарағанда МРТ-ны қысқа уақыт ішінде бірнеше рет өткізуге болады?
2. Неліктен МРТ зерттеуінің дәлдігі басқа әдістерге қарағанда жоғары болады?



### Есте сақтаңдар!

ЯМР спектроскопиясы ХХ ғасырдың 40-жылдарының ортасында молекулалардың қасиеттерін зерттейтін әдіс ретінде пайда болды. Ол 1950 жылдардың ортасына қарай-ақ органикалық қосылыстарды зерттеудің негізгі әдісі болып танылды. Кейінірек ол органикалық емес қосылыстарды зерттеу үшін белсенді қолданыла бастады.

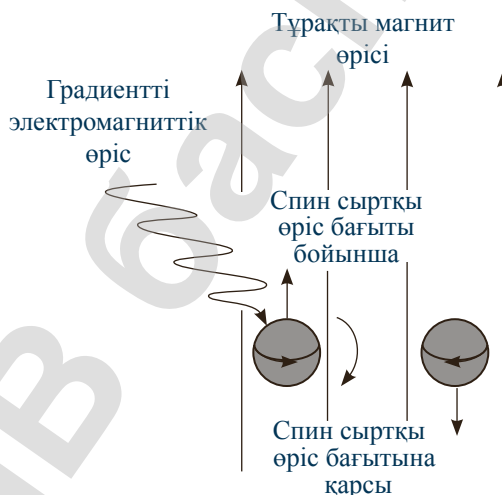


### 1-тапсырма

ЯМР құрылғысының сызбасын қарап, оның жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.

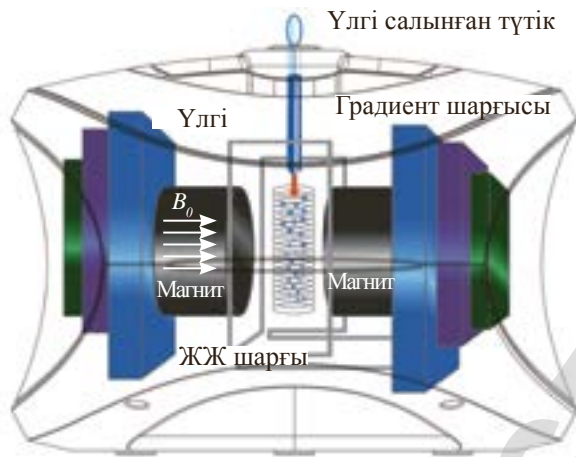
### I Ядролық магниттік резонанс (ЯМР)

Протондар мен нейтрондардан тұратын ядролардың меншікті магниттік моменттері бар, өйткені кванттық теорияға сәйкес барлық қарапайым бөлшектер спинге – магниттік моментке ие. Егер сыртқы магнит өрісі болмаса, онда ядролардың магниттік моментінің бағыты еркін болады. Тұрақты магнит өрісінде бір протоннан тұратын сутегі ядросы кеңістікте бағытын тек екі бағытта ғана өзгерте алады (258-сурет).



258-сурет. Сыртқы тұрақты магнит өрісіндегі протон спинінің айналуы

Бұл ядроның екі күйі энергия мәнімен ерекшеленеді және бұл жағдайда протон бір күйден екінші күйге секірмелі түрде ауыса алады. Ауысу кезінде энергия кванты жұтылады немесе бөлінеді. Егер протонның магниттік моменті сыртқы өріске қарама-қарсы жаққа бағытталған болса, онда оның энергиясы үлкен болады. Энергия жоғары болатын күйге ауысу электромагниттік өрістің қосымша энергия кванты екі жағдайдағы протон энергиясының айырмасына тең болғанда мүмкін болады. Қосымша энергия квантын беретін өріс *градиентті өріс* деп, ал кванттардың жиілігі *резонанстық жиілік* деп аталады. Протон бағытының өзгеруі сәулеленетін электромагниттік өріс кванттарының резонанстық жұтылуымен бірге жүреді. Бұл құбылыс *ядролық магниттік резонанс (ЯМР)* деп аталады. 259-суретте ЯМР қондырғысының жұмыс істеу принципін сұлбасы берілген.



259-сурет. ЯМР қондырғысы

ЯМР физикада, химияда және биохимияда қатты денелер мен күрделі молекулалардың құрылысын зерттеу үшін кеңінен қолданылады. Медицинада ЯМР көмегімен адамның ішкі мүшелерінің бейнесін алады.

## II Магниттік-резонанстық томография тарихынан

Бруклин медициналық орталығының дәрігері және экспериментаторы Реймонд Дамадья қатерлі ісік ұлпаларындағы сутектің ядролық магниттік резонансы ісіктерде су көп болатындықтан, сау ұлпалардан ерекшеленетінін анықтады. Су көп болса, сутек атомдары да көп. Магниттік-резонанстық томография (МРТ) аппаратын өшіргеннен кейін, қатерлі ісік ұлпаларындағы радиотолқындардың қалдықтық тербелістері сау ұлпаға қарағанда ұзағырақ жүреді. Дамадьян дәрігер-аспиранттар Майкл Голдсмит пен Ларри Минковпен бірге алғашқы МРТ құрылғысын құрастырды. 1977 жылы бес сағат ішінде алғаш рет адам денесін сканерлеу жүзеге асырылды, 1978 жылы алғаш рет сүт бездерінде қатерлі ісік бар науқастың сканері жасалды. МРТ аппараты тез жетілдірілді. 1980 жылы ғалым Эдельштейн және оның әріптестері түсірілімге шамамен 5 минут жұмсалған адам ағзасының бейнесін көрсеткен. 1986 жылы бейнелеу сапасы төмендеместен, түсіру ұзақтығы 5 секундқа дейін қысқартылды. 1988 жылы Думоулин МРТ-ангиография әдісін жақсартып, контраст агенттерін пайдаланбастан, қан айналымының көрінісін алды. 1989 жылы планарлы томография әдісі ұсынылды, ол

### ✓ Есте сақтаңдар!

Сутек ЯМР-ын бақылау шарты – үлгіні жиілігі

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

электромагниттік толқындармен сәулелендіру, мұндағы  $E_1$  – ядроның энергиясы аз күйі,

$E_2$  – ядроның энергиясы көп күйі.

### ❓ Жауабы қандай?

Неліктен әртүрлі ядролардың ЯМР-спектрлері ерекшеленеді?

мидың қозғалыс және ойлау функциясына жауап беретін бөліктерін бейнелеу үшін қолданылған.

### III МРТ-ның жұмыс істеу принципі және диагностикалық әдіс ретіндегі артықшылықтары

Магниттік-резонанстық томография – ядролық магниттік резонанс қағидасын қолданып, адам денесінің ұлпалары мен мүшелерін бейнелейтін медициналық-диагностикалық әдіс. МРТ адам ағзасының кез келген бөлігінің ұлпалары кескінінің бейнесін кез келген бұрыштан және кез келген бағытта көрсете алады. МРТ электромагниттік өріс арқылы адам ағзалары мен ұлпаларының бейнесін алуға мүмкіндік береді. Протондар ағза ұлпаларының магниттік қасиеттерінің негізгі элементтері болып табылады. МРТ адам ағзасында тұрақты магниттелген күй қалыптастырады. Адам денесі тұрақты магнит өрісінде болған кезде, денеге радиотолқындар әсері жүреді, бұл протондардың тұрақты бағытын өзгертеді. Радиотолқындардың берілуін тоқтатқаннан кейін, МРТ ағзадағы электромагниттік сәулеленуді анықтайды. Алынған сигнал компьютерде ақпаратты өңдеу арқылы дененің ішкі бейнесін жасау үшін қолданылады. 260 және 261-суреттерде МРТ компьютерінде алынған бейнелер ұсынылған.

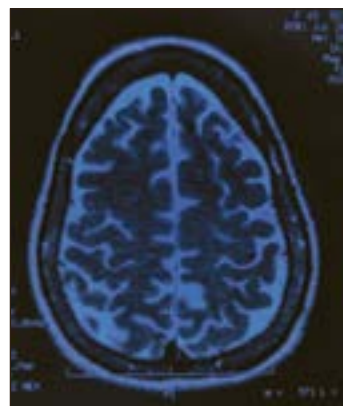
МРТ кескіні фотографиялық емес, бұл – адам ағзасы шығаратын радио сигналдардың компьютерлендірілген бейнесі. МРТ мүмкіндіктері бойынша компьютерлік томографиядан асып түседі, себебі компьютерлік томографиядағыдай иондаушы сәуле қолданылмайды. Оның жұмыс істеу принципі зиянсыз электромагниттік толқындарды қолдануға негізделген.

Қазіргі уақытта МРТ медицинаның жеке саласына айналды. Онсыз диагностиканы елестету мүмкін емес. МРТ – зерттеудің қауіпсіз әдісі. Ол ауыр аурулар мен патологияларды дамудың алғашқы

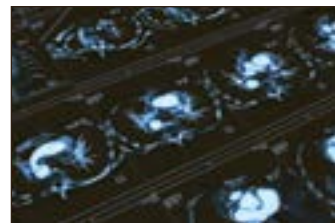


#### 2-тапсырма

Оқулықтағы мәтін мен Интернет желісіндегі мағлұматтарды пайдаланып, ЯМР-мен зерттеу және МРТ құрылғысының пайда болу хронологиясын құрастырындар.



260-сурет. МРТ компьютерінің экранындағы мидың суреті



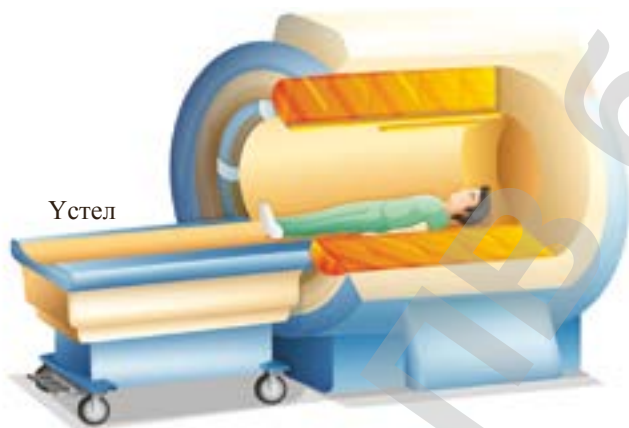
261-сурет. МРТ технологиясын пайдаланып, жүректің жұмысын бақылау



#### Есте сақтаңдар!

Магниттік-резонанстық томография – ядролық магниттік резонансты пайдалана отырып, адамның ішкі мүшелері мен ұлпаларын зерттеу әдісі. Бұл әдіс градиентті электромагниттік өрістің жоғары кернеудегі тұрақты магнит өрісіндегі атом ядроларына әсеріне негізделген.

кезеңдерінде анықтауға мүмкіндік береді. Ондай ауруларға өскіндердің пайда болуы, тамыр аурулары, жүректің, мидың функцияларының бұзылуы, ағзаның ішкі құрылысының, омыртқалардың өзгеруі, омыртқа жарығы, остеохондроз, сынықтар, басқа жарақаттар, қабыну және жұқпалы процестер жатады. Сонымен қатар томография ағзалар мен ұлпалардың құрылымын анықтауға, ми сұйығының, қанның жылдамдығын өлшеуге, ұлпалардағы диффузия деңгейін бағалауға, ми бөліктері жауап беретін ағзалардың жұмыс істеуі кезінде ми қыртысының белсенділігін анықтауға мүмкіндік береді. Функционалдық МРТ 90-жылдардың басынан бастап ми процестерін визуализациялау саласында маңызды рөл атқарады.



262-сурет. Томограф құрылғысы

#### IV Магнит өрісінің қуаты және суреттің сапасына әсер ететін факторлар

Ең алғашқы томографтардың магнит өрісінің индукциясы 0,005 Тл болды, бірақ ондағы суреттердің сапасы төмен болды. Қазіргі заманғы томографтардың магнит өрісінің көзі өте күшті. Осындай көздер ретінде магнит индукциясы 1 Тл-дан 3 Тл-ға дейін жететін өрістер тудыратын электромагниттер пайдаланылады. Тұрақты магниттердің өрістерінің магнит индукциясы 0,7 Тл-ға дейін жетеді. МРТ жабдықтарының магнит индукциясы 1 Тл-дан төмен болса, кіші жамбас және ішкі мүшелердің томографиясын жасау мүмкін емес, өйткені мұндай құрылғының қуаты өте әлсіз. Магнит индукциясы 1 Тл-дан аз төмен өрісті МРТ аппараттарында



#### 3-тапсырма

262-суреттегі томограф пен 259-суреттегі ЯМР құрылғысын салыстырыңдар. Олардың айырмашылықтары мен ұқсастықтары қандай?



#### Бұл қызық!

Жануарларға МРТ жасау адамдарға қарағанда аса қымбат. Бұл жануарларға арналған жалпы анестезиямен байланысты (263-сурет). Адамды зерттеу 15 минут уақыт алса, жануарларда 40–60 минут алады. МР-томограммаларды зерттейтін жануарлар томографтары мен дәрігерлерінің саны өте аз.



263-сурет. Арыстанды томографиядан өткізу



орташа сападағы суреттерді ала отырып, тек бас, омыртқа және буындарды зерттеу жұмыстарын жүргізуге болады. Тұрақты магниттер МРТ-ның туннельдік (жабық) түрін жасауға мүмкіндік беріп қана қоймайды, сонымен қатар ашық түрін жасауға да мүмкіндік береді. Ашық томография қозғалыстағы және түрегеп тұрған пациентті зерттеуге және зерттеу кезінде дәрігерлердің науқаспен байланыста болуына мүмкіндік береді. Сонымен қатар науқасты вертикаль жағдайда және отырған қалпында зерттеуге мүмкіндік беретін жаңа құрылғылар пайда болды.

МРТ сапасы тек қана өрістің магнит индукциясына ғана тәуелді емес, сонымен қатар градиент шарғысын таңдауға, контрасты пайдалануға, зерттеу параметрлеріне, алынған суретті бағалайтын және патологияның бар-жоғын анықтайтын маманның тәжірибесіне де байланысты. Күретамыр арқылы контрасты препаратты (гадолиний) енгізу МРТ зерттеулерінде жиі қолданылады. Қазіргі уақытта МРТ құрылғыларында магнит индукциясы 0,1 Тл-дан 3,0 Тл-ға дейінгі өрістер пайдаланылады.

Емдеу және тез сауығу үшін диагнозды уақытында және дәл қою аса маңызды. Магниттік-резонанстық томография осы талапқа сай болғандықтан, медицинада өте қажетті әрі тиімді болып отыр.



### Есте сақтаңдар!

Клиникалық практикада аппараттар үшін қуатына қарай келесі градациялар қолданылады:

Томографтардың градациясы	Магнит индукциясы
Төмен өрісті	0,1 Тл-дан 0,5 Тл-ға дейін
Орта өрісті	0,5 Тл-дан 0,9 Тл-ға дейін
Жоғары өрісті	1 Тл және одан жоғары
Аса жоғары өрісті	3,0 Тл және 7,0 Тл

### Бақылау сұрақтары:

1. ЯМР құбылысының мәні неде?
2. Томографтың жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.
3. МРТ сапасына магнит өрісі индукциясынан басқа қандай параметрлер әсер етеді?

### Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарламалар дайындаңдар:

1. Функционалды МРТ.
2. Томографтардың заманауи модельдері.
3. ЯМР-дың ашылу тарихы.
4. Диагностика әдісі ретінде МРТ-ның артықшылығы мен қаупі.

## 14-тараудың қорытындысы

Магнит ағыны	Электромагниттік индукция заңы	Шарғының магнит өрісі	Трансформация коэффициенті
$\Phi = BS \cos \alpha$ $\alpha - \vec{B}$ және $\vec{n}$ векторлары арасындағы бұрыш	$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\varepsilon_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	$W_{м.о.} = \frac{LI^2}{2}$	$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2}$ $k = \frac{I_2}{I_1}$

### Заңдар мен ережелер

#### Электромагниттік индукция заңы

Айнымалы магнит өрісі тудыратын құйынды өріс индукциясының ЭҚК-сы контурмен шектелген беттен өтетін магнит ағынының бірлік уақытқа қатынасына тең.

#### Ленц ережесі

Контурдағы индукциялық ток оның магнит өрісі осы токты тудырған магнит ағынының өзгерісіне кедергі жасайтындай болып бағытталады.

### Глоссарий

**Магнит ағыны** – магнит өрісіне енгізілген тұйықталған контурды тесіп өтетін магнит индукциясы сызықтарының саны.

**Магнит ағыны** – контурды тесіп өтетін магнит өрісі индукциясының контур ауданы және рама ауданына түсірілген нормаль мен магнит индукциясы векторының арасындағы бұрыштың косинусына көбейтіндісіне тең физикалық шама.

**Магниттік-резонанстық томография** – ядролық магниттік резонанс қағидасын қолданып, адам денесінің ұлпалары мен мүшелерін бейнелейтін медициналық-диагностикалық әдіс.

**Электромагниттік индукция құбылысы** – тұйықталған өткізгіш контурды тесіп өтетін магнит ағынының өзгерісі кезінде индукциялық токтың пайда болу құбылысы.

**Электромагниттік реле** – үлкен қуатты тізбекті басқару үшін қолданылатын құрылғы.

**Трансформатор** – өткізгіштегі айнымалы токты түрлендіретін құрылғы.

## Қосымшалар

# ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР ЖӘНЕ КЕСТЕЛЕР

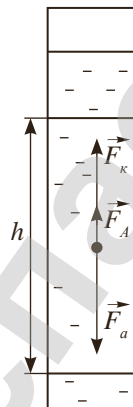
- Зертханалық жұмыстарда оларды жүргізу мақсаты, қажетті құрал-жабдықтар көрсетілген, жұмыс барысы суреттермен, кестелермен және есептеу формулаларымен берілген.

# 1-қосымша. Зертханалық жұмыстар

## №1 зертханалық жұмыс Тұтқырлығы әртүрлі сұйықтардағы шардың қозғалысын зерттеу

**Жұмыстың мақсаты:** тұтқыр сұйықтағы шардың қозғалыс жылдамдығының сұйықтың тұтқырлығына тәуелділігін зерттеу, глицериннің тұтқырлығын анықтау.

**Құрал-жабдықтар:** биіктігі 25 см, белгі салынған 3 дана сынауық, олардағы жоғарғы белгі сынауықтың жақтауынан 5–8 см төмен болуы керек (1-сурет); сынауық қоятын тұғыр; мотор майы, глицерин, өсімдік майы құйылған ыдыстар;  $d = 1$  мм болат шарлар (15 дана); секундомер; майлық.



1-сурет. Сынауыққа белгілер салу

### Қысқаша теория.

Тұтқыр ортада құлап бара жатқан шарға үш күш әсер етеді: ауырлық күші, Архимед күші, кедергі күші.  $v$  жылдамдық тұрақты, күштердің тең әсері нөлге тең:

$$\vec{F}_a + \vec{F}_A + \vec{F}_k = 0. \text{ Күштердің бағытын ескерсек: } F_a = F_A + F_k.$$

Күштердің алынған арақатынасына келесі формулаларды қоямыз:

$$F_a = mg = \rho_w \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g; \quad F_A = \rho_c \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g; \quad F_k = 6\pi\eta Rv.$$

Теңдеуді жылдамдыққа қатысты шешіп, есептеу формуласын аламыз:

$$v = \frac{2(\rho_w - \rho_c) \cdot g \cdot R^2}{9\eta}, \tag{1}$$

мұндағы  $\rho_w$  – шардың тығыздығы,  $\rho_c$  – сұйықтың тығыздығы,  $R$  – шардың радиусы,  $v$  – шардың жылдамдығы,  $\eta$  – сұйықтың тұтқырлығы.

(1) формуланы түрлендіріп, тұтқырлықты есептеу формуласын аламыз:

$$\eta = \frac{2(\rho_w - \rho_c) \cdot g \cdot R^2}{9v}. \tag{2}$$

### Жұмыстың орындалу тәртібі

**1-тапсырма.** Шар жылдамдығының сұйық тұтқырлығына тәуелділігін зерттеу.

1. Түтіктерге сұйықтарды құйыңдар. Сұйықтардың аққаштығына қарай олардың тұтқырлығын бағалаңдар. Сұйықтарды кестеге тұтқырлығының артуына қарай жазыңдар.

Сұйықтың атауы	Тәжірибе №	Уақыт $t, c$	Түсу биіктігі $h, m$	Жылдамдық $v, m/c$	Тұтқырлығы $\eta, MPa \cdot c$	Орташа жылдамдық $v_{opt}, m/c$
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Сұйықтың атауы	Тәжірибе №	Уақыт $t, c$	Түсу биіктігі $h, m$	Жылдамдық $v, m/c$	Тұтқырлығы $\eta, MPa \cdot c$	Орташа жылдамдық $v_{орт}, m/c$
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

- Диаметрі 1 мм шардың сынауықтағы екі белгі арасындағы қозғалыс уақытын өлшендер.
- Екі белгі арасындағы  $h$  қашықтықты өлшендер, әр тәжірибеде қалыптасқан қозғалыс жылдамдығын  $v = h / t$  формуласы бойынша есептендер.
- Әрбір сұйықтағы шардың орташа қозғалыс жылдамдығын анықтаңдар, алынған нәтижені кестеге жазыңдар.
- Алынған нәтижені сұйықтың тұтқырлығы туралы өз болжамдарыңмен және (1) формуламен салыстыра отырып, қорытындылаңдар.

### 2-тапсырма. Глицериннің тұтқырлығын анықтау.

- Кестедегі мәліметтер бойынша және (2) формуланы қолдана отырып, әрбір тәжірибе үшін глицериннің тұтқырлығын есептендер.
- Глицерин тұтқырлығының орташа мәнін анықтаңдар.
- Өлшеулердің абсолют және салыстырмалы қателіктерін анықтаңдар.
- Өздерің алған мәнді қателікті ескере отырып жазыңдар.
- Алынған мәнді тәжірибе жүргізілген температурадағы глицериннің кестелік мәнімен салыстырыңдар.

### Бақылау сұрақтары:

- Молекулалық-кинетикалық теория тұрғысынан сұйықтың ішкі үйкеліс механизмі қандай?
- Сұйықтың тұтқырлығының температураға тәуелділігі қандай, бұл тәуелділік қалай түсіндіріледі?
- Неліктен шардың құлау уақыты сұйық бетінен емес, белгі соғылған орыннан бастап өлшенеді?

## №2 зертханалық жұмыс

### Электродиттердегі электр тогының пайда болу шарттарын зерттеу

**Жұмыстың мақсаты:** қандай заттардың ерітінділері өткізгіш бола алатынын анықтау, токтың химиялық әсерін бақылау.

**Құрал-жабдықтар:** ток көзі; амперметр; шам; мыс және мырыш электроды бар кювета (ыдыс); кілт; жалғағыш сымдар; дистилляция әдісімен тазартылған суы бар; қант қосылған суы бар; тұз қосылған суы бар стақандар; шыны таяқша.

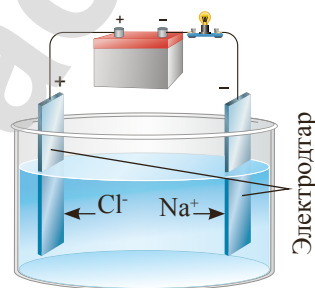
### Қысқаша теория.

Судың көп заттарды ерітетіндігі оның молекулаларының құрылысына байланысты. Оң және теріс зарядтардың центрлері бір-бірінен ығысағандықтан, су молекулалары диполь болып табылады. Сұйықтар басқа заттар секілді өткізгіш те, жартылай өткізгіш те және диэлектрик те бола алады.

Сұйық өткізгіштерді Майкл Фарадей *электролиттер* деп, ал әртүрлі полюсі бар ток көзімен жалғанған электродты *катод* және *анод* деп атаған.

### Жұмыстың орындалу тәртібі

- 2-суретте көрсетілген қондырғыны жинаңдар.
- Электродтарды әртүрлі сұйық құйылған стақанға салып, олардың қайсысы өткізгіш бола алатынын анықтандар.
- Бақылаған құбылысты кестеге жазыңдар.
- Алдын ала кептіріп, электродтарды құрғақ тұзға салыңдар.



2-сурет. Электр тогының химиялық әсері

№	Заттар	Тізбектегі токтың болуы	Токтың химиялық әсерін бақылау
1	Тазартылған су $H_2O$		
2	Қант ерітіндісі		
3	Ас тұзының $NaCl$ ерітіндісі		
4	Ас тұзы		

- Сұрақтарға жауап беріңдер:
  - Неліктен тазартылған су, қант ерітіндісі және құрғақ тұз өткізгіш бола алмайды?
  - Не себепті ас тұзы ерітіндісі ток өткізеді?
  - Молекулалардың оң және теріс иондарға ыдырауы қалай аталады?
  - Электролит дегеніміз не?
  - Егер ерітіндіге катод пен анодты салып, ток көзіне қоссақ, онда иондар қалай қозғала бастайды?
  - *Зарядталған бөлшектердің бағытталған қозғалысы* дегенде нені түсінеміз?

### Қорытынды жасаңдар:

- токтың пайда болу шарттары;
- токтың ас тұзы ерітіндісінде байқалатын әсері;
- электролиттердегі ток тасымалдаушылары.

## 2-қосымша. Физикалық шамалар кестесі

1-кесте. Физикалық тұрақтылар

Физикалық тұрақты	Белгіленуі	Тұрақтының мәні
Вакуумдағы жарық жылдамдығы	$c$	$\approx 3 \cdot 10^8$ м/с
Элементар заряд (электрон заряды)	$e$	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электронның тыныштық массасы	$m_e$	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Протонның тыныштық массасы	$m_p$	$1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Больцман тұрақтысы	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Универсал газ тұрақтысы	$R$	8,31 Дж/(моль·К)
Гравитациялық тұрақты	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м <sup>2</sup> /кг
Планк тұрақтысы	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Фарадей тұрақтысы	$F$	9 648 4,56 Кл/моль
Идеал газдың қалыпты жағдайдағы мольдік көлемі ( $t = 0$ °С, $p = 101,325$ кПа)	$V_m$	$2,24 \cdot 10^{-2}$ м <sup>3</sup> /моль
Авогадро тұрақтысы	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Абсолют нөлдік температура	$T_0$	0 К = -273,15 °С
Қалыпты атмосфералық қысым	$P_{атм}$	101325 Па
Ауаның қалыпты жағдайдағы тығыздығы	$\rho$	1,293 кг/м <sup>3</sup>

2-кесте. Заттардың тығыздығы

Зат	Тығыздық ( $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , немесе $n \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ )	Зат	Тығыздық ( $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , немесе $n \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ )
Алюминий	2,7	Никель	8,9
Қола	8,7 – 8,9	Қалайы	7,3
Вольфрам	19,34	Платина	21,6
Темір, болат	7,8	Қорғасын	11,4
Алтын	19,3	Күміс	10,5
Жез	8,7	Титан	4,5
Мыс	8,9	Мырыш	7,18

3-кесте. Заттардың меншікті жылу сыйымдылығы

Зат	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$	Зат	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$
Алюминий	920	Құм	880

Зат	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Зат	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Су	4200	Платина	140
Ауа	1000	Сынап	130
Темір	460	Қорғасын	140
Керосин	2100	Күміс	250
Кірпіш	880	Спирт	2500
Жез	380	Болат	500
Мұз	2100	Шыны	840
Мыс	380	Мырыш	380
Никель	460	Шойын	540
Қалайы	250	Эфир	3340

4-кесте. Мениікті балқу жылуы, балқу температурасы

Зат	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda, 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Зат	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda, 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Алюминий	658	39	Қалайы	232	5,9
Темір	1539	27	Платина	1774	11
Алтын	1063	6,7	Сынап	-39	1,0
Мұз	0	34	Қорғасын	327	2,5
Мыс	1083	21	Күміс	960	10
Нафталин	80	15	Мырыш	420	12

5-кесте. Мениікті булану жылуы және заттардың қалыпты атмосфералық қысымда қайнау температурасы

Зат	$t, ^\circ\text{C}$	$r, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Зат	$t, ^\circ\text{C}$	$r, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Су	100	2,3	Спирт	78	0,9
Сынап	357	0,3	Эфир	35	0,4

6-кесте. Отынның мениікті жану жылуы

Зат	$q, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Зат	$q, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Бензин	46	Таскөмір	30
Қоңыр көмір	17	Керосин	46
Сүтегі	120	Мұнай	44



Зат	$q, 10^6 \frac{Дж}{кг}$	Зат	$q, 10^6 \frac{Дж}{кг}$
Дизель	42,7	Оқ-дәрі	3,8
Ағаш* (қайың)	13	Табиғи газ	44
Ағаш* (қарағай)	13	Спирт	27
Ағаш көмірі	34	Шымтезек	14

7-кесте. Қаныққан булардың қысымы мен тығыздығының температураға тәуелділігі

$t, ^\circ C$	$p, кПа$	$\rho, г/м^3$	$t, ^\circ C$	$p, кПа$	$\rho, г/м^3$	$t, ^\circ C$	$p, кПа$	$\rho, г/м^3$
0	0,61	4,84	20	2,34	17,32	40	7,38	51,2
1	0,66	5,18	21	2,49	18,14	41	7,78	53,8
2	0,71	5,54	22	2,64	19,22	42	8,21	56,5
3	0,76	5,92	23	2,81	20,35	43	8,65	59,4
4	0,81	6,33	24	2,99	21,54	44	9,11	62,3
5	0,87	6,76	25	3,17	22,80	45	9,59	65,4
6	0,94	7,22	26	3,36	24,11	46	10,10	68,6
7	1,0	7,70	27	3,57	25,49	47	10,62	72,0
8	1,07	8,21	28	3,78	26,93	48	11,17	75,5
9	1,15	8,76	29	4,01	28,45	49	11,75	79,1
10	1,23	9,33	30	4,25	30,04	50	12,34	82,8
11	1,31	9,93	31	4,50	31,70	55	15,75	104,0
12	1,40	10,57	32	4,71	33,45	60	19,93	129,5
13	1,50	11,25	33	5,03	35,27	65	25,02	160,1
14	1,60	11,96	34	5,27	37,18	70	31,18	196,4
15	1,71	12,71	35	5,63	39,18	75	38,56	239,3
16	1,82	13,50	36	5,95	41,30	80	47,37	289,7
17	1,94	14,34	37	6,28	43,50	85	57,82	348,7
18	2,06	15,22	38	6,63	45,80	90	70,12	417,3
19	2,20	16,14	39	6,99	48,20	100	101,32	588,5

8-кесте. Шектік температура

Зат	Шектік температура $t, ^\circ C$	Зат	Шектік температура $t, ^\circ C$
Сынап	1700	Көмірқышқыл газы	31
Су	374	Оттек	-118
Этил спирті	243	Азот	-146

Зат	Шектік температура $t, ^\circ\text{C}$	Зат	Шектік температура $t, ^\circ\text{C}$
Эфир	197	Сутек	-240
Хлор	146	Гелий	-263

9-кесте. Психрометрлік кесте

Құрғақ термометрдің көрсеткіші $t, ^\circ\text{C}$	Құрғақ және ылғал термометр көрсеткіштерінің айырмасы, $t, ^\circ\text{C}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Салыстырмалы ылғалдылық, %									
1	91	80	67	53	36	18				
2	90	81	69	56	41	24	4			
3	90	79	72	59	45	29	11			
4	91	81	69	62	49	34	17			
5	92	82	71	59	52	39	23	5		
6	92	83	73	62	49	43	28	12		
7	93	84	75	64	52	38	33	18	1	
8	93	86	77	67	55	42	28	24	8	
9	94	86	78	69	58	46	33	17	14	
10	94	87	80	71	61	50	37	23	7	
11	94	88	81	73	64	53	41	28	13	
12	95	89	82	75	66	56	45	33	19	4
13	95	90	83	76	68	59	49	38	25	10
14	95	90	84	78	70	62	52	42	30	16
15	96	91	85	79	72	64	55	45	34	22
16	96	91	86	80	74	67	58	49	39	27
17	96	92	87	82	76	69	61	52	43	32
18	96	92	88	83	77	71	63	55	46	36
19	97	93	89	84	79	73	66	58	50	40
20	97	93	89	85	80	74	68	61	53	44
21	97	94	90	86	81	76	70	63	56	48
22	97	94	91	87	82	77	72	66	59	51
23	97	94	91	87	83	79	73	68	61	54
24	98	95	92	88	84	80	75	70	64	57
25	98	95	92	89	85	81	77	71	66	59
26	98	95	93	90	86	82	78	73	68	62
27	98	96	93	90	87	83	79	75	70	64
28	98	96	93	91	88	84	80	76	72	66
29	98	96	94	91	88	85	82	78	73	68
30	98	96	94	92	89	86	83	79	75	70
31	98	97	94	92	90	87	84	80	76	72
32	98	97	95	93	90	88	85	81	78	74
33	99	97	95	93	91	88	85	82	79	75
34	99	97	95	93	91	89	86	83	80	77

Құрғақ термометрдің көрсеткіші $t, ^\circ\text{C}$	Құрғақ және ылғал термометр көрсеткіштерінің айырмасы, $t, ^\circ\text{C}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Салыстырмалы ылғалдылық, %									
35	99	97	96	94	92	90	87	84	81	78
36	99	97	96	94	92	90	88	85	82	79
37	99	98	96	94	93	91	88	86	83	80
38	99	98	96	95	93	91	89	87	84	81
39	99	98	96	95	93	92	90	88	85	83
40	99	98	97	95	94	92	90	88	86	83

10-кесте. 20 °C температурадағы сұйықтардың беттік керілу коэффициенті

Зат	$\sigma, \frac{\text{мН}}{\text{м}}$	Зат	$\sigma, \frac{\text{мН}}{\text{м}}$
Су	73	Сүт	46
Бензин	21	Мұнай	26
Глицерин	59	Сынап	487
Керосин	24	Спирт	22
Сабын ерітіндісі	40	Сірке қышқылы	28

11-кесте. Қатты денелердің механикалық қасиеттері

Зат	Созылудың беріктік шегі $\sigma_{б.ш.}, \text{МПа}$	Серпімділік модулі $E, \text{ГПа}$	Зат	Созылудың беріктік шегі $\sigma_{б.ш.}, \text{МПа}$	Серпімділік модулі $E, \text{ГПа}$
Алюминий	100	70	Мәрмәр	140	70
Бетон	48	20	Қалайы	20	50
Вольфрам	3000	415	Қорғасын	15	16
Гранит	150	49	Күміс	140	80
Алтын	140	79	Болат	500	200
Кірпіш	17	3	Шыны	90	50
Мұз	1	10	Фарфор	650	150
Мыс	400	120	Мырыш	150	80

12-кесте. Ортаның диэлектрлік өтімділігі

Зат	Диэлектрлік өтімділік	Зат	Диэлектрлік өтімділік
Су	81	Парафин	2,1
Керосин	2,1	Слюда	6
Май	2,5	Шыны	7

**13-кесте. Металдар мен қоспалардың меншікті кедергісі**

Зат	$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	Зат	$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$
Алюминий	$2,7 \cdot 10^{-8}$	Нихром	$1,05 \cdot 10^{-6}$
Вольфрам	$5,3 \cdot 10^{-8}$	Қалайы	$1,13 \cdot 10^{-7}$
Темір	$9,9 \cdot 10^{-8}$	Осмий	$9,5 \cdot 10^{-8}$
Алтын	$2,2 \cdot 10^{-8}$	Платина	$1,05 \cdot 10^{-7}$
Константан	$4,7 \cdot 10^{-8}$	Сынап	$9,54 \cdot 10^{-7}$
Жез	$6,3 \cdot 10^{-8}$	Қорғасын	$2,07 \cdot 10^{-7}$
Магнанин	$3,9 \cdot 10^{-8}$	Күміс	$1,58 \cdot 10^{-8}$
Мыс	$1,68 \cdot 10^{-8}$	Фехраль	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Никелин	$4,2 \cdot 10^{-8}$	Мырыш	$5,95 \cdot 10^{-8}$
Никель	$7,3 \cdot 10^{-8}$	Шойын	$5 \cdot 10^{-7}$

**14-кесте. Кедергінің температуралық коэффициенті**

Зат	$\alpha, \text{ K}^{-1}$	Зат	$\alpha, \text{ K}^{-1}$
Вольфрам	$5 \cdot 10^{-3}$	Никелин	$10^{-4}$
Константан	$5 \cdot 10^{-6}$	Нихром	$2 \cdot 10^{-4}$
Магнанин	$8 \cdot 10^{-5}$	Фехраль	$2 \cdot 10^{-4}$

**15-кесте. Электрохимиялық эквивалент**

Зат	$k, \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$	Зат	$k, \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$
Алюминий	$9,32 \cdot 10^{-8}$	Натрий	$2,38 \cdot 10^{-7}$
Сутек	$1,04 \cdot 10^{-8}$	Никель (екі валентті)	$3,04 \cdot 10^{-7}$
Алтын	$6,81 \cdot 10^{-7}$	Никель (үш валентті)	$2,03 \cdot 10^{-7}$
Калий	$4,05 \cdot 10^{-7}$	Сынап	$2,07 \cdot 10^{-6}$
Кальций	$2,08 \cdot 10^{-7}$	Қорғасын	$1,07 \cdot 10^{-6}$
Оттек	$8,29 \cdot 10^{-8}$	Күміс	$1,12 \cdot 10^{-8}$
Магний	$1,26 \cdot 10^{-7}$	Хлор	$3,67 \cdot 10^{-7}$
Мыс	$3,29 \cdot 10^{-7}$	Мырыш	$3,39 \cdot 10^{-7}$

**16-кесте. Парамагнетиктер мен диамагнетиктердің магнит өтімділігі**

Парамагниттік заттар	$\mu$	Диамагниттік заттар	$\mu$
Азот (газ тәріздес)	1,000013	Сутек (газ тәріздес)	0,999937
Ауа (газ тәріздес)	1,000038	Су	0,999991
Оттек (газ тәріздес)	1,000017	Шыны	0,999987
Оттек (сұйық)	1,0034	Мырыш	0,999991

Парамагниттік заттар	$\mu$	Диамагниттік заттар	$\mu$
Эбонит	1,000014	Күміс	0,999981
Алюминий	1,000023	Алтын	0,999963
Вольфрам	1,000175	Мыс	0,999912
Платина	1,000253	Висмут	0,999824

17-кесте

Грек алфавиті			Латын алфавиті		
<b>A a</b> альфа	<b>I i</b> йота	<b>P p</b> ро	<b>A a</b> а	<b>J j</b> жи	<b>S s</b> эс
<b>B b</b> бета	<b>K k</b> каппа	<b>Σ σ</b> сигма	<b>B b</b> бе	<b>K k</b> ка	<b>T t</b> тэ
<b>Г γ</b> гамма	<b>Λ λ</b> лямбда	<b>Τ τ</b> тау	<b>C c</b> це	<b>L l</b> эль	<b>U u</b> у
<b>Δ δ</b> дельта	<b>Μ μ</b> мю	<b>Υ υ</b> ипсилон	<b>D d</b> де	<b>M m</b> эм	<b>V v</b> вэ
<b>E ε</b> эпсилон	<b>N ν</b> ню	<b>Φ φ</b> фи	<b>E e</b> э	<b>N n</b> эн	<b>W w</b> дубль-вэ
<b>Z ζ</b> дзета	<b>Ξ ξ</b> кси	<b>Χ χ</b> хи	<b>F f</b> эф	<b>O o</b> о	<b>X x</b> икс
<b>Η η</b> эта	<b>Ο ο</b> омикрон	<b>Ψ ψ</b> пси	<b>G g</b> же	<b>P p</b> пэ	<b>Y y</b> игрек
<b>Θ θ</b> тета	<b>Π π</b> пи	<b>Ω ω</b> омега	<b>H h</b> аш	<b>Q q</b> ку	<b>Z z</b> зет
			<b>I i</b> и	<b>R r</b> эр	

# Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ ЖАСАҒАН ХИМИЯЛЫҚ

ПЕРИОД-ТАР	ҚАТАР-ЛАР	Э Л Е М Е Н Т Т Е Р Д					
		I	II	III	IV	V	VI
1	1	<b>H</b> 1 СУТЕГІ 1,008					
2	2	<b>Li</b> 3 ЛИТИЙ 6,941	<b>Be</b> 4 БЕРИЛИЙ 9,012	<b>B</b> 5 БОР 10,811	<b>C</b> 6 КӨМІРТЕГІ 12,011	<b>N</b> 7 АЗОТ 14,00	<b>O</b> 8 ОТТЕГІ 15,999
3	3	<b>Na</b> 11 НАТРИЙ 22,990	<b>Mg</b> 12 МАГНИЙ 24,305	<b>Al</b> 13 АЛЮМИНИЙ 26,981	<b>Si</b> 14 КРЕМНИЙ 28,085	<b>P</b> 15 ФОСФОР 30,974	<b>S</b> 16 КҮКІРТ 32,064
4	4	<b>K</b> 19 КАЛИЙ 39,098	<b>Ca</b> 20 КАЛЬЦИЙ 40,08	<b>Sc</b> 21 СКАНДИЙ 44,956	<b>Ti</b> 22 ТИТАН 47,90	<b>V</b> 23 ВАНАДИЙ 50,941	<b>Cr</b> 24 ХРОМ 51,996
	5	<b>Cu</b> 29 МЫС 63,546	<b>Zn</b> 30 МЫРЫШ 65,38	<b>Ga</b> 31 ГАЛЛИЙ 69,72	<b>Ge</b> 32 ГЕРМАНИЙ 72,59	<b>As</b> 33 МЫШЬЯК 74,922	<b>Se</b> 34 СЕЛЕН 78,96
5	6	<b>Rb</b> 37 РУБИДИЙ 85,468	<b>Sr</b> 38 СТРОНЦИЙ 87,62	<b>Y</b> 39 ИТТРИЙ 88,906	<b>Zr</b> 40 ЦИРКОНИЙ 91,22	<b>Nb</b> 41 НИОБИЙ 92,906	<b>Mo</b> 42 МОЛИБДЕН 95,94
	7	<b>Ag</b> 47 КҮМІС 107,868	<b>Cd</b> 48 КАДМИЙ 112,41	<b>In</b> 49 ИНДИЙ 114,82	<b>Sn</b> 50 ҚАЛАЙЫ 118,69	<b>Sb</b> 51 СҮРМЕ 121,75	<b>Te</b> 52 ТЕЛЛУР 127,60
6	8	<b>Cs</b> 55 ЦЕЗИЙ 132,905	<b>Ba</b> 56 БАРИЙ 137,33	<b>La</b> 57 ЛАНТАН 138,905	<b>Hf</b> 72 ГАФНИЙ 178,49	<b>Ta</b> 73 ТАНТАЛ 180,94	<b>W</b> 74 ВОЛЬФРАМ 183,85
	9	<b>Au</b> 79 АЛТЫН 196,966	<b>Hg</b> 80 СЫНАП 200,59	<b>Tl</b> 81 ТАЛЛИЙ 204,37	<b>Pb</b> 82 ҚОРҒАСЫН 207,2	<b>Bi</b> 83 ВИСМУТ 208,980	<b>Po</b> 84 ПОЛОНИЙ [209]
7	10	<b>Fr</b> 87 ФРАНЦИЙ [223]	<b>Ra</b> 88 РАДИЙ 226,025	<b>Ac</b> 89 АКТИНИЙ [227]	<b>Ku</b> 104 КУРЧАТОВИЙ [261]	<b>Ns</b> 105 НИЛЬСБОРИЙ [261]	106
ЖОҒАРЫ ОКСИДТЕР		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>
ҰШҚЫШ СУТЕКТІК ҚОСЫЛЫСТАР					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R
Л А Н Т А Н О И Д Т А							
<b>Ce</b> 58 ЦЕРИЙ 140,12	<b>Pr</b> 59 ПРАЗЕОДИМ 140,908	<b>Nd</b> 60 НЕОДИМ 144,24	<b>Pm</b> 61 ПРОМЕТИЙ [145]	<b>Sm</b> 62 САМАРИЙ 150,4	<b>Eu</b> 63 ЕВРОПИЙ 151,96	<b>Gd</b> 64 ГАДОЛИНИЙ 157,25	<b>Tb</b> 65 ТЕРБИЙ 158,925
А К Т И Н И О И Д Т А Р							
<b>Th</b> 90 ТОРИЙ 232,038	<b>Pa</b> 91 ПРОТАКТИНИЙ 231,036	<b>U</b> 92 УРАН 238,029	<b>Np</b> 93 НЕПТУНИЙ 237,048	<b>Pu</b> 94 ПЛУТОНИЙ [244]	<b>Am</b> 95 АМЕРИЦИЙ [243]	<b>Cm</b> 96 КЮРИЙ [247]	<b>Bk</b> 97 БЕРКЛИЙ [247]



## Пәндік көрсеткіш

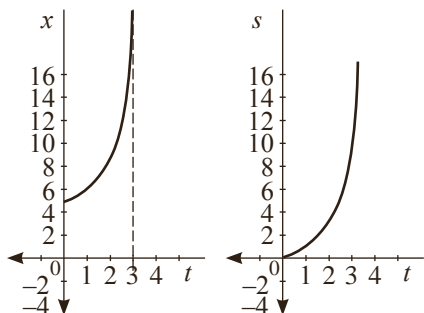
Абсолют қатты дене	43	Изотермалық процесс	93
Ағын элементі	70	Изотроптық	85
Ағын сызықтары	71	Изохоралық процесс	94
Ағын түтігі	71	Импульстің сақталу заңы	63
Адиабаталық процесс	96	Капилляр	123
Аморфты дене	85	Капиллярлық құбылыс	123
Ампер заңы	184	Кедергінің температуралық коэффициенті	170
Ампер күші	184	Кернеулік	130
Анизотроптық	85	Кинематика	5
Асқынөткізгіштік	170	Кинематиканың негізгі міндеті	6
Ауаның абсолют ылғалдылығы	116	Клапейрон теңдеуі	95
Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы	117	Конденсатор	135
Ауырлық центрі	42	Кюри температурасы	191
Аэродинамика	70	Қаныққан бу	116
Беріктік	87	Қанықпаған бу	116
Беттік керілу күші	122	Қаттылық	87
Беттік керілу коэффициенті	122	Қозғалыс заңы	7
Бүкіләлемдік тартылыс заңы	27	Кристалдық тор	86
Бұрыштық үдеу	17	Кулон заңы	128
Бойль – Мариотт заңы	93	Күш импульсі	62
Бірінші ретті мәңгі қозғалтқыш	105	Қатынас ыдыстар	48
Вискозиметр	76	Ламинарлық ағыс	71
Галилей түрлендірулері	11	Ленц ережесі	206
Гальваностегия	162	Лездік жылдамдық	34
Гей-Люссак заңы	94	Лоренц күші	185
Гидродинамика	70	Магнит ағыны	203
Гигрометр	117	Магнит өрісі	177
Гидростатикалық қысым	56	Магнит өрісінің күш сызықтары	180
Диамагнетиктер	190	Магнит өтімділік	190
Динамика	21	Магнит индукциясы	179
Динамикалық тепе-теңдік	116	Макроскопиялық параметрлер	83
Дөңгелек процесс	107	Маңдайлық кедергі күші	73
Екінші ретті мәңгі қозғалтқыш	105	Массалар центрі	42
Еркін түсу	34	Менделеев – Клапейрон теңдеуі	92
Жанама үдеу	16	Мениск	123
Жартылай өткізгіштер	156	Микроскопиялық параметрлер	83
Жұмыс	101	Меншікті өткізгіштік	156
Жылу мәшинесі	107	Ньютонның I заңы	23
Жылу мөлшері	101	Ньютонның II заңы	23
Зарядтың сақталу заңы	128	Ньютонның III заңы	24
Идеал газ күйінің теңдеуі	92	Орнықты тепе-теңдік	44
Идеал сұйық	70	Орнықсыз тепе-теңдік	4
Идеал мәшине	108	Өріс потенциалы	132
Изобаралық процесс	94	Паскаль заңы	50
Изопроцесс	93	Парамагнетиктер	190



Психрометр	119	Фарад	134
Реактивті қозғалыс	64	Фарадейдің I заңы	161
Рекомбинация	159	Фарадейдің II заңы	161
Салыстырмалы жылдамдық	13	Ферромагнетиктер	190
Соққы ионадалу	162	Фоторезистор	166
Статика	41	Үдеу	34
Стационар ағыс	72	Шарль заңы	94
Стокс формуласы	75	Шеттік бұрыш	123
Сыйымдылық	134	Шық нүктесі	117
Талғаусыз тепе-теңдік	44	Ішкі энергия	101
Тасымал жылдамдық	13	Электростатика	127
Тепе-теңдік	43	Электр қозғаушы күш	143
Термистор	165	Электр өрісі	129
Термодинамика	99	Электр өрісінің кернеулігі	130
Термодинамикалық параметрлер	83	Электр өрісінің күш сызықтары	131
Термодинамиканың бірінші заңы	101	Электр өрісінің энергиясы	135
Термодинамиканың екінші заңы	104	Электромагниттік индукция	202
Термогигрометр	118	Электролиз	159
Термоэлектрондық эмиссия	163	Электролиттік диссоциация	158
Ток күші	134	Электрохимиялық эквивалент	161
Ток қуаты	151	Энергия	101
Толық тізбек үшін Ом заңы	147	Энергияның сақталу заңы	65
Турбуленттік ағыс	71	Центрге тартқыш үдеу	16
Тұтқырлық	73	Цикл	107
Тізбек бөлігі үшін Ом заңы	146		

## Жаттығулардың жауаптары

- 1-жатт.** 1. 2 м/с; 0,3 м/с<sup>2</sup>. 2. 2 м/с.  
3. а) 2 м/с<sup>2</sup>; 0; 1 м/с<sup>2</sup>; -4 м/с<sup>2</sup>; 99 м;  
99 м. ә)  $x_1 = 5 + t^2$ . б) 1-сурет. 4. 3,24 м.



1-сурет.

- 2-жатт.** 1.  $\approx 8,3$  м/с. 2. 20 с. 3. 4 м/с. 4. 90 с;  
81 м;  $\approx 115,6$  с.
- 3-жатт.** 1. 25 м/с<sup>2</sup>. 2. 25 м/с; 0,71 м/с<sup>2</sup>.  
3. -0,314 рад/с<sup>2</sup>. 4.  $\approx 0,49$  м/с;  
 $\approx 0,015$  рад/с;  $\approx 0,007$  м/с<sup>2</sup>; 0.
- 4-жатт.** 1. 2,5 Н. 2. 778 Н.
- 5-жатт.** 1. 9,5 %. 2. 7,57 км/с; 96,5 мин.  
3. 2 есе кем. 4. 4 есе; 9 есе; 16 есе.
- 6-жатт.** 1. 20,4 м/с; 56,4 м/с. 2.  $\approx 5,35$  м/с;  
3.  $\approx 11,67$  м/с; 43°.
- 7-жатт.** 1. 120 кг. 2. Ауыр жүк ілінген  
ұшынан 0,1 м қашықтықта. 3. Болат  
өзектің ұшынан 11,4 см қашықтықта.
- 8-жатт.** 1. 96 кПа. 2. Екі түтікше қимала-  
рының ауданы 2 есе артады, қысым  
өзгермейді. 3. 1000.
- 9-жатт.** 1.  $\approx 728$  мм сын.бағ.  
3.  $\approx 10,56$  МПа;  $\approx 10,66$  МПа.  
4.  $10,3 \cdot 10^5$  Па.
- 10-жатт.** 1. 0,5 м/с, бастапқы бағытта.  
2. 1,28 м. 3. 20 мм.
- 11-жатт.** 1. 40,82 мН. 2. 4,71 мкН.  
3.  $F_a = F_A + F_k$ . 5. 36,11 мкН. 6. 2 Па·с.
- 12-жатт.** 1.  $4,18 \cdot 10^{-9}$  м. 2. 201 м/с.  
3.  $\approx 106,7$  кПа.
- 13-жатт.** 1. 100 кПа. 2. 65 кПа. 3. 100 см<sup>3</sup>.  
4. 100 кПа.
- 14-жатт.** 1.  $\approx 18698$  Дж. 2. Жок, 900 Дж.
- 15-жатт.** 1. 20 Дж, 20 %. 2.  $\eta = 39$  %.  
3. 27 %, 274 кДж.
- 16-жатт.** 1. 82,8 г/м<sup>3</sup>. 2. 2400 Па,  
қанықпаған. 3. 53,6 г/м<sup>3</sup>. 4. 50 %.
- 17-жатт.** 1.  $1,6 \cdot 10^{-3}$  Н, майға қарай.  
2. 0,1 Н. 3. 78 мН/м. 4. 7 мм.
- 18-жатт.** 1. 540 мкН. 2. -5 мкКл;  
-5 мкКл; 22,5 Н. 3.  $1,76 \cdot 10^{12}$  м/с<sup>2</sup>.  
4.  $3,6 \cdot 10^7$  Н/ Кл.
- 19-жатт.** 1.  $5 \cdot 10^{-9}$  Кл. 2. 100 В.  
3. 0,625 мкДж. 4.  $10^{-8}$  Кл;  $5 \cdot 10^{-6}$  Дж.
- 20-жатт.** 1. 0,17 А; 6 мин. 2. 60 А.
- 21-жатт.** 1. 0,5 А; 3,5 В. 2. 3,5 А.  
3. 0,47 А. 4. 2 В.
- 22-жатт.** 1. 3,18 мин. 2.  $\approx 5,45$  А.  
3. 13250 теңге; 5667 теңге; 7583 тең-  
геге артық. 4. 80 %.
- 23-жатт.** 2. 53,5 мг. 3. 4,15 В.
- 24-жатт.** 1. 4 В. 2. 5 есе.
- 25-жатт.** 1.  $\approx 12,5$ . 2. 0,0045 К<sup>-1</sup>.
- 26-жатт.** 1. Кесектерді «Т» әрпі түрінде  
жинау, егер ұшы басқа кесекке  
қаратылған кесек магнит болса, олар  
тартылады, ал магнит болмаса өзара  
әрекеттесу орындалмайды. 2.  $4 \cdot 10^{-5}$  Тл.  
3.  $\approx 12$  А.
- 27-жатт.** 1. 0. 2.  $2 \cdot 10^{-6}$  Н. 3.  $1,6 \cdot 10^{-15}$  Н,  
0,569 мм.
- 28-жатт.** 1. 2000, 1000. 2. 0.
- 30-жатт.** 1. 5 м. 2. -0,25 Вб/с. 3. 4 В.  
4. 0,5 Дж
- 31-жатт.** 1. Жанып кетеді. 2. 30 В. 3. 1/3;  
2520. 4. 5,625 А.

## Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Ударцева В.М., Федоров В.Н., Шуиншина Ш.М. Физика. Учебная программа для 10–11 классов естественно-математического направления общеобразовательной школы. – Астана: НАО им. И.Алтынсарина, 2013. – 19 с.
2. Ванеев А.А., Корж Э.Д., Орехов В.П. Преподавание физики в 9 классе. Москва: Просвещение, 1980.
3. Ванеев А.А., Дубицкая З.Г., Ярунина Е.Ф. Преподавание физики в 10 классе средней школы. Москва: Просвещение, 1978.
4. Орехов В.П., Усова А.В., Турышев И.К. и др. Методика преподавания физики в 8–10 классах средней школы. Москва: Просвещение, 1980.
5. Методика факультативных занятий по физике: пособие для учителей Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А. и др.; – М.: Просвещение, 1980. – 191 с.  
М.М. Балашов Физика. Пробный учебник для 9 класса средней школы. – Москва: Просвещение, 1993.
6. Тарасов Л.В., Тарасова А.Н. Вопросы и задачи по физике (Анализ характерных ошибок поступающих во вузы): Учебное пособие. – 4-е изд., стереотип. – М.: Высш. шк., 1990. – 256 с.  
Физика. Перевод с английского Ахматова А.С. и др. – Москва: Наука, 1965.
7. Эллиот Л., Уилкокс У. Физика./ Перевод с англ. под редакцией проф. Китайгородского А.И. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1975.  
Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. Учебник для 9 класса средней школы. – М.: Просвещение, 1992.
8. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 1995.
9. Шахмаев Н.М. и др. Физика. Учебник для 11 класса средних школ. – М.: Просвещение, 1991.
10. Элементарный учебник физики /под ред. акад. Ландсберга, том I. – Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – М., 1975.
11. Элементарный учебник физики под ред. акад. Ландсберга, Т.2. Электричество и магнетизм. – 13-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 480 с.
12. Физика: Механика: Учеб. Пособие для шк. И классов с углубл. изуч. физики / Балашов М.М., Гомонова А.И., Долицкий А.Б. и др.; Под ред. Мякишева Г.Я. – М.: Просвещение, 1995. – 480 с.
13. Грабовский Р.И. Курс физики: Учебное пособие. 11-е изд., стер.– СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 608 с.
14. Кабардин О.Ф. Физика: справ. материалы: Учеб. пособие для учащихся. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 1991. – 367 с.
15. Физика: Учебник для 10 классов естественно-математического направления общеобразовательных школ / Б.Кронгарт, В.Кем, Н.Койшибаев. – Алматы: Мектеп», 2006. – 352 с.
16. Рымкевич А.П., П.А. Рымкевич Сборник задач по физике. – Москва «Просвещение», 1984.
17. Сборник задач по физике: Для 10–11 кл. общеобразовательных учреждений / Сост. Г.Н. Степанова. М.: Просвещение, 2001.

18. Гладкова Р.А., Добронравов В.Е., Жданов Л.С., Цодиков Ф.С. Сборник задач и вопросов по физике для средних специальных учебных заведений. – изд. 2. испр. авл. М.: Наука, 1974.
19. Сборник задач по физике. 10–11 классы: пособие для учащихся общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни/ Парфентьева Н.А. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2010. – 206 с.
20. Парфентьева Н.А. Задачи по физике. Для поступающих в вузы, – М.: Классик Стиль, 2005. – 480 с.
21. Физика в задачах для поступающих в вузы / Турчина Н.В. – М.: ООО Издательство «Оникс»; ООО «Издательство «Мир и образование»», 2008. – 768 с.
22. Сборник задач по физике: Учебное пособие / Баканина Л.П., Белонучкин В.Е., Козел С.М., Мазанько И.П.: Под ред. Козела С.М. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 288 с.
23. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики – М.: «Наука». 1976. – 464 с.
24. Зубов В.Г., Шальнов В.П. Задачи по физике. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1975. – 280 с.
25. Вертельник В.И., Позднеева Э.В. и др. Физика. Тренинговые задания: в 2 ч. – Томск. Том.политехн. ун-т, 2006. – ч. 1. – 170 с.
26. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики: Дидакт. материалы: 9-11 кл. / Дик Ю.И., О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др. – М.: Просвещение, 1993.
27. Практикум по физике в средней школе: дидакт. материал. / Буров В.А., Дик Ю.И., Зворыкин Б.С и др. – М.: Просвещение, 1987.
28. Қазақша-орысша. Орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Физика және астрономия. – Алматы: «Қазақпарат» баспа корпорациясы, 2014. –388 б. Мемлекеттік терминологиялық комиссия бекіткен.
29. Орысша-қазақша сөздік. А.Байтұрсынов атындағы Тіл білімі институты, – Алматы. Дайк-пресс – 2005.
30. Физика: еженедельник издательского дома «Первое сентября». Адрес сайта: <http://fiz.1september.ru/>.
31. «Классная физика». Образовательный сайт. Адрес сайта: <http://class-fizika.narod.ru>

## Иллюстрациялық материалдар сілтемелері

1. [airandspace.si.edu](http://airandspace.si.edu)
2. [aboutsacejournal.net](http://aboutsacejournal.net)
3. [kaztelradio.kz](http://kaztelradio.kz)
4. [airbus.com](http://airbus.com)
5. [popmech.ru](http://popmech.ru)
6. [ethnosport.kz](http://ethnosport.kz)
7. [plantarium.ru](http://plantarium.ru)
8. [gidroguru.com](http://gidroguru.com)
9. [tengrinews.kz](http://tengrinews.kz)
10. [su-zholdary.kz](http://su-zholdary.kz)
11. [daviddarling.info](http://daviddarling.info)
12. [gharysh.kz](http://gharysh.kz)
13. [akvilon.su](http://akvilon.su)
14. [ekaraganda.kz](http://ekaraganda.kz)
15. [creta-fan.ru](http://creta-fan.ru)
16. [radikal.ru](http://radikal.ru)
17. [severozapad.pro](http://severozapad.pro)
18. [satu.kz](http://satu.kz)
19. [weinregal-profi.de](http://weinregal-profi.de)
20. [ukkz.com](http://ukkz.com)
21. [kz.all.biz](http://kz.all.biz)
22. [ru.aliexpress.com](http://ru.aliexpress.com)
23. [ademi-ai.kz](http://ademi-ai.kz)
24. [megazakaz.com](http://megazakaz.com)
25. [robotclass.ru](http://robotclass.ru)
26. [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru)
27. [ebay.com](http://ebay.com)
28. [zakon.kz](http://zakon.kz)
29. [bigpicture.ru](http://bigpicture.ru)
30. [hi-news.ru](http://hi-news.ru)
31. [motor.ru](http://motor.ru)
32. <http://paranormal-news.ru>
33. [hightech.fm](http://hightech.fm)
34. [mirkosmosa.ru](http://mirkosmosa.ru)
35. [informburo.kz](http://informburo.kz)
36. [citytravel.livejournal.com](http://citytravel.livejournal.com)
37. [neomagnet.by](http://neomagnet.by)
38. [s-project.com.ua](http://s-project.com.ua)
39. [strong-mag.com](http://strong-mag.com)
40. [industrialmagnetics.in](http://industrialmagnetics.in)
41. [polimagnit.prom.ua](http://polimagnit.prom.ua)
42. [www.storyrender.com](http://www.storyrender.com)
43. [north-magnet.com](http://north-magnet.com)

## Мазмұны

Алғы сөз .....	4
<b>1-ТАРАУ. Кинематика</b> .....	5
§ 1. Дене қозғалысы кинематикасының теңдеулері мен графиктері .....	6
§ 2. Салыстырмалы қозғалыс .....	11
§ 3. Қисықсыздықты қозғалыс кинематикасы .....	16
<b>2-ТАРАУ. Динамика</b> .....	21
§ 4. Күштер. Күштерді қосу. Ньютон заңдары .....	22
§ 5. Бүкіләлемдік тартылыс заңы .....	27
§ 6. Гравитациялық өрістегі дененің қозғалысы .....	34
<b>3-ТАРАУ. Статика және гидростатика</b> .....	41
§ 7. Массалар центрі. Тепе-теңдік түрлері .....	42
§ 8. Қатынас ыдыстар. Паскаль заңының қолданылуы .....	48
§ 9. Торричелли тәжірибесі. Атмосфералық қысым .....	54
<b>4-ТАРАУ. Сақталу заңдары</b> .....	61
§ 10. Механикадағы импульс пен энергияның сақталу заңдары .....	62
<b>5-ТАРАУ. Гидродинамика</b> .....	69
§ 11. Сұйық кинематикасы .....	70
<b>6-ТАРАУ. Молекулалық–кинетикалық теорияның негіздері</b> .....	77
§ 12. МКТ негізгі қағидалары. Термодинамикалық параметрлер .....	78
§ 13. Кристалл және аморфты денелер .....	85
<b>7-ТАРАУ. Газ заңдары</b> .....	91
§ 14. Идеал газ күйінің теңдеуі. Изопроцестер. Адиабаталық процесс .....	92
<b>8-ТАРАУ. Термодинамика негіздері</b> .....	99
§ 15. Термодинамика заңдарын қолдану .....	100
§ 16. Жылулық қозғалтқыштар .....	107
<b>9-ТАРАУ. Сұйық және қатты денелер</b> .....	115
§ 17. Ауаның ылғалдылығы. Шық нүктесі .....	116
§ 18. Сұйықтың беттік керілуі. Жұғу, капиллярлық құбылыс .....	121
<b>10-ТАРАУ. Электростатика</b> .....	127
§ 19. Электр өрісі .....	128
§ 20. Электрсыйымдылық. Конденсаторлар. Сыйымдылықтың өлшем бірлігі және электр мөлшері .....	134
<b>11-ТАРАУ. Тұрақты ток</b> .....	141
§ 21. Ток көзінің электр қозғаушы күші мен ішкі кедергісі. Кернеу, потенциалдар айырымы .....	142
§ 22. Толық тізбек үшін Ом заңы .....	146
§ 23. Электр тогының жұмысы мен қуаты .....	150

<b>12-ТАРАУ. Әртүрлі ортадағы электр тогы</b> .....	155
§ 24. Металдардағы, жартылай өткізгіштердегі, электролиттердегі, газдар мен вакуумдағы электр тогы.....	156
§ 25. Жартылай өткізгішті аспаптар.....	165
§ 26. Асқынөткізгіштік.....	170
<b>13-ТАРАУ. Магнит өрісі</b> .....	177
§ 27. Магнит өрісі. Магнит индукциясының векторы. Бұрғы ережесі.....	178
§ 28. Ампер күші. Лоренц күші.....	184
§ 29. Заттардың магниттік қасиеттері.....	190
§ 30. Жасанды магниттер. Соленоид.....	194
<b>14-ТАРАУ. Электромагниттік индукция</b> .....	201
§ 31. Электромагниттік индукция заңы.....	202
§ 32. Электромагниттік құралдар.....	208
§ 33. Магниттік-резонанстық томография.....	213
<b>Қосымшалар. Зертханалық жұмыстар және кестелер</b> .....	219
1-қосымша. Зертханалық жұмыстар.....	220
№1 зертханалық жұмыс	
Тұтқырлығы әртүрлі сұйықтардағы шардың қозғалысын зерттеу.....	220
№2 зертханалық жұмыс	
Электролиттердегі электр тогының пайда болу шарттарын зерттеу.....	222
2-қосымша. Физикалық шамалар кестесі.....	223
Пәндік көрсеткіш.....	230
Жаттығулардың жауаптары.....	232
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	233
Иллюстрациялық материалдар сілтемелері.....	235



### Назар аудар

Электронды қосымша жүктелген CD қолжетімсіз болған жағдайда, қосымшаны *arman-pv.kz* сайтынан тауып, өз компьютеріңе жүктеп алуыңа болады

*Оқулық басылым*

**Назифа Анваровна Закирова  
Руслан Рауфович Аширов**

# ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептің  
қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы  
10-сыныбына арналған оқулық

<b>Суретшілері</b>	А. Айтжанов, Е. Мищенко
<b>Бас редакторы</b>	К. Караева
<b>Әдіскер-редакторы</b>	Т. Базарханова
<b>Редакторы</b>	Ж. Құлдарова
<b>Техникалық редакторы</b>	В. Бондарев
<b>Көркемдеуші редакторы</b>	Е. Мельникова
<b>Билд редакторы</b>	Ш. Есенқұлова
<b>Суретші-бездіруші</b>	О. Подопрігора
<b>Мұқабаның дизайны</b>	О. Подопрігора, В. Бондарев
<b>Беттегендер</b>	Л. Костина, С. Сулейменова, Г. Илишева, Т. Макарова, А. Кейікбойва, Н. Нержанова

**Сатып алу үшін мына мекенжайларға хабарласыңыздар:**

Нұр-Сұлтан қ., 4 м/а, 2 үй, 55 пәтер.

Тел.: 8 (7172) 92-50-50, 92-50-54. E-mail: [astana@arman-pv.kz](mailto:astana@arman-pv.kz)

Алматы қ., Ақсай-1А м/а, 28Б үй.

Тел.: 8 (727) 316-06-30, 316-06-31. E-mail: [info@arman-pv.kz](mailto:info@arman-pv.kz)

**«Арман-ПВ» кітап дүкені**

Алматы қ., Алтынсарин к/сі, 87 үй. Тел.: 8 (727) 303-94-43.

Теруге 23.07.18 берілді. Басуға 01.07.19 қол қойылды. Пішімі 70 x 100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Қағазы офсеттік.

Қаріп түрі «Times New Roman». Офсеттік басылыс. Шартты баспа табағы 19,35.

Таралымы 21000 дана.

**Артикул 810-007-001к-19**