

ФИЗИКА

Жалпы орта білім беретін мектептердің 10-сыныбына арналған
оқулық

Өзбекстан Республикасы Халық ағарту министрлігі баспаға
ұсынған

**Жаңа
басылым**

10



Ташкент
2022

УЎК 53(075.3)
КБК 22.3я72
Ф 58

Ф 58 Физика 10 [Мәтін] : 10-сынып үшін оқулық/. – Ташкент: Республика білім орталығы, 2022. – 192 б.

ISBN 978-9943-8459-8-5

УЎК 53(075.3)
КБК 22.3я72

ӘЗІРЛЕУШІЛЕР:

К. А. Турсунметов, Ш. Н. Усмонов,
Ж. А. Рахматов, Д. Б. Хомидов

ПІКІР ЖАЗҒАНДАР

- | | |
|------------------------|--|
| Б. А. Юлдошов | – Терміз мемлекеттік университетінің физика-математика факультеті теориялық физика кафедрасы оқытушысы. |
| Т. Х. Жумаев | – Мемлекеттік тестілеу орталығы жанындағы Ғылыми-білім беру практикалық орталығының бас маманы. |
| А. Худойбердиев | – Республикалық білім орталығы стандарт және бағалау бөлімінің әдіскері. |
| А. Ж. Умаров | – Қашқадария облысы, Китаб ауданындағы 5-мектептің жоғары санатты физика пәнінің мұғалімі. |
| М. К. Умаров | – Әндіжан облысы, Шахрихан ауданындағы 46-мектептің жоғары санатты физика пәнінің мұғалімі. |
| Б. Т. Турапов | – Қашқадария облысы Шахрисабз ауданындағы 6-мамандандырылған мемлекеттік жалпы білім беретін мектеп-интернатының жоғары санатты физика пәнінің мұғалімі. |
| И. А. Раупов | – Бұхара облысы, Гиждуван ауданындағы 27-мектепте жоғары санатты физика пәнінің мұғалімі. |
| М. А. Аскарров | – Бұхара облысы, Қаракөл ауданындағы 10-мектептің бірінші санатты физика пәнінің мұғалімі. |

Шартты белгілер:



– қорытынды сұрақтар.



– жаттығулар.



– практикалық тапсырмалар.



– логикалық пікірлеуге негізделген тапсырмалар.



– қосымша тапсырмалар.

Республикалық мақсатты кітап қорының қаржысы есебінен жарық көрді.
Түпнұсқа макет пен дизайн тұжырымдамасын Республикалық білім орталығы
жасады

ISBN 978-9943-8459-8-5

© Республикалық білім орталығы, 2022

МАЗМҰНЫ

I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРІ

1-Тақырып. Күштерді біріктіру.....	8
2-Тақырып. Центрге тартқыш күш.....	11
3-Тақырып. Гравитациялық өрістегі қозғалыс.....	14
4-Тақырып. Есептер шешу.....	17
5-Тақырып. Дене салмағының қозғалыс түріне тәуелділігі.....	19
6-Тақырып. Дененің бірнеше күш әсеріндегі қозғалысы.....	23
7-Тақырып. Есептер шешу.....	26
8-Тақырып. Дененің көлбеу жазықтықтағы қозғалысы.....	28
9-Тақырып. Денені көлбеу жазықтық бойымен көшіруде орындалған жұмыс. Көлбеу жазықтықтың пайдалы жұмыс коэффициенті (ПЖК).....	31
10-Тақырып. Есептер шешу.....	33
11-Тақырып. Зертханалық жұмыс. Көлбеу жазықтықтың ПЖК-ін анықтау.....	35
12-Тақырып. Масса центрі. Тепе-теңдік түрлері. Күш моменті.....	36
13-Тақырып. Момент заңы негізінде орындалатын қарапайым механизмдер.....	40
14-Тақырып. Есептер шешу.....	43
Жобалық жұмыс: Қарапайым механизмдерді жасау.....	46

II ТАРАУ. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

15-Тақырып. Механикалық тербелістер.....	48
16-Тақырып. Серіппелі және математикалық маятниктер.....	52
17-Тақырып. Зертханалық жұмыс: Математикалық маятниктің көмегімен еркін түсу үдеуін анықтау.....	54
18-Тақырып. Механикалық толқындар.....	55
19-Тақырып. Дыбыс толқындары.....	57
20-Тақырып. Есептер шешу.....	61

III ТАРАУ. ГИДРО ЖӘНЕ АЭРОДИНАМИКА

21-Тақырып. Сұйықтық пен газдардың қозғалысы.....	66
22-Тақырып. Қозғалыстағы газ бен сұйықтық қысымының жылдамдыққа тәуелділігінің технологияда қолданылуы.....	70
23-Тақырып. Есептер шешу.....	72

IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

24-Тақырып. Электр өрісі кернеулігінің суперпозиция принципі.....	76
25-Тақырып. Зарядталған шардың электр өрісі.....	80
26-Тақырып. Есептер шешу.....	84
27-Тақырып. Электростатикалық өрісте нүктелік зарядты көшіруде орындалған жұмыс.....	85
28-Тақырып. Электр өрісінде орналасқан нүктелік зарядтың потенциалдық энергиясы.....	87
29-Тақырып. Электр өрісінің энергиясы.....	91

30-Тақырып. Практикалық сабақ. Энергияның бір түрден басқа түрге айналуы	94
31-Тақырып. Есептер шешу	95

V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

32-Тақырып. Ток күші және ток тығыздығы	98
33-Тақырып. Толық тізбек үшін Ом заңы.	103
34-Тақырып. Есептер шешу	107
35-Тақырып. Зертханалық жұмыс: Ток көзінің ЭҚК-ін және ішкі кедергісін анықтау	109
36-Тақырып. Металл өткізгіштер кедергісінің температураға тәуелділігі	110
37-Тақырып. Есептер шешу	115
Жобалық жұмыс: Баламалы электр көздері	117

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДА ЭЛЕКТР ТОГЫ

38-Тақырып. Сұйықтықтардағы электр тогы	122
39-Тақырып. Фарадейдің бірінші және екінші заңы.	125
40-Тақырып. Есептер шешу	129
41-Тақырып. Электролизді тұрмыста және технологияда қолдану	130
42-Тақырып. Газдарда электр тогы	132
43-Тақырып. Жартылай өткізгіштер және олардың металдардан айырмашылығы	137
44-Тақырып. Жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштігі	139
45-Тақырып. Жартылай өткізгіштер және оларды технологияда қолданылуы	142
46-Тақырып. Зертханалық жұмыс: Жартылай өткізгішті диодтың вольт-амперлік сипаттамаларын бақылау	147

VII ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

47-Тақырып. Магнит өрісінің индукциясы. Ток өткізгіштердің магниттік өрісі	150
48-Тақырып. Магнит өрісінің ток өткізгіштікке әсері.	154
49-Тақырып. Ток өткізгіштердің өзара әрекеттесуі	159
50-Тақырып. Магнит өрісіндегі ток өткізгіштігін көшіргенде орындалған жұмыс	161
51-Тақырып. Зарядталған бөлшектің магнит өрісіндегі қозғалысы	164
52-Тақырып. Тұрақты ток электр қозғалтқышы	167
53-Тақырып. Есептер шешу	169
54-Тақырып. Электромагниттік индукция	171
55-Тақырып. Практикалық сабақ. Электромагниттік индукция құбылысын зерттеу	174
56-Тақырып. Өздік индукция. Индуктивтілік	176
57-Тақырып. Есептер шешу	179
58-Тақырып. Токтың магнит өрісіндегі энергиясы. Заттардың магниттік қасиеттері ..	180
59-Тақырып. Есептер шешу	184
Пайдаланылған әдебиеттер	190

КІРІСПЕ

Бүгінде ғылым мен технология қарқынды дамып, цифрлық экономика тәжірибеге енгізіліп, білім қарқынды түрде жаңартылуда. Әсіресе, оқушылардың тек теориялық біліммен шектеліп қалмай, оны іс жүзінде қолдануына баса назар аударылуда.

Мамандардан тек білім ғана емес, ізденімпаздық, зерттеушілік дағдылар талап етіледі. Сондықтан оқушыларды оқу-зерттеу іс-әрекетіне баулу, олардың зерттеушілік дағдыларын дамыту өзекті мәселелердің біріне айналды.

Атап айтқанда, физиканы оқыту физикалық білімдерді практикада қолдана білу дағдыларын қалыптастырып, дамытуды, оқушыларда қажетті ғылым білімдерін қалыптастыруды көздейді.

Жалпы орта білім беретін мектептерде пәндерді оқыту үдерісінде ғылым мен технологияны дамыту, инженерлік-математика және күнделікті өмірмен байланыстыра оқыту (STEAM тәсілі) оқу процесін ұйымдастырудың өзекті мәселесі болып табылады.

STEAM уақыт талабы негізінде халықаралық деңгейде оқушыларға білім беруде пәнаралық байланыс пен практикалық тәсілді нығайтуды көздейді. Физика 1-6 сыныптарда жаратылыстану (биология, химия, физика, география) пәндерінің бір бөлігі ретінде оқытылады. Соның ішінде Күн, Жер, Ай және оның маңызы, ауа-райы, жыл мезгілдері, айналамыздағы заттар: тұрмыстық техника, оқу құралдары, азық-түлік өнімдері, электр аспаптары мен газды пайдаланудағы қауіпсіздік техникасы ережелерінің сақталуы, дене мен заттар, күйлер. су, термометрді қолдану, ауа-райын күнделікті бақылау, күн мен түннің мезгілдік ауысуы, жыл мезгілдері және басқа да түсініктер қалыптасады.

Физика 7, 8, 9, 10, 11 сыныптарда дәйекті курс ретінде оқытылады. Атап айтқанда, «Механика», «Молекулалық физика және термодинамика негіздері», «Электродинамика», «Опти-



ка», «Атомдық және ядролық физика» бөлімдері спираль түрінде оқытылып, студенттердің практикалық қолдану дағдылары қалыптасады.

Бұл оқу құралы табиғаттағы процестер мен құбылыстарды бақылауға, талдауға арналған үйренуге, физикалық құбылыстарды зерттеуде құралдарды дұрыс пайдалана білуге, физикалық ұғымдар мен шамаларды математикалық формулалармен көрсете білуге, ғылым саласындағы жетістіктер арқылы оқушылардың ғылыми көзқарасын дамыту, оларды іс жүзінде қолдану, болашақта оқушыларды ғылым мен техниканы дұрыс пайдалануға бағыттауды мақсат етеді. Оқулықта «Динамика. «Статика элементтері», «Механикалық тербелістер және толқындар», «Гидродинамика», «Электростатикалық өріс», «Тұрақты ток заңдары», «Түрлі орталарда электр тогы», «Магнит өрісі» тараулары оқытылады.

Жаратылыстану ғылымдарының ішінде техниканың дамуы үшін ең маңыздысы физика болып табылады, өйткені технологияда физика заңдары кеңінен қолданылады. Физика саласындағы жаңа ашылымдар бұрыннан бар технологияларды жетілдіруге немесе жаңаларын жасауға әкеледі. Технологиялық даму өз кезегінде ғылымның одан әрі дамуына әкеледі.

Оқулықта берілген практикалық тәжірибелерді, жобалық-бағдарлы тапсырмаларды орындау, логикалық сұрақтарға жауап беру табиғи және әлеуметтік ортаның жағдайын түсінуге, экологиялық және адами проблемаларды ұғынуға, олардың орнын табуда шешім қабылдауға көмектеседі.

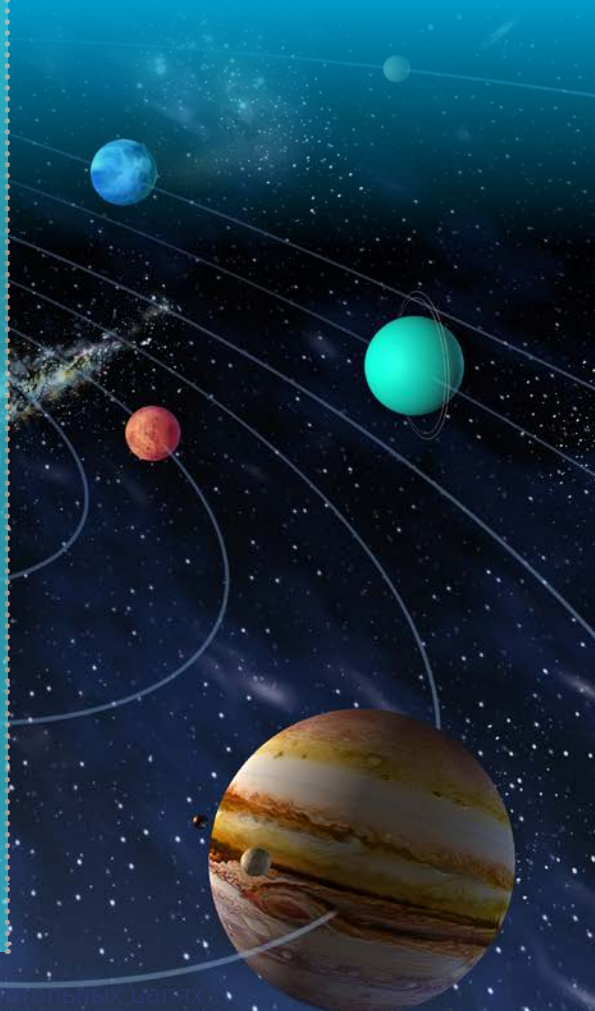
I ТАРАУ



ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРІ

Сіз тарауда келесі тақырыптар бойынша ақпарат аласыз;

- күштерді біріктіру;
- центрге тартқыш күш;
- гравитациялық өрістегі қозғалыс;
- дене салмағының қозғалыс түріне тәуелділігі;
- дененің бірнеше күш әсеріндегі қозғалысы;
- дененің көлбеу жазықтықтағы қозғалысы;
- дененің көлбей жазықтық бойымен қозғалуында орындалған жұмыс. Көлбеу жазықтықтың пайдалы жұмыс коэффициенті;
- Масса центрі. Тепе-теңдік түрлері. Күш моменті;
- момент заңы негізінде орындалатын қарапайым механизмдер;



1-ТАҚЫРЫП

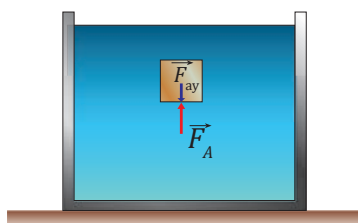
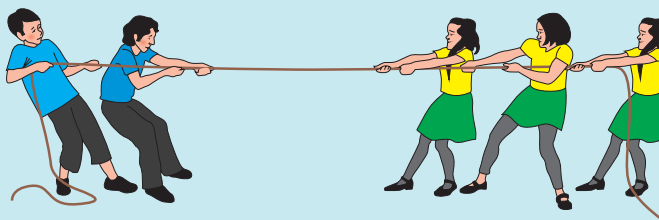
КҮШТЕРДІ БІРІКТІРУ

Қай топ жеңеді?

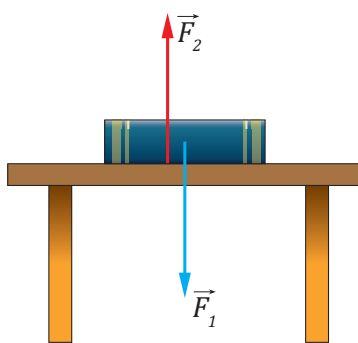
а) егер әрбір ұлдың тарту күші 300 N кем болса, ал әрбір қыздың тарту күші ұл баланың тарту күшінен 50 N кем болса;

б) егер бір ұл мен бір қыз ауыстырылса ше?

Жауабыңды негізде.



а)



б)

1.1-сурет

1. Теңгерілген күштер.
2. Теңгерілмеген күштер.
3. Тең әсерлі күш және күштің негізін салушылар.

Табиғаттағы барлық құбылыстар физикалық заңдарға бағынады. Денелердің бір-бірімен өзара әрекеттесуі, олардың тепе-теңдігі денеге әсер ететін күштерге тәуелді.

1. Теңгерілген күштер

Неліктен тұраққа қойылған көлік, судың ерікті нүктесінде тұрған дене (1.1 а-сурет), үстел үстіндегі заттар бір орында тұрып қалады?

Үстел үстінде тыныштықта тұрған кітапқа екі күш әсер етеді (1.1 б-сурет). F_1 – ауырлық күші. F_2 – денені үстелден жоғары көтеруші, яғни тіректің қалыпты реакция күші. Бұл күштердің шамасы тең, ал бағыты қарама-қарсы болғандықтан, олардың қосындысы нөлге тең, нәтижесінде бір-бірін *теңгереді*.

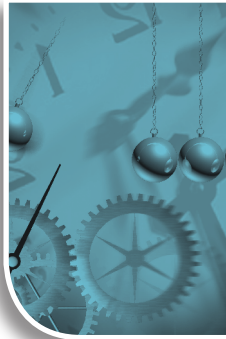
Дененің тыныштық күйін және қозғалыс жылдамдығын өзгертпейтін күштерді теңестірілген күштер деп атайды.

Ньютонның бірінші заңы бойынша:

Денеге ешқандай қосымша күш әсер етпесе, ол өзінің салыстырмалы тыныштығын сақтайды немесе түзу сызықта бірқалыпты қозғалысын жалғастырады.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0 \quad (1) \text{ болса, } \vec{a} = 0 \text{ және } \vec{v} = \text{const} \text{ болады.}$$





2. Теңгерілмеген күштер

Табиғатта тыныш тұрған немесе тұрақты жылдамдықпен бірқалыпты қозғалыстағы денелерден басқа жылдамдығы өзгермелі денелерді біз де көп кездестіреміз. Мысалы, суға бата бастаған дене (1.2 а-сурет), орнынан қозғалып, жылдамдығын арттыратын автомобиль немесе төмендетілген жылдамдықпен станцияға кіретін пойыз және осыған ұқсас мысалдарды келтіруге болады. Жанармайы таусылған автомобильді орнынан жылжыту үшін оған теңгерімсіз күш түсіру керек (1.2 б-сурет).

Дене жылдамдығының өзгеруін тудыратын күштер теңгерілмеген күштер дейіледі.

3. Тең әсерлі күш және күштің негізін салушылар

Табиғатта бір ғана күштің әсерінен дененің қозғалысын сирек көреміз. Көптеген жағдайларда денеге бір мезгілде бірнеше күш әсер етеді. Бұл күштердің денеге әсерін сипаттау үшін тең әсерлі (нәтижелі) күштердің шамасы енгізілген (1.3-сурет). $\vec{F}_x = |x_2 - x_1|$ $\vec{F}_y = |y_2 - y_1|$

Денеге әсер ететін күштердің векторлық қосындысы осы күштердің тең әсерлі күші деп аталады.

Денеге бір мезгілде бірнеше күш әсер етсе, дененің қозғалысы осы күштердің бағыты мен шамасына байланысты өзгереді. Сондықтан күштердің тең әсерлі күшін анықтаған кезде олардың бағыты мен модулін ескеру керек. Тең әсерлі күш төменде берілгендей түрде табылады:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \quad (2)$$

Мұнда $\vec{F}_1; \vec{F}_2 \dots \vec{F}_n$ құраушы күштер дейіледі.

Денеге екі $\vec{F}_1$ және $\vec{F}_2$ күштерге әсер етіп жатқан болсын:

$$\text{Жалпы алғанда нүктелік } F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha} \quad (3)$$

формуласымен табылады.

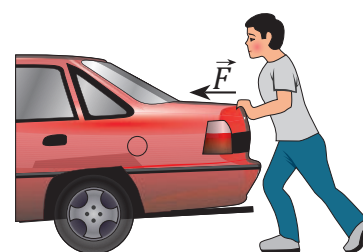
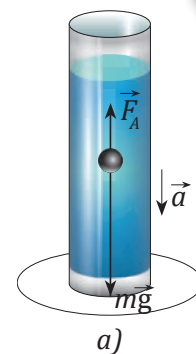
Мұнда $F_1 = |\vec{F}_1|$, $F_2 = |\vec{F}_2|$, $\alpha - \vec{F}_1$ және $\vec{F}_2$ арасындағы бұрыш.

α ның кейбір меншікті мәндері үшін формула жеңілдейді:

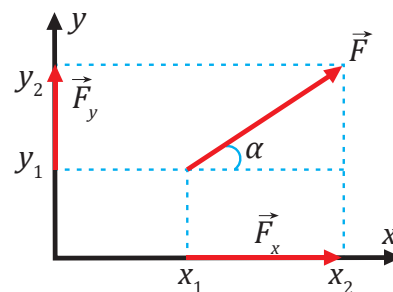
1) $\alpha = 0^\circ$; күштер бір бағытта болса, $F = F_1 + F_2$

2) $\alpha = \frac{\pi}{2}$ егер күштер бір-біріне перпендикуляр болса, $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

3) $\alpha = \pi$; егер күштер қарама-қарсы бағытта болса, $F = |F_1 - F_2|$



б)
1.2-сурет



1.3-сурет

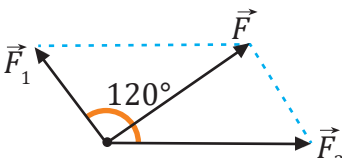
I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ



1. Ньютонның бірінші заңын теңгерілген күштер арқылы көрсетуге бола ма?
2. Парашютші түзу сызықпен түсіп келе жатыр. Бұл қозғалыста қандай күштер теңгерілген болады?
3. Теңгерілген және теңгерілмеген күштер қалай ерекшеленеді?
4. Қозғалтқышы өшірілген көлік көлденең жолда түзу жүре ала ма? Жауабын түсіндір.

Мәселені шешу үлгісі

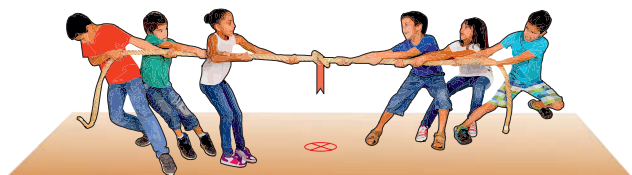
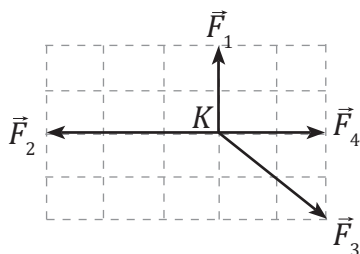
Дененің бір нүктесіне бұрышы 120° , әрқайсысының модулі 5 N болатын екі күш әсер етеді. Осы күштердің тең әсерлі күшін тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$\alpha = 120^\circ$	$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$ 	$F = \sqrt{5^2 + 5^2 + 2 \cdot 5 \cdot 5 \cos 120^\circ} = 5\text{ N}$
$F_1 = F_2 = 5\text{ N}$		Жауап: $F = 5\text{ N}$.
$F = ?$		



1-жаттығу

1. Арқан тартыс сайысына 4 спортшы қатысуда. Егер олардың екеуі сәйкесінше 250 N және 300 N күшпен оңға, ал қалған екеуі сәйкесінше 100 N және 350 N күшпен солға тартылса, тең әсер етуші күштің модулі мен бағытын тап.
2. Мәндері 30 N және 40 N болған күштердің тең әсерлі күші 50 N болуы үшін олар өзара қандай бағытта болуы керек?
3. Массалары 60 және 80 kg екі конькиші 24 N күшпен итерілсе, олардың үдеуін тап.
4. K нүктесінде тұрған денеге суретте көрсетілгендей күштер әсер етуде. Дене қай бағытта қозғалады?
5. Төмендегі суретке байланысты теңгерілген немесе теңгерілмеген күштер әсер етіп жатқанын анықта және жауабыңды дәлелде.



ЦЕНТРГЕ ТАРТҚЫШ КҮШ

2-ТАҚЫРЫП

1. Айналмалы қозғалыстағы күштер.
2. Жіпке бекітілген шардың қозғалысы. Центрден тепкіш күш.
3. Тұрмыста және технологиядағы центрге тартқыш және центрден тепкіш күштер.

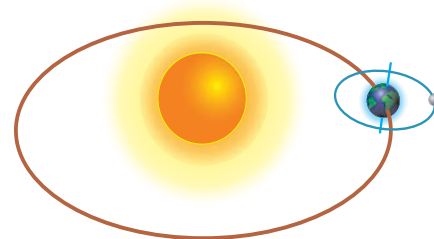
Жолдың күрт бұрылысында жүргізуші автомобиль жылдамдығын азайтуға мәжбүр болады. Себебін түсіндір.



1. Айналмалы қозғалыстағы күштер

Неліктен Ай Жерді айналып қозғалады да, алыстамайды (1.4-сурет)?

Ньютонның екінші заңы бойынша дене сыртқы күштің әсерінен үдеумен қозғалады. Радиусы R шеңбер бойымен v жылдамдығымен қозғалатын кез келген дене шеңбердің центріне қарай үдеу алады.



1.4-сурет

Яғни:

$$a_{ц.ма} = \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

Бұл үдеу сыртқы күштердің әсерінен де болады. Мұндағы сыртқы күш – центрге тартқыш күш. Центрге тартқыш күш жеке бір күштің бір түрі емес екенін түсіну маңызды. Бұл жай ғана дененің айналуына әкелетін нәтиже күші.

Центрге тартқыш күш:

– жіпке бекітілген дененің айналмалы қозғалысындағы жіптің тартылу күші;

– жолдың бұрылыс бөлігінде қозғалған кезде көліктердің бұрылуына әкелетін күшті мысал ретінде келтіруге болады.

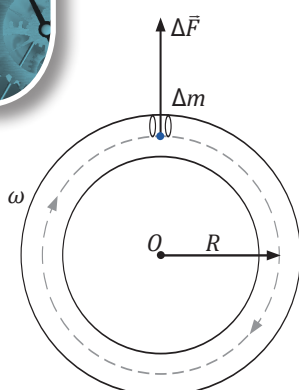
Біз Ньютонның екінші заңын центрге тартқыш күшке ($F_{ц.м}$) қолданамыз:

$$a_{ц.ма} = \frac{F_{ц.ма}}{m} \quad (2)$$

$$(1) \text{ және } (2) \text{ формулалардан } F_{ц.ма} = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad (3)$$

формуласын жасаймыз.

I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ



1.5-сурет

Дененің айналмалы қозғалыстағы сызықтық жылдамдығы $v = \omega R$ болғандықтан, центрге тартқыш күшін де былай өрнектеуге болады (1.5-сурет): $F_{ц.та} = m\omega^2 R$ (4).

Бірнеше күш шеңбер бойымен біркелкі қозғалыс жасауы да мүмкін, бірақ олардың векторлық қосындысы радиус бойымен центрге бағытталған. Жоғарыда айтылған ойларға сүйене отырып, центрге тартқыш күш келесідей анықталады:

Центрге тартқыш күш - бұл объектінің айналуын тудыратын сызықтық жылдамдық векторына перпендикуляр күш.

Центрге тартқыш күш сызықтық жылдамдық векторының бағытын өзгертеді, бірақ оның модульн өзгертпейді.

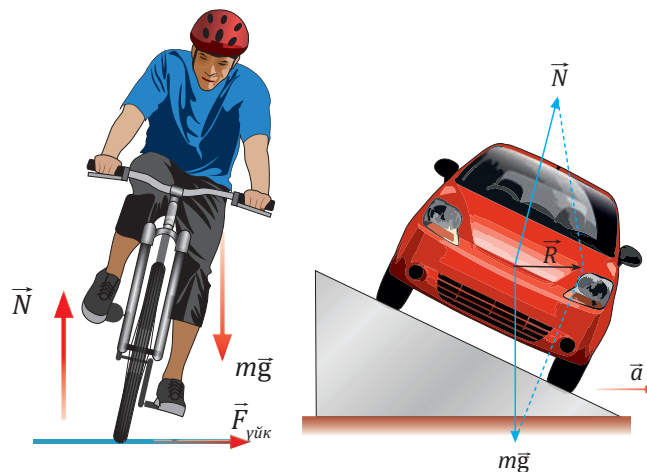
2. Жіпке бекітілген шардың айналмалы қозғалысы. Центрден тепкіш күш

Жіпке бекітілген шардың айналмалы қозғалысында центрге тежеу күші де болады (1.6 а-сурет). Бұл күш жіптің ұзындығы бойынша шеңбердің ортасына қарай бағытталған. 1.6 б суретінде жіп шарға қандай күш түсірсе, Ньютонның үшінші заңы бойынша шар да жіптің күшіне пропорционал, ал бағыты қарама-қарсы болған күшпен әсер етеді. Бұл күш *центрден тепкіш күш* деп аталады ($F_{ц.те}$). Ол шеңбердің центрінен сфераға радиалды бағытталған және жіп арқылы қолға әсер етеді.

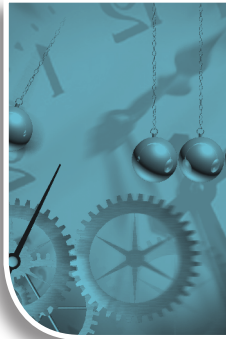
$$F_{ц.те} = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad \text{яғни} \quad F_{ц.те} = m\omega^2 R \quad (5)$$

3. Тұрмыста және технологияда центрге тартқыш және центрден тепкіш күштер

Центрден тепкіш күш денелердің айналмалы қозғалысында және жолдың күрт бұрылыс бөліктерінде көрінеді (1.7-сурет).



1.7-сурет



1. Үсті ашық су құйылған ыдысты жіп байлау арқылы тік жазықтықта айналдырғанда су төгілмеді. Бұл құбылыстың себебі неде? Жауабыңды түсіндір.

2. Табиғаттың центрге тартқыш күшіне мысалдар келтір.

3. Центрден тепкіш күштер өмірде және технологияда қайда қолданылады?

Мәселені шешудің үлгісі

Массасы 1 тонна автомобиль радиусы 100 м шеңбер бойымен тұрақты 20 м/с жылдамдықпен қозғалады. Автомобильге әсер ететін центрге тартқыш күшті тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 1 \text{ тонна} = 1 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $R = 100 \text{ m}$ $v = 20 \text{ m/s}$ $F_{ц.ма} = ?$	$F_{ц.ма} = \frac{m \cdot v^2}{R}$	$F_{ц.ма} = \frac{1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{100 \text{ m}} = 4 \cdot 10^3 \text{ N} = 4 \text{ kN}$ Жауап: $F_{ц.ма} = 4 \text{ kN}.$

2-жаттығу



1. Жіпке байланған дене тегіс айналмалы қозғалыста. Егер шеңбер радиусы 4 есе ұлғайса, центрден тепкіш күш қалай өзгереді?

2. Шеңбер бойымен қозғалатын дененің жылдамдығы 2 есе артса, центрден тепкіш күш қалай өзгереді?

3. Массасы 3 kg дене 2 rad/s бұрыштық жылдамдықпен айналады. Егер центрден тепкіш күш 36 N болса, айналу радиусын тап.

4. Массасы 12 kg дене радиусы 0,6 m, жиілігі 2 Hz шеңбер бойымен айналады. Денеге әсер ететін центрден тепкіш күшті тап.

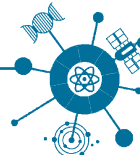
5. Массасы 24 тонна трамвай вагоны радиусы 100 m бұрылыста 18 km/h жылдамдықпен қозғалса, горизонталь бағытта рельстерге қандай күш әсер етеді. Жылдамдықты екі есе арттырса, бұл күш неше рет өзгереді?



Қосымша тапсырмалар

1. Пойыз жолдың иілісі бойынша қай бағытқа аздап ауытқуы керек? Неге солай?

2. Қазаншы балшықтан құмыра жасап жатыр. Ол құмыраның қай бөлігінде центрге тартқыш күшін, ал қай бөлігінде центрден тепкіш күшті қолданады?



3-ТАҚЫРЫП

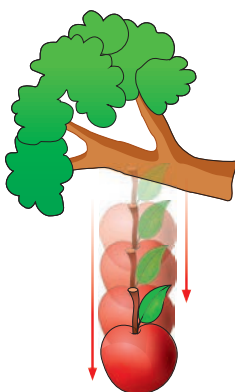
ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕГІ ҚОЗҒАЛЫС

1. Гравитация өрісі.

2. Ғарыштық жылдамдықтар.



Айналадағы денелердің Жерге тартылатынын байқау оңай болғанымен, біз денелердің бір-біріне тартылғанын байқамаймыз, неге?



1.8- сурет

1. Гравитация өрісі

Неліктен денелер әдетте Жерге қайта түседі (1.8- сурет)? Жердің табиғи серігі Ай неліктен Жерден алыстамайды?

Галилео Галилей, Исаак Ньютон және Генри Кавендиш сияқты ғалымдар Жердің денелерді тартуы туралы көптеген ғылыми зерттеулер жүргізді. Жердің тартылыс күші бізді қоршаған барлық денелердің қозғалысына әсер етеді. Бүкіл ғалам тартылыс заңына бағынады, негізінен жердің тартылыс күші

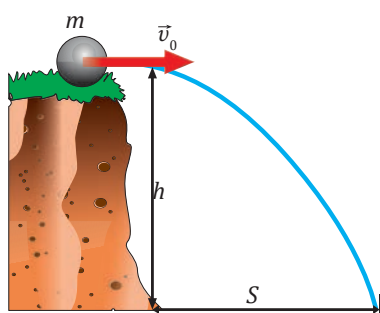
$$F = G \frac{mM}{r^2} \text{ күш әсер етеді.}$$

Мұндағы m – дененің массасы, M – Жердің массасы; r – дене мен Жердің центрінің арасындағы қашықтық.

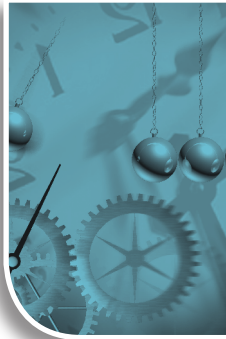
Егер денені Жер бетінен жоғары лақтырсақ, ол белгілі бір биіктікке көтеріліп, лақтырылған жерге қайта түседі. Егер дене белгілі бір биіктіктен көкжиекке көлденең немесе қиғаш лақтырылса, ол жөнелту нүктесінен белгілі бір қашықтыққа құлап түседі.

Мысалы, егер $h = 20 \text{ m}$ биіктіктен $v_0 = 6 \text{ m/s}$ жоғары жылдамдықпен денені көлденең лақтырса, ол көлденең бағытта біршама қашықтыққа түседі (1.9-сурет). Денеге тек ауырлық күші әсер ететіндіктен, дене горизонталь бағытта көлденең қозғалады және ұшу қашықтығы $S = v_0 \cdot t$ формуласы бойынша табамыз. Мұнда $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ дененің ұшу уақыты. Демек, дененің

ұшу қашықтығы $S = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 12,1 \text{ m}$ тең болады. Егер дененің бастапқы жылдамдығын арттырсақ, ұшу қашықтығы да артады.



1.9-сурет



2. Ғарыштық жылдамдықтар

Жер серіктерінің қозғалысы Жердің гравитациялық өрісіндегі қозғалыстың мысалы болып табылады. Белгілі бір биіктіктен горизонталь бағытта лақтырылған дененің бастапқы жылдамдығын жоғарыдағы есепте көргеніміздей арттырсақ, оның ұшу қашықтығы да артады. Дене бастапқы жылдамдықтың белгілі бір мәніне жеткенде, ол Жерді айналмалы орбита бойымен қозғалады. Нәтижесінде дене Жердің серігіне айналады (1.10 а-сурет). Ол үшін алдымен денені жер бетінен қажетті биіктікке шығарып, оған көлденең бағытта жеткілікті жылдамдық беру керек. Бұл тапсырманы ұшыру ракеталары орындайды. Зымырандарды ұшыру арнайы ғарыш айлақтарында тік бағытта жүзеге асырылады. 300–400 km биіктікте ауа кедергісі дерлік сезілмейді (1.10 б-сурет).

Дененің Жер бетіне жақын шеңбер траектория бойынша қозғалуы үшін қажетті ең аз жылдамдық бірінші ғарыштық жылдамдық деп аталады.

Дене Жердің гравитациялық өрісінде Жер бетіне жақын қашықтықта шеңбер траектория бойынша қозғалғанда денеге әсер ететін центрге тартқыш күш Жердің тартылыс күшінен тұрады. Бұл:

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2} \text{ Осыдан } v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad (1) \text{ екенін анықтаймыз.}$$

$$g = \frac{GM}{R^2} \text{ болғаны үшін (1) } v_1 = \sqrt{gR} \text{ көрінісінде}$$

болуы мүмкін.

Жер радиусы $R = 6370 \text{ km}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ екенін ескеріп, бірінші ғарыштық жылдамдықтың сандық мәніне есептейміз:

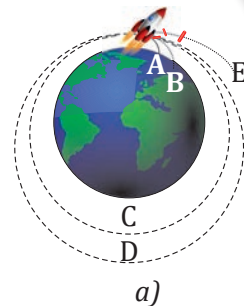
$$v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{9,81 \cdot 6370000} \approx 7,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Осындай жылдамдықпен қозғалатын Жер серігі Жерді 84 минут 12 секундта бір рет айналып шығады. Жерді айнала қозғалатын дененің жылдамдығының сандық мәніне байланысты оның қозғалыс траекториясы түрлі көрініске ие болады (1.11 а-сурет). Дененің бастапқы жылдамдығы $v_0 = 7,9 \text{ km/s}$ болса, қозғалыс траекториясы парабола болады және дене Жерге қайта түседі. Егер денеге жеткілікті үлкен жылдамдық берілсе, яғни $v_0 = v_1 \approx 7,9 \text{ km/s}$, дене Жерді айналмалы траекториямен айналып, оның серігіне айналады (1.11 б-сурет).

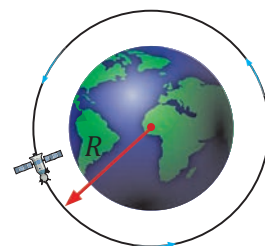
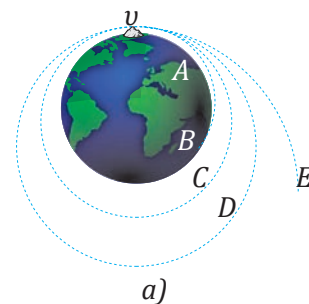
Екінші және үшінші ғарыштық жылдамдықтар

Күн жүйесіндегі басқа планеталарды зерттеу үшін денеге бірінші ғарыштық жылдамдықтан үлкен жылдамдық беру керек. Бұл жылдамдық екінші ғарыштық жылдамдық деп аталады.

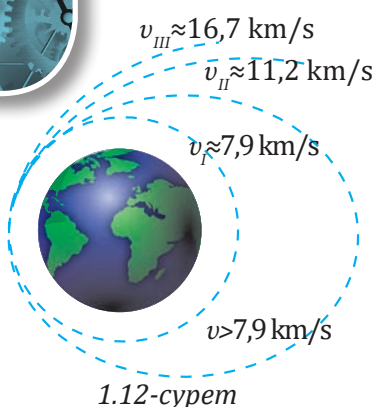
Екінші ғарыштық жылдамдық бірінші ғарыштық жылдамдықтан $\sqrt{2}$ үлкен болады. Яғни: $v_{II} = \sqrt{2}v_1 = \sqrt{2gR} \approx 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ тең.



б)
1.10- сурет



б)
1.11- сурет



Дене Жердің тартылыс күшін жеңіп, Күннің серігіне айналуы үшін қажетті ең аз жылдамдық екінші ғарыштық жылдамдық деп аталады.

Ғарыш кемесі алыс ғаламды зерттеу үшін күн жүйесінен шығып, галактика арқылы саяхаттауы керек. Күннің тартылу күшін жеңіп, Күн жүйесінен шығу үшін ғарыш кемесіне үшінші ғарыштық жылдамдық берілуі керек. Есептеулер бойынша үшінші ғарыштық жылдамдықтың сандық мәні $v_{III} = 16,7 \text{ km/s}$ тең (1.12-сурет).

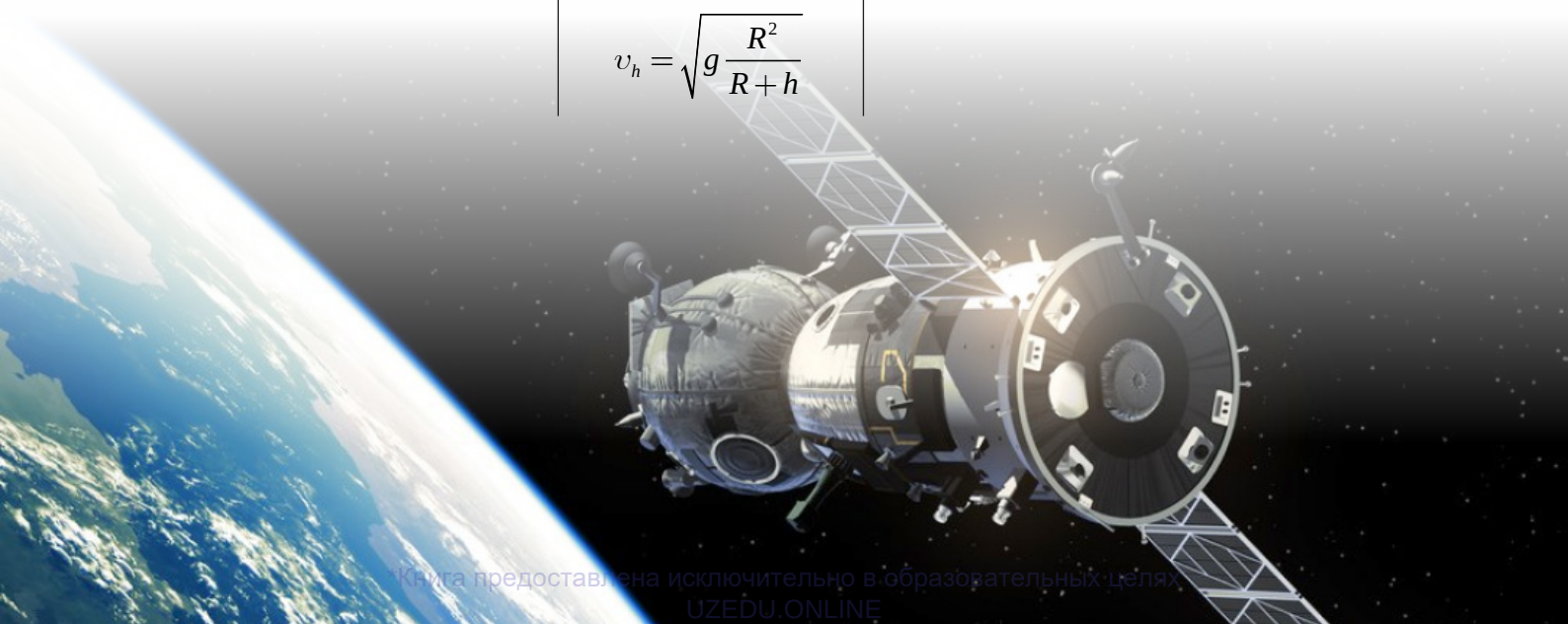


1. Қандай биіктікте ауа кедергісі дерлік сезілмейді?
2. Егер денелер сәйкес кеңістік жылдамдықтарымен қозғалса, олардың траекториясы қандай болады?
3. Ғарыштық жылдамдықтар неге ерекшеленеді?

Мәселені шешу үлгісі

Жер серігі Жерден $h = 1600 \text{ km}$ биіктікте экваторлық жазықтықта орналасқан дөңгелек орбита бойымен ұшу үшін Жерге қатысты қандай жылдамдыққа ие болуы керек? Жердің радиусы $R = 6400 \text{ km}$ жер бетіне еркін түсу үдеуін $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$ деп алайық.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$R = 6400 \text{ km} = 64 \cdot 10^5 \text{ m}$ $h = 1600 \text{ km} = 16 \cdot 10^5 \text{ m}$ $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$ $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$	$F = G \frac{mM}{(R+h)^2};$ $F_{m.i.} = \frac{mv_h^2}{(R+h)}$ $g \frac{mM}{(R+h)^2} = \frac{mv_h^2}{(R+h)}$ $v_h = \sqrt{G \frac{M}{R+h}};$ $v_h = \sqrt{g \frac{R^2}{R+h}}$	$v_h = \sqrt{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{(64 \cdot 10^5 \text{ m})^2}{(64 \cdot 10^5 + 16 \cdot 10^5) \text{ m}}} \approx 7 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ Жауап: $v_h \approx 7 \text{ km/s}$.
$v_h = ?$		



ЕСЕПТЕР ШЕШУ

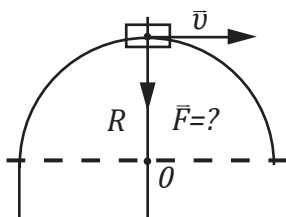
4-ТАҚЫРЫП

Мәселелерді шешу үлгілері

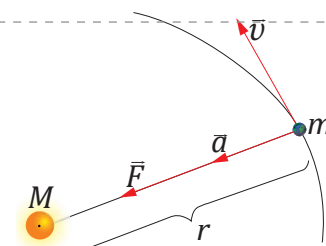
1. Массасы 4 тонна автомобиль радиусы 10 м бұрылыста 36 km/h жылдамдықпен қозғалса, көлденең бағытта асфальтқа қанша Ньютон күш әсер етеді? Қозғалыс жылдамдығын екі есе арттырса, бұл күш неше рет өзгереді (1.13-сурет)?



1.13-сурет

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$v_1 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ $m = 4 \text{ тонна} = 4 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $R = 10 \text{ m}$ $v_2 = 2 v_1$ $F_1 = ?$ $\frac{F_2}{F_1} = ?$	$F_1 = \frac{m v_1^2}{R}$ $F_2 = \frac{m v_2^2}{R}$ 	$F_1 = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ kg} (10 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 40 \cdot 10^3 \text{ N}$ $F_2 = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ kg} (20 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 160 \cdot 10^3 \text{ N}$ $\frac{F_2}{F_1} = 4$ Жауап: $F_1 = 40 \text{ kN}$; $\frac{F_2}{F_1} = 4$.

2. Жер орбита бойымен орташа 30 km/s жылдамдықпен қозғалады. Жер орбитасының радиусы $1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ фактісін пайдалана отырып. Күннің массасын тап (1.14-сурет).



1.14-сурет

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$v = 30 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ $M = ?$	$F = G \frac{Mm}{R^2}; F = ma$ $a = \frac{v^2}{R}$ $M = \frac{Rv^2}{G}$	$M = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} (3 \cdot 10^4 \text{ m/s})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ Жауап: $M \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ



3-жаттығу

1. Әрқайсысы 4 N болатын бір жазықтықта жатқан үш тең әсерлі күштің модулін және бағытын тап. Бірінші және екінші әрі екінші және үшінші күштердің арасындағы бұрыштар 60° тең.

2. OX осі бойымен бағытталған 6 N күшке әсер ететін дененің қозғалыс теңдеуі $x = 5 + 2t + 3t^2$ (m) болса, дененің массасын тап.

3. Массасы 1 тонна автомобиль радиусы 100 m қисық жолмен жүріп келе жатыр. Автокөліктің жылдамдығы: а) 18 km/h; б) Автомобильге 36 km/h жылдамдықпен әсер ететін центрге тартқыш күшті тап.

4. Массалары 40 kg және 50 kg екі бала мұзда коньки теуіп жүр. Бірінші бала екіншісін 10 N күшпен итереді. Балалардың жылдамдығы қандай?

5. Сатурн планетасының радиусы 60 000 km, ал еркін түсу үдеуі $11,44 \text{ m/s}^2$. Осы планетаның бірінші ғарыштық жылдамдығын тап.

6. Массасы Жердің массасынан 4 есе үлкен және радиусы Жердің радиусына тең планетаның бірінші ғарыштық жылдамдығын тап.

7. Жасанды серік орбитасының радиусын 4 есе кемітсе, оның айналмалы орбитасының периоды қалай өзгереді?

8. Егер планетаның радиусы 13500 km болса, ал еркін түсу үдеуі 6 m/s^2 болса, бұл планетаның бірінші ғарыштық жылдамдығы қандай?

9. Жер бетінен үш Жер радиусына тең биіктікте бірінші ғарыш жылдамдығы қандай?



Қосымша тапсырмалар

1. Суретте бейнеленген авто-мото транспорттардың қозғалысы арасында қандай байланыс бар?



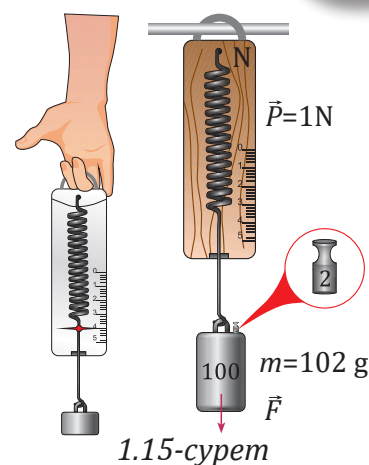
ДЕНЕ САЛМАҒЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫС ТҮРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ

5-ТАҚЫРЫП

1. Дене салмағы.
2. Дененің дөңес беттегі қозғалысы.
3. Дененің ойыс бетіндегі қозғалысы (Нестеров сақинасы).
4. Салмақсыздық.

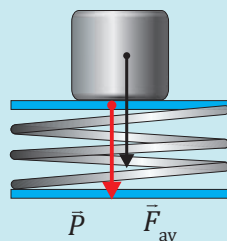
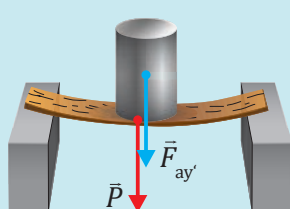
1. Дене салмағы

Біз күнделікті өмірде дене салмағы деген терминді жиі қолданамыз. Әдетте, денелердің массасы таразы бойынша өлшенеді. Дене салмағы динамометрде өлшенеді (1.15-сурет). Дененің салмағы Жердің тартылыс күшінен туындайды. Демек, дененің салмағы массаға байланысты (1.16-сурет).

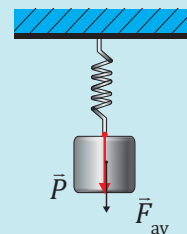


1.15-сурет

Дененің тірекке немесе аспаға әсері дене салмағы деп аталады.



1.16-сурет



Тіректе тұрған немесе ілінген дененің салмағы (P) дене тыныштықта болған кездегі ауырлық күшіне (F_{ay}) тең (1.17-1.18-суреттер).

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (1)$$

Яғни: ауырлық күші әрқашан дененің өзіне әсер етеді.

Дене салмағы мен ауырлық күшінің айырмашылығы - бұл күштер әр түрлі денелерге әсер етеді.

Жалпы дене салмағының формуласы. $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$ бұл формула скаляр түрінде

$$P = m\sqrt{g^2 + a^2 - 2ga\cos\alpha} \quad (2) \text{ өрнек арқылы табылады}$$

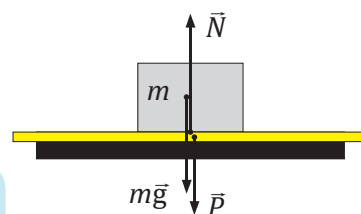
$\alpha - \vec{g}$ және $\vec{a}$ арасындағы бұрыш.

α ның кейбір меншікті мәндері үшін (2) өрнекті жеңілдетеміз.

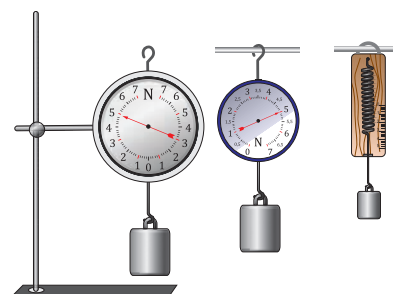
1) $\alpha = 0^\circ$ ($\cos \alpha = 1$) болса, $P = m(g - a)$ төмен түзу үдеуде немесе жоғары түзу баяулау қозғалысында.

2) $\alpha = 90^\circ$ ($\cos \alpha = 0$) болса, $P = m\sqrt{g^2 + a^2}$ көлденең a үдеумен қозғалыста.

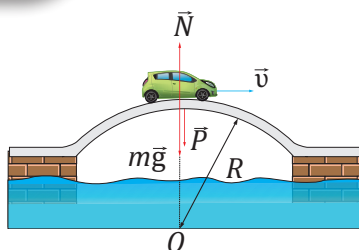
3) $\alpha = 180^\circ$ ($\cos \alpha = -1$) болса, $P = m(g + a)$ жоғары сызықтық үдеуде немесе төмен сызықты баяулау қозғалысында.



1.17-сурет



1.18-сурет



1.19-сурет

2. Дененің дөңес беттегі қозғалысы

У жылдамдықпен дөңес көпірдің үстімен бірқалыпты қозғалып келе жатқан автомобиль көпірдің жоғарғы жағындағы радиусы R шеңбердің бір бөлігімен қозғалады. Көпірдің басында автокөліктің центрге тартқыш үдеуі $a = \frac{v^2}{R}$ тігінен төмен түседі. Ауырлық күші ($\vec{F}_{ay} = m\vec{g}$) және көпір реакция күшінің тең коэффициентін береді ($\vec{N}$) 1.19-суретке сәйкес, F_{ay} және N күштерінің бағыты қарама-қарсы болғандықтан, тең әсер етуші күш олардың айырмасына тең.

$$\begin{aligned} F &= mg - N. \\ ma &= mg - N \end{aligned} \quad (3)$$

Ньютонның үшінші заңына сәйкес автомобильдің салмағы $\vec{P}$ көпірдің $\vec{N}$ реакция күшінің модуліне тең:

$$P = -N; \quad P = mg - ma = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) \quad (4)$$

Сонымен, көпірдің басында көлік және оның ішінде орналасқан адамдардың салмағы төмендейді $P < mg$.

3. Дененің ойыс бетіндегі қозғалысы (Нестеров сақинасы)

Тік жазықтықта қисық траектория бойынша қозғалып келе жатқан ұшақ ішіндегі ұшқыштың салмағы өзгереді. Траекторияның төменгі нүктесінде ұшақтың қозғалысын шеңбердің бір бөлігі бойынша қозғалыс ретінде қарастыруға болады. Бұл кезде ұшқыштың центрге тартқыш үдеуі тігінен жоғары. Ұшақтың мұндай траектория бойынша қозғалысы «Нестеров сақинасы» деп аталады.

1.20-суретке сәйкес, ұшқышқа әсер ететін $m\vec{g}$ және N күштерінің бағыттары қарама-қарсы болғандықтан, тең әсерлі күш олардың айырмасына тең.

$$\text{Яғни:} \quad F = N - mg.$$

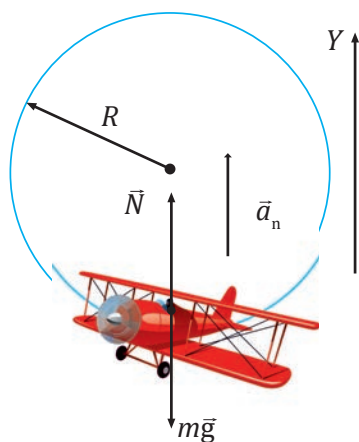
$$\text{Ньютонның екінші заңы бойынша:} \quad ma = N - mg \quad (5).$$

Бұл жағдайда ұшқыштың салмағы модульдің реакция күшіне тең болады, $\vec{P} = -\vec{N}$.

$$P = mg + ma = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right) \quad (6)$$

Яғни $P > mg$. Дене ойыс бет бойымен қозғалғанда формула негізінен оның траекторияның төменгі нүктесіндегі салмағы $m \frac{v^2}{R}$ артады. Нәтижесінде дене **жүктемені** алады. Артық жүктеме кезінде ұшқыштың денесінде ауырсынуды сезінеді. Қозғалыс кезінде дененің алатын жүктемесі оның салмағының тыныштықтағы салмағына қатынасымен анықталады:

$$n = \frac{mg + ma}{mg} = 1 + \frac{a}{g}$$



1.20-сурет



4. Салмақсыздық

Тек гравитация күшінің әсерінен еркін қозғалатын кез келген дене салмақсыздық күйінде болады (1.21-сурет).

Дененің тірекке немесе аспаға түсіретін күші нөлге тең болғанда, яғни салмақ жоғалған күйді салмақсыздық деп атайды. $P = mg - ma = 0 \text{ N}$.

1. Егер дене горизонталь бағытта үдеумен қозғалса, оның салмағы өзгере ме?
2. Егер дене ойыс бет бойымен қозғалса, оның салмағы қалай өзгереді?
3. Ғарыш кемесін орбитаға шығарушы зымыран ұшырылған кезде ғарышкердің салмағы қалай өзгереді?
4. «Нестеров сақинасының» жоғарғы траекториясында ұшқыштың салмағы қандай болады?
5. Дененің массасы оның салмағының өзгеруімен өзгере ме?



1.21-сурет

Мәселе шешу үлгісі

Массасы 100 kg жүктің салмағы:

- a) $0,3 \text{ m/s}^2$ үдеумен тігінен жоғары көтерілгенде;
 - b) түзу қозғалғанда;
 - d) $0,4 \text{ m/s}^2$ үдеумен төмен құлаған кезде;
 - e) еркін құлағанда ол неге тең?
- $g = 10 \text{ m/s}^2$ алайық.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 100 \text{ kg}$ $a_1 = 0,3 \text{ m/s}^2$ $a_2 = 0 \text{ m/s}^2$ $a_3 = 0,4 \text{ m/s}^2$ $a_4 = g$; $g = 10 \text{ m/s}^2$	$P_1 = m (g + a_1);$ $P_2 = mg$ $P_3 = m(g - a_3);$ $P_4 = m \cdot (g - a_4)$	$a) P_1 = 100 (10 + 0,3) \text{ N} = 1030 \text{ N} = 1,03 \text{ kN}$ $b) P_2 = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ N} = 1 \text{ kN}$ $d) P_3 = 100 \cdot (10 - 0,4) \text{ N} = 100 \cdot 9,6 = 960 = 0,96 \text{ kN};$ $e) P_4 = 100 \cdot (10 - 10) \text{ N} = 0 \text{ N}$ Жауап: $P_1 = 1,03 \text{ kN}$, $P_2 = 1 \text{ kN}$, $P_3 = 0,96 \text{ kN}$, $P_4 = 0 \text{ N}$.
$P_1 = ?$; $P_2 = ?$ $P_3 = ?$; $P_4 = ?$		

4-жаттығу

1. Егер дөңес көпірден өтетін автомобильдің центрге тартқыш күші ең жоғары нүктесінде 5000 N болса және ол көпірге 8000 N күшпен басылса, автомобильдің массасы (t) неге тең?



2. «Нестеров сақинасы» бойымен қозғалатын ұшақтың жылдамдығы 100 m/s , ұшқыштың массасы 70 kg , сақина радиусы 200 m болса, траекторияның ең төменгі нүктесіне ұшқыштың орындыққа түсірген қысым күшін тап.

I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ

3. 2 m/s^2 үдеумен вертикаль төмен қозғалып келе жатқан лифтке массасы 60 kg адамның салмағын тап.

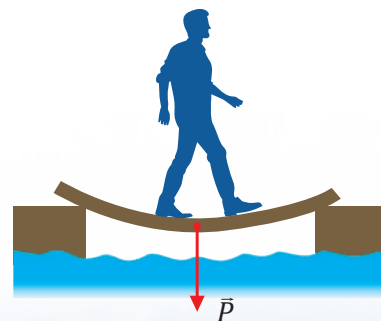
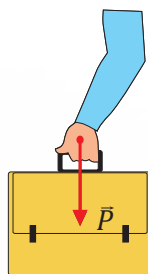
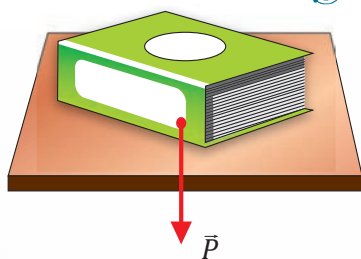
4. Қисық радиусы 20 m ойыс жолдың ең терең жерінде 2 m/s жылдамдықпен қозғалып келе жатқан 65 kg шаңғышының салмағы қандай?

5. Қисықтық радиусы 100 m дөңес көпірдің ең биік нүктесінде қалыпты тұрғандағымен салыстырғанда автомобильдің салмағы қаншаға азаяды? Автомобильдің массасы 2 тонна, жылдамдығы 54 km/h .



Қосымша тапсырма

1. Суреттегі жағдайларда дененің ауырлығы неге әсер етеді?



2. Осы көпірлердің қай бөлігінде қозғалғанда салмақтың артуын немесе азаюын түсіндір.

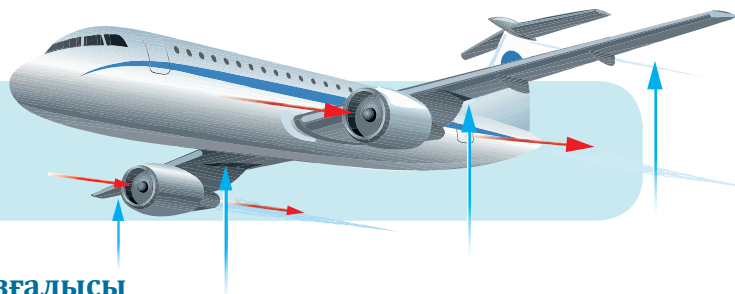


ДЕНЕНИҢ БІРНЕСЕ КҮШ ӘСЕРІНДЕГІ ҚОЗҒАЛЫСЫ

6-ТАҚЫРЫП

1. Дененің көлденең жазықтықтағы қозғалысы.
2. Денелердің жылжымайтын блоктағы қозғалысы.

Ұшаққа қандай күштер әсер етеді?



1. Дененің көлденең жазықтықтағы қозғалысы

Дененің механикалық қозғалысын бақылағанда, бұл қозғалыс бір күштің әсерінен емес, бірнеше күштің әсерінен болатынын түсінуге болады.

Көлденең беткейде тұрған денені бет бойымен бағытталған тарту күшімен қозғалтқанда оған келесі күштер әсер етеді: тарту күші (F_T) үйкеліс күші ($F_{\text{үйк}}$), ауырлық күші ($F_{\text{ау}}$), дененің қалыпты реакция күші. (N):

Денені жылжыту үшін тартылыс күші тыныштықтағы үйкеліс күшінен үлкен болуы керек:

$$F_T > F_{\text{үйк}}$$

Бұл жағдайда дене орнынан қозғалады және үдеумен қозғала бастайды. Дененің үдеуін табу үшін қозғалыс бағытына әсер ететін тең күшті (F) анықтау керек.

1.22-суретке сәйкес, $\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_{\text{үйк}}$ күштердің қарама-қарсы бағытта екенін:

$$F = F_T - F_{\text{үйк}} \quad (1)$$

Мұнда: $N = mg$ екендігінен үйкеліс күші

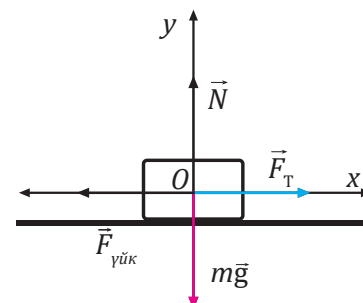
$$F_{\text{үйк}} = \mu N = \mu mg \quad (2)$$

өрнекпен анықталады.

Ньютонның екінші заңы мен (2) формуладан келесі өрнекті аламыз:

$$a = \frac{F_T - \mu mg}{m} \quad (3)$$

Көлденең беткейде тұрған денені беткейге қиғаш күшпен тартсақ, оның қозғалысын анықтау үшін тарту күшін құрамдас бөліктерге бөлеміз. Ол үшін ОХ және ОУ координаталық осьтерді беткей бойымен және оған перпендикуляр енгіземіз (1.23-сурет). Біз беткей бойымен қозғалыс бағытында бірдей әсер етуші күшті табамыз:



1.22-сурет

I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ



$$F_x = F_{Tx} - F_{\text{үйк}}$$

Мұнда $F_{Tx} = F_T \cos \alpha$ тарту күшінің ОХ осіне орналасуы орындаушы. Бұл жағдайда тарту күшінің құрамдас бөлігі ОУ осінде болады $F_{Ty} = F_T \sin \alpha$ беткейдің қалыпты реакция күшіне байланысты:

$$N = mg - F_T \sin \alpha$$

Демек, үйкеліс күші:

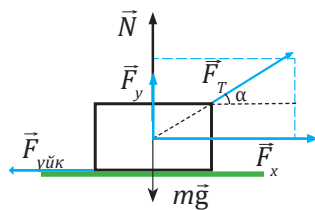
$$F_{\text{үйк}} = \mu N = \mu (mg - F_T \sin \alpha) \quad (4)$$

Онда: ОХ бағытындағы тең әсерлі күш

$$F_x = F_T \cos \alpha - \mu (mg - F_T \sin \alpha) \quad \text{ға тең.} \quad (5)$$

$F_x = ma$ және (5)тен пайдаланып дененің үдеуі:

$$a = \frac{F_T \cos \alpha - \mu (mg - F_T \sin \alpha)}{m} \quad \text{ға тең.} \quad (6)$$



1.23-сурет

2. Денелердің жылжымайтын блоктағы қозғалысы

Массалары m_1 және m_2 денелер салмақсыз қозғалмайтын у блок болып табылады. Ол 1.24-суреттегідей созылмайтын және салмақсыз жіппен ілінген. Денелердің массалары тең болса, олар тыныштықта қалады немесе тегіс қатпарланады. Бұл жағдайда жіптің керілуі (T) бір дененің салмағына тең (P):

$$T = P$$

Егер заттардың массалары әр түрлі болса ($m_2 > m_1$), екінші дене төмен қарай, ал бірінші дене жоғары қарай жылжиды. Денелердің үдеуін және керілу күшін табу үшін оларға әсер ететін күштердің бағыттарын анықтаймыз. Денелерге төмен қарай тартылу күші және жіптің жоғары қарай тартылу күші әсер етеді. Бұл күштердің бірдей әсерлері әрбір денеге үдеу береді. Жол созылмайтын болғандықтан, денелердің үдеуі шамасы бойынша тең және бағыты бойынша қарама-қарсы. Бірінші денеге тең күш:

$$F_1 = T - m_1 g$$

екінші дене үшін

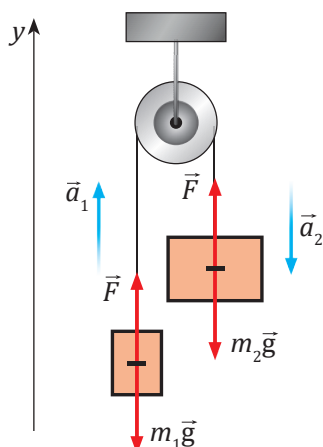
$$F_2 = m_2 g - T \quad \text{- ға тең.}$$

Осы теңдеулерден денелердің үдеулерін және жіптің созылу күшін табамыз:

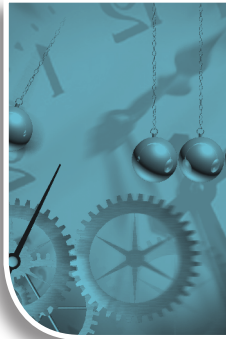
$$\begin{cases} T = m_1 (g + a) \\ T = m_2 (g - a) \end{cases} \quad (7)$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g; \quad (8)$$

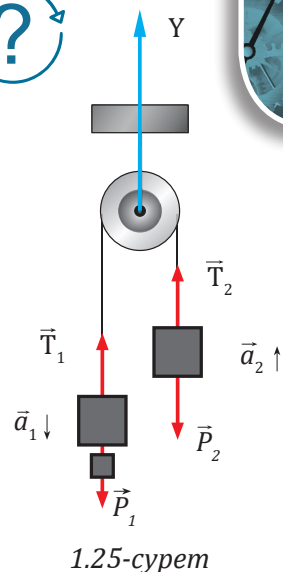
$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g. \quad (9)$$



1.24-сурет



1. Көлденең беттегі бірнеше күш әсерінен дененің қозғалысына мысалдар келтір.
2. Жылжымайтын блокта қандай шамалар әр екі жақты мәнге ие?
3. Тыныштықтағы денеге төрт жақтан күш әсер етіп, тепе-теңдікте қалады. Дене қашан қозғала алады?



1.25-сурет

Мәселені шешу үлгісі

Массасы 230 g екі жүк салмақсыз жіппен жалғанып, жылжымайтын блокқа ілінген. Егер жүктердің біріне 30 g қосымша жүк қойылса, олардың үдеуі неге тең? Қозғалыс басталғаннан кейін 0,5 s өткенде жүктердің жылдамдығы қандай? Осы уақыт ішінде жүк қанша қашықтық жүреді? Үйкелісті есепке алма (1.25-сурет).

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m_1 = m_2 = 230 \text{ g} = 0,23 \text{ kg}$ $m_3 = 30 \text{ g} = 0,03 \text{ kg}$ $t = 0,5 \text{ s}$ $v_0 = 0$ $a = ?; v = ?$ $s = ?$	$T_1 = T_2 = T;$ $a_1 = a_2 = a;$ $\begin{cases} (m_1 + m_3)g - T = (m_1 + m_3)a \\ T - m_2g = m_2a \end{cases}$ $a = \frac{(m_1 + m_3)g - m_2g}{(m_1 + m_3) + m_2}$ $v = v_0 + at = at$ $s = \frac{at^2}{2}$	$a = \frac{30 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(230 \cdot 10^{-3} \text{ kg} + 30 \cdot 10^{-3} \text{ kg}) + 230 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} = 0,61 \text{ m/s}^2$ $v = 0,61 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ s} \approx 3,05 \text{ m/s};$ $s = \frac{at^2}{2} = \frac{0,61 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ s}^2}{2} = 7,5 \text{ m}$ Жауап: $a = 0,61 \text{ m/s}^2,$ $v \approx 3,05 \text{ m/s},$ $s = 7,5 \text{ m}.$

5-жаттығу



1. Жылжымайтын блоктан өткен шылбыр массасы 0,3 kg және 0,2 kg жүктер ілінген. Шылбырдың қозғалысы кезіндегі жүктердің үдеуін және керілу күшін тап.
2. Жылжымайтын блоктан өткен жіптің ұштарына массасы 95 g және 105 g жүктер ілінген. 2 s өткен соң, жоғарғы орынан ауыр жүк қанша метр қашықтықта болады? $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
3. Жылжымайтын блок арқылы өткен жіптің ұштарына әрқайсысының массасы $m = 100 \text{ g}$ екі жүк ілінген. Жүктердің біріне $m_0 = 50 \text{ g}$ қосымша жүк салынады. Жүйе қозғалысқа келгенде қосымша тұрған жүк денеге қандай күш түсіреді?
4. Салмақсыз блоктан өткен жіптің ұштарына 2 тас ілінеді. Бұл жағдайда жеңілірек тас ауыр тастан 2 m төменде тұр. Егер тастар ауырлық күшінің әсерінен қозғалса, олар 2 s кейін бірдей биіктікте болады. Тастардың массалық қатынасы қандай?

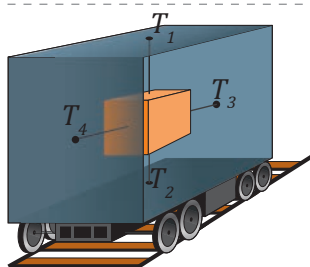
7-ТАҚЫРЫП

ЕСЕПТЕР ШЕШУ

Мәселелерді шешу үлгісі

1. Лифт 3 m/s^2 үдеумен вертикаль төмен қозғалып келе жатыр, лифттегі салмағы 50 kg баланың салмағы қанша болады?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 50 \text{ kg}$ $a = 3 \text{ m/s}^2$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $P = ?$	$P = m(g - a)$	$P = 50 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s}^2 - 3 \text{ m/s}^2) = 350 \text{ N}$ Жауап: $P = 350 \text{ N}$.



1.26-сурет

2. T_3 күшінің бағытында үдеумен қозғалыстағы вагонның алдыңғы және артқы қабырғаларына, төбесі мен еденіне суретте көрсетілгендей Жіптермен байланған. Жіптердің созылу күші сәйкесінше $T_1 = 15 \text{ N}$, $T_2 = 7 \text{ N}$, $T_3 = 1,6 \text{ N}$ және $T_4 = 0,6 \text{ N}$ болса, вагонның үдеуін тап (1.26-сурет).

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$T_1 = 15 \text{ N}$; $T_2 = 7 \text{ N}$ $T_3 = 1,6 \text{ N}$; $T_4 = 0,6 \text{ N}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $a = ?$	$mg = T_1 - T_2$; $ma = T_3 - T_4$ $a = \frac{T_3 - T_4}{T_1 - T_2} g$	$a = \frac{1,6 \text{ N} - 0,6 \text{ N}}{15 \text{ N} - 7 \text{ N}} 10 \text{ m/s}^2 = 1,25 \text{ m/s}^2$ Жауап: $a = 1,25 \text{ m/s}^2$.



1.27-сурет

3. Суретте бейнеленген құрылғыда созылмалы жіптің керілу күші мен дененің үдеуін тап. Дене массасы $m = 100 \text{ g}$ және тарту күші $F = 1,2 \text{ N}$. Блоктың массасын есепке алма. $g = 10 \text{ m/s}^2$ (1.27-сурет).

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$ $F = 1,2 \text{ N}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $R = 100 \text{ m}$ $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $T = ?$ $a = ?$	$\begin{cases} F = T \\ T - mg = ma \end{cases}$ $a = \frac{F - mg}{m} = \frac{F}{m} - g$	$F = T = 1,2 \text{ N}$ $a = \frac{1,2 \text{ N}}{0,1 \text{ kg}} - 10 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$ Жауап: $T = 1,2 \text{ N}$; $a = 2 \text{ m/s}^2$.

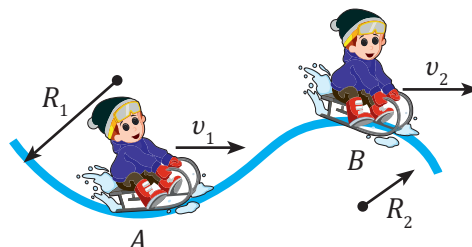
6-жаттығу



1. Жерде 50 kg жүкті көтере алатын адамның Айда көтере алатын массасын тап. Айда еркін түсу үдеуі $1,6 \text{ m/s}^2$, ал жерде $9,8 \text{ m/s}^2$ -ға тең.

2. Автомобиль радиусы 100 m ойыс көпірдің центрімен қандай жылдамдықта жүріп өткенде, қысым күші 25 kN болады? Автомобиль массасы 2 тоннаға тең.

3. $R_1=20 \text{ m}$, $v_1=10 \text{ m/s}$, $R_2=10 \text{ m}$, $v_2=5 \text{ m/s}$ болса, масса A және B жағдайындағы 40 kg баланың салмағын тап (1.28-сурет).



1.28-сурет

4. Жылжымайтын блок арқылы жіп өткізіліп, бір ұшына салмағы 15 N, екінші ұшына 25 N салмағы бар жүктер бекітілсе, олар қандай үдеумен қозғалады (m/s^2)?

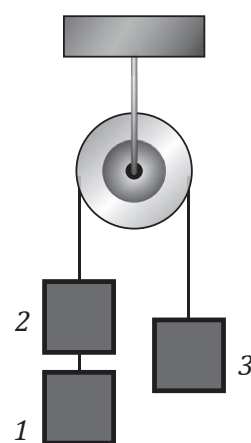
5. Массалары бірдей m екі жүк жылжымайтын блокқа жіппен ілінген. Бұл кезде сол жағына массасы $3m$, ал оң жағына массасы m қосымша жүк салынады. Жүйенің қозғалыс үдеуін тап.

6*. Массасы 5 kg үш бірдей жүк жылжымайтын блокқа жіппен ілінген. Жүйенің үдеуін тап. Үйкелісті есепке алма (1.29-сурет).

7. Егер қисықтық радиусы 9 m ойыс көпірдің төменгі нүктесіндегі автомобильдің салмағы көлденең жолдағы салмағынан 1,1 есе артық болса, автомобильдің ойыс көпірдің төменгі нүктесіндегі жылдамдығын (m/s) тап.

8. Массасы 5 тонна автомобиль дөңес көпірді $21,6 \text{ km/h}$ жылдамдықпен кесіп өтті. Көпірдің қисықтық радиусы 50 m болса, автомобиль көпірдің ортасына қандай күш түсіреді?

9. Массасы 50 kg бала арқан ұзындығы 4 m әткеншекте ұшуда. Ол ортаңғы қалыптан 6 m/s жылдамдықпен қозғалғанда отырғышты қанша күшпен басады?



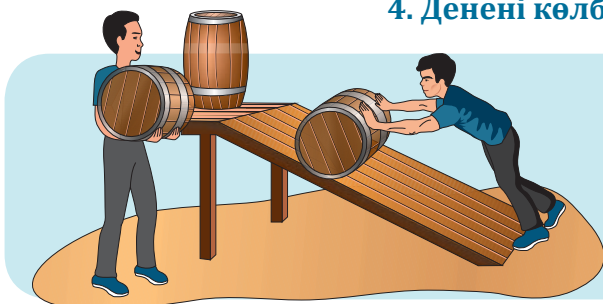
1.29-сурет



8-ТАҚЫРЫП

ДЕНЕНИҢ КӨЛБЕУ ЖАЗЫҚТЫҚТА ҚОЗҒАЛЫСЫ

1. Көлбеу жазықтықтағы денеге әсер етуші ауырлық күш құраушылары.
2. Көлбеу жазықтықтағы үйкеліс күші.
3. Дененің көлбеу жазықтықпен төмен қозғалуы.
4. Денені көлбеу жазықтықпен жоғары көтеру.



Екі жұмысшының қайсы бірі аз күш жұмсап жатыр? Себебін түсіндір.



1.30-сурет

Күнделікті өмірде денелер әрқашан көлденең бетпен қозғалмайды, бірақ кейде еңіс бойымен қозғалады. Мұндай беткейлерді көлбеу жазықтар деп атаймыз. Даңғылдың сырғанайтын жолақтары (1.30-сурет), еңіс тас жолдар және жүк тиегіш арқалықтары еңіс жазықтыққа мысал бола алады. Сонымен, көлбеу жазықтық бойымен денелерді көтеру немесе түсіру кезінде не нәрсеге назар аудару керек және көлбеу жазықтықтардың маңызы қандай?

Көлбеу жазықтықтарды қолдану денені тігінен көтеруге қажетті күш мөлшерін азайтады. Тыныштықтағы немесе көлбеу жазықтықта қозғалатын денеге бірнеше күштер әсер етеді.

1. Көлбеу жазықтықтағы денеге әсер етуші ауырлық күшінің құраушылары

Ауырлық күші әрқашан тігінен төмен қарай болатыны белгілі. Көлбеу жазықтық бойындағы бұл күштің төменге бағытталған құрамдас бөлігі (F_x) көлбеу жазықтықтың көлбеу бұрышының функциясы ретінде келесі түрде табылады:

$$F_x = mgsin\alpha \quad (1)$$

Бұл күш денені еңіспен сырғытатын (тартатын) күш.

Көлбеу жазықтыққа перпендикуляр ауырлық күшінің құраушысы:

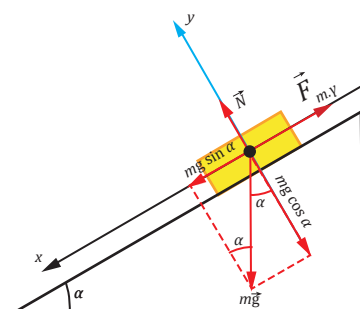
$$F_y = mgcos\alpha \quad (2)$$

формуласымен анықталады.

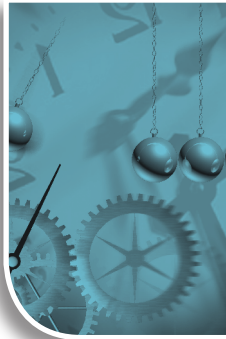
Бұл күш беттің денеге қалыпты реакциясы болып табылады күш (N) тең. Ньютонның үшінші заңы бойынша қалыпты реакция күші сандық жағынан тең бағытта F_y күшіне қарама-қарсы болады (1.31-сурет).

$$N = mgcos\alpha \quad (3)$$

Ауырлық күшінің құраушылары және O_x және O_y осі бойынша беттік реакция күші (проекция) дененің еңісте тыныштықта қалуына немесе үдеумен қозғалуына әкеледі.



1.31-сурет



2. Көлбеу жазықтықтағы үйкеліс күші

Көлбеу жазықтықтағы денеге әрқашан көлбеу жазықтықтан түсетін ауырлық күшінің Ox компоненті әсер етеді. Егер дене көлбеу жазықтықта тыныштықта болса, ауырлық күшінің құрамдас құраушысын Ox осі бойынша қандай күш теңестіреді? Дене тыныштықта болған кезде оған тыныштықтағы үйкеліс күші ($F_{m,y}$) әсер етеді (1.31-сурет). Бұл күш көлбеу жазықтық бойымен жоғары бағытталған және сан жағынан төмен қарай бағытталған күшке (F_x) тең:

$$F_{m,y} = F_x = mgsin\alpha \quad (4)$$

Егер дене көлбеу жазықтықта жоғары немесе төмен сырғанап жатса, сырғанау үйкеліс күші ($F_{c,y}$) денеге әсер етеді және беттің қалыпты реакция күшімен өрнектеледі:

$$F_{c,y} = \mu N = \mu mg \cos\alpha \quad (5)$$

3. Дененің көлбеу жазықтықпен төмен қозғалуы

Көлбеу жазықтықта тұрған денеге басқа денелер әсер етпесе, оған тек ауырлық күші, беткей пен зат арасындағы үйкеліс күші және беткейдің қалыпты реакциялық күштері әсер етеді. Бұл күштердің еңіспен төменге бағытталған тең әсері:

$$F = F_x - F_{\text{үйк}} \\ F = m \cdot g \cdot \sin\alpha - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha \quad (6)$$

тең болады (1.32-сурет).

Мұнда: F – күштердің тең әсерлісі, F_x – денені көлбеу жазықтық бойымен төмен қарай бағытталған күш, $F_{\text{үйк}}$ – дене және көлбеу жазықтық беті арасындағы үйкеліс күші.

Дененің көлбеу жазықтықта қозғалыс түріне байланысты формуланың ерекше жағдайларын қарастырамыз:

1. Денені беткеймен түсіретін күш тыныштықтағы үйкеліс күшінен кіші: $F_x < F_{m,y}$, дене еңіс үстінде болғанда тыныш тұрады. Бұл жағдайда $\mu > \tan\alpha$ болады.

2. $F_x = F_{\text{үйк}}$ дене еңіс үстінде болғанда тыныш тұрады немесе өзгермейтін жылдамдықпен төменге қарай жылжиды. Мұнда $\mu = \tan\alpha$ болады.

3. $F_x > F_{c,y}$ дене үдеумен төменге қарай қозғалады. Мұнда: $\mu < \tan\alpha$ болады.

Тең әсер етуші күш екенін пайдаланып:

$$ma = m \cdot g \cdot \sin\alpha - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha$$

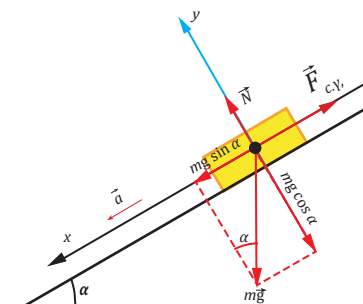
дене үдеуі:

$$a = g \cdot (\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha) \quad (7)$$

ға тең екенін табамыз.

4. Денені көлбеу жазықтықпен жоғары көтеру

Денені көлбеу жазықтықпен жоғары жылжыту үшін оған жоғары ($F_{\text{сыр}}$) күш қолдану керек. Бұл жағдайда сырғанау үйкеліс күші ($F_{c,y}$) жазықтықтан төмен қарай бағытталған. Дененің жоғары қозғалыс бағытында тең әсері келесідей анықталады:



1.32-сурет

I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРІ

$$F = F_{\text{сыр}} - (F_x + F_{\text{үйк}}).$$

Егер тең әсер етуші күш нөлге тең болса:

$$F_{\text{сыр}} = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

дене еңіс үстінде тыныштықта немесе тұрақты жылдамдықпен еңіс бойымен жоғары көтеріледі.

Егер $F_{\text{сыр}} > F_x + F_{\text{үйк}}$ болса, дене еңіс бойымен жоғарыға үдеумен көтеріледі.

Мұндай жағдайда үдеу:

$$a = \frac{F_{\text{сыр}}}{m} - g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \quad (8)$$



формула жәрдемінде анықталады.

1. Көлбеу жазықтықтағы дененің қозғалысы еңіс бұрышына қалай тәуелді?
2. Көлбеу жазықтықтан қандай мақсатта пайдалануға болады?
3. Дене көлбеу жазықтықта қай кезде тепе-теңдікте болады, ол қандай жағдайда бірқалыпты немесе үдетілген қозғалыста болады?

Мәселені шешу үлгісі

Бала қарлы көлбеу төбеден шаңғымен сырғанауда. Көлбеу жазықтықтың көкжи-екке қатысты бұрышы $\alpha = 30^\circ$, ал шаңғымен қар арасындағы сырғанау үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,15$ -ке тең. Бала мен шаңғының жиынтық салмағы 65 kg . Баланың көлбеу жазықтықтан түсу кезіндегі үдеуін анықта.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$\alpha = 30^\circ$ $\mu = 0,15$ $m = 65 \text{ kg}$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ $a = ?$	$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$	$a = 9,8 \text{ m/s}^2 \left(\frac{1}{2} - 0,15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx 3,63 \text{ m/s}^2$ Жауап: $a \approx 3,63 \text{ m/s}^2$.



7-жаттығу

1. Массасы 26 kg жүк ұзындығы 13 m , биіктігі 5 m көлбеу жазықтықта жатыр. Жүк пен көлбеу жазықтық арасындағы үйкеліс коэффициенті $0,5$ -ке тең. Жүкті түзу көтеру үшін жазықтық бойымен оған қандай күш түсіру керек? Төмен түсіру үшін ше?

2. Шана мен ондағы адамның жалпы массасы 100 kg . Бұл шана биіктігі 8 m , ұзындығы 100 m төбеден сырғанап келеді. Егер бастапқы жылдамдық нөлге тең болса және шана төбенің соңында 10 m/s жылдамдыққа жетсе, шана қозғалысына орташа қарсы күш неге тең?

3. Еңіс бұрышы 30° жазықтықта жүк көлбеу жазықтыққа параллель 6 N күшпен тұр. Үйкеліс коэффициенті $0,4$ -ке тең. Жүктің массасын тап.

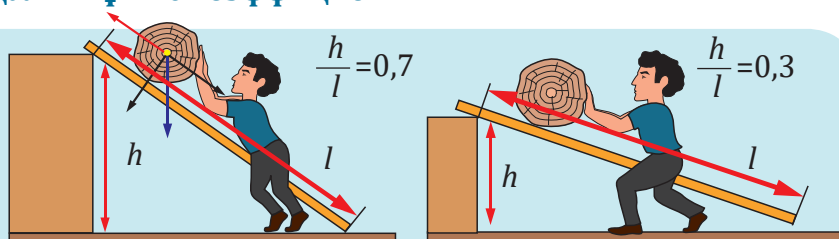


ДЕНЕНІ КӨЛБЕУ ЖАЗЫҚТЫҚ БОЙЫМЕН КӨШІРУДЕ ОРЫНДАЛҒАН ЖҰМЫС. КӨЛБЕУ ЖАЗЫҚТЫҚТЫҢ ПАЙДАЛЫ ЖҰМЫС КОЭФФИЦИЕНТІ

9-ТАҚЫРЫП

1. Денені көлбеу жазықтық бойымен көшіруде орындалған жұмыс.
2. Көлбеу жазықтықтың пайдалы жұмыс коэффициенті.

Көлбеу жазықтықты сипаттағанда биіктіктің ұзындыққа қатынасы нені білдіреді?



1. Денені көлбеу жазықтық бойымен көшіруде орындалған жұмыс

Денені тік бағытта көтеру немесе көлбеу жазықтықты қолдану арқылы белгілі бір биіктікке көтеруге болады. Неліктен біз көлбеу жазықтықты жиі қолданамыз? Өйткені көлбеу жазықтықта аз күш жұмсаймыз. Осы екі жағдайда не істейміз?

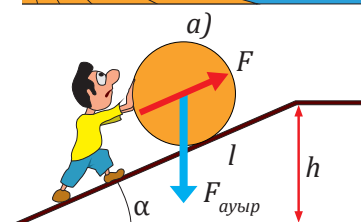
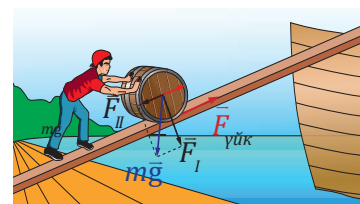
Денені тік көтерген кезде ауырлық күшіне қарсы жұмыс жасаймыз. Бұл бойынша атқарылған жұмыстар

$$A_1 = mgh \quad \text{тең болады.}$$

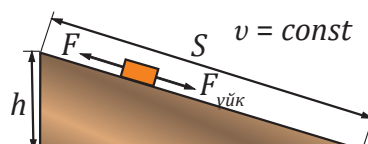
Денені көлбеу жазықтыққа тік көтерген кезде біз ауырлық пен үйкеліс күштеріне қарсы жұмыс жасаймыз

$$A_2 = F_{\text{ауыр}} h + F_{\text{үйк}} l = mgh + \mu mgl \cos \alpha$$

формуласымен анықталады. Сонымен, денені көлбеу жазықтыққа көтеру үшін көбірек жұмыс жасалады. Үйкеліс күшін жеңу үшін жасалған жұмыс біз үшін зиянды, яғни артық жұмыс болып саналады (1.33-сурет).



b)



d)

1.33-сурет

$$\eta = \frac{A_n}{A_{\text{ж}}} = \frac{mgh}{mgh + \mu \cdot mgl \cos \alpha} = \frac{1}{1 + \mu \cdot \text{ctg} \alpha} \cdot 100\%.$$

$$\text{Мұнда: } l = \frac{h}{\sin \alpha}.$$

I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ



Сонымен, еңіс бұрышы ұлғайған сайын көлбеу жазықтықтың ПЖК-сы артады және жалпы орындалған жұмыс азаяды. Бірақ еңіс бұрышының ұлғаюы тұтынатын күштің ұлғаюына әкеледі. Сондықтан көлбеу жазықтықты таңдағанда, ПЖК үлкен мәнге, ал жұмсалған күш кішірек мәнге ие болуына назар аударылады (1.33-сурет).



1. Көлбеу жазықтықтың еңіс бұрышының ұлғаюы оның пайдалы жұмысының артуына себеп болатынын түсіндір.

2. Үйде көлбеу жазықтық жасап, оның не үшін қолданылатынын түсіндір.

3. Көлбеу жазықтықтың бойымен денені көтеру кезінде бастауыш сынып оқушысы қандай көлбеу жазықтықты қолдануы керек? Жоғары сынып оқушысы ше?

Мәселені шешу үлгісі

Жүкті көлбеу жазықтықпен түзу жоғары жылжитқанда, оған бекітілген динамометр 39,2 N көрсетті. Дененің салмағы 117,6 N, көлбеу жазықтықтың ұзындығы 1,8 m, биіктігі 30 cm болса, жүкке әсер ететін үйкеліс күші және көлбеу жазықтықтың ПЖК күші қандай?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$F = 39,2 \text{ N}$ $P = 117,6 \text{ N}$ $l = 1,8 \text{ m}$ $h = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$	$\eta = \frac{Ph}{Fl} 100\%$ $F_{\text{үйк}} = F - P \frac{h}{l}$	$F_{\text{үйк}} = 39,2 \text{ N} - 117,6 \text{ N} \frac{0,3 \text{ m}}{1,8 \text{ m}} = 19,6 \text{ N}$ $\eta = \frac{117,6 \cdot 0,3}{39,2 \cdot 1,8} 100\% = 50\%$ Жауап: $\eta = 50 \%$; $F_{\text{үйк}} = 19,6 \text{ N}.$
$F_{\text{үйк}} = ? \quad \eta = ?$		



8-жаттығу

1. Көлбеу жазықтықтағы жүкті биіктікке көтеруде 20 J жұмыс атқарылды. ПЖК-і 80% болатын механизм қолданылды. Пайдалы жұмысты есепте.

2. Дене 15 N күштің әсерінен көлбеу жазықтықта көтерілді. Дененің салмағы 16 N, көлбеу жазықтықтың биіктігі 5 m, ұзындығы 6,4 m. Көлбеу жазықтықтың ПЖК-ін тап.

3. Жүкке бекітілген динамометр 15 kg жүкті көлбеу жазықтықтан түз түсіргенде 40 N көрсетеді. Көлбеу жазықтықтың ұзындығы 1,8 m, биіктігі 30 cm болса, көлбеу жазықтықтың ПЖК-ін тап.

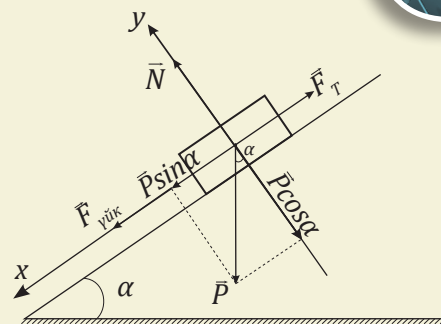
4. Шананы төбеге итеруде 16 s ішінде 800 J жұмыс жасалды. Бұл жағдайда қандай қуатқа (W) қол жеткізіледі?

ЕСЕПТЕР ШЕШУ

10-ТАҚЫРЫП

Мәселені шешу үлгісі

1. Салмағы 1000 N дене горизонтпен 30° бұрыш жасайтын жазықтықпен жоғары жылжып келе жатыр. Жоғары қарай тарту күші көлбеу жазықтыққа параллель және оның мәні 800 N (1.34-сурет). Үйкеліс коэффициенті 0,05. Жүк 2 c ішінде қанша қашықтыққа қозғалады?



1.34-сурет

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$P = 1000 \text{ N}$ $F_T = 800 \text{ N}$ $\mu = 0,05$ $t = 2 \text{ s}$ $\alpha = 30^\circ$ $s = ?$	$F_T - F_{\text{үйк}} - P \sin \alpha = ma$ $F_{\text{үйк}} = \mu P \cos \alpha$ $F_T - \mu P \cos \alpha - P \sin \alpha = ma = \frac{P}{g} a$ $s = \frac{at^2}{2} = \left(\frac{F_T}{P} - \mu \cos \alpha - \sin \alpha \right) \cdot \frac{gt^2}{2}$	$s = \left(\frac{800 \text{ N}}{1000 \text{ N}} - 0,05 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2\text{s})^2}{2} \approx 5 \text{ m}$ Жауап: $s = 5 \text{ m}$.

2. Салмағы $49 \cdot 10^5 \text{ N}$ электр пойызы көлбеу жазықтықпен түзу жоғары көтеріліп, 3 km жолды 5 минутта жүріп өтеді. Жазықтың еңісі 1 km-ге 4 м. Үйкеліс коэффициенті 0,002 болса, пойыздың атқарған жұмысын және түсіретін қуатын тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$P = 49 \cdot 10^5 \text{ N}$ $s = 3 \text{ km} = 3000 \text{ m}$ $h = 4 \text{ m}; \mu = 0,002$ $l = 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ $t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$ $A = ?; N = ?$	$A = F s$ $F = P \cdot \sin \alpha + \mu P \cos \alpha$ $A = P (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) s$ $N = \frac{A}{t}$ $\cos \alpha = \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l};$ $\sin \alpha = \frac{h}{l}$	$\sin \alpha = \frac{4}{1000} = 0,004; \cos \alpha = 0,9999 \approx 1$ $A = 49 \cdot 10^5 \text{ N} (0,004 + 0,002 \cdot 1) \cdot 3000 = 882 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m} = 88,2 \text{ MJ}$ $N = \frac{88,2 \cdot 10^6 \text{ J}}{300 \text{ s}} = 294 \cdot 10^3 \text{ W} = 294 \text{ kW}$ Жауап: $A = 88,2 \text{ MJ}; N = 294 \text{ kW}$.



9-жаттығу

1. Массасы 5 kg дене горизонталь жазықтықта жатыр. Дене горизонтқа 60° бұрышқа бағытталған 50 N күш әсерінен 1 s ішінде қанша жол жүреді? Дене мен жазықтықтың үйкеліс коэффициенті 0,2-ге тең.

2. Еңіс бұрышы 10° болатын көлбеу жазықтықта затқа бастапқы жылдамдығы 10 m/s берілген. Егер дене мен жазық беттер арасындағы үйкеліс коэффициенті 0,5-ке тең болса, дене тоқтағанша жүріп өткен жолды және қозғалыс уақытын тап: $\sin 10^\circ \approx 0,17$; $\cos 10^\circ \approx 0,98$.

3. Егер доңғалақтардың жол төсемімен үйкеліс коэффициенті 0,5-ке тең болса, еңіс бұрышы 20° болатын көлбеу жолмен жоғары қозғалатын автомобиль қандай үдеуге жете алады? Егер көтерілудің басындағы жылдамдық 10 m/s болса, машина 10 s ішінде қанша жол жүреді? $\sin 20^\circ \approx 0,34$; $\cos 20^\circ \approx 0,9$.

4. Еңіс бұрышы 20° , үйкеліс коэффициенті 0,2-ге тең болса, массасы 5 t тіркемені (прицепті) 1 жылдамдықпен еңіспен жоғары сүйреп шығуы үшін трактордың қуаты қандай болады?

5. Ұзындығы 4 m, биіктігі 0,8 m көлбеу жазықтықтан салмағы 2205 N жүк шығарылды. Үйкеліс күші 220,5 N болса, көлбеу жазықтықтың пайдалы жұмыс коэффициенті қанша пайызды құрайды?

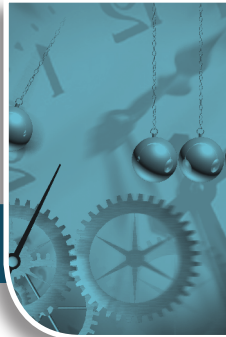
6. Көлбеу жазықтықтың еңіс бұрышы α_0 болғанда, оның үстінде жатқан дене бірқалыпты қозғала бастады. Дене мен көлбеу жазықтық арасындағы үйкеліс коэффициентін тап.

7. Ұзындығы 1 m, биіктігі 0,6 m көлбеу жазықтықтың ПЖК -ін табыңыз. Онда қозғалыстағы сырғанау үйкелісінің коэффициенті 0,1-ге тең.

8*. Егер электр пойызының массасы $1,2 \cdot 10^5$ kg болса, үйкеліс коэффициенті 0,05-ке тең болса, $a = 10^\circ$ болған еңіспен жоғарыға $1,5 \text{ m/s}^2$ үдеуімен 100 m қашықтыққа көтерілгенде электр пойызының қозғалтқыштары қанша жұмыс істейді?

9. Еңіс бұрышы 30° , үйкеліс коэффициенті 0,3 болатын көлбеу жазықтықта салмағы 400 kg жүкті 2 m биіктікке көтеру үшін қанша жұмыс қажет? Көлбеу жазықтықтың ПЖК мәні қандай?





ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

КӨЛБЕУ ЖАЗЫҚТЫҚТЫҢ ПЖК-ін АНЫҚТАУ

11-ТАҚЫРЫП

Жұмыстың мақсаты: көлбеу жазықтықты және оның не үшін қолданылатынын зерттеу. Денені көлбеу жазықтықта көтеру кезінде орындалатын пайдалы және толық жұмыс және көлбеу жазықтықтың пайдалы жұмыс коэффициенті туралы білімдерін бекіту. Қателерді есептей білуді қалыптастыру.

Қажетті құралдар мен материалдар: ұзын жұқа тақтай, қысқыштары бар штатив, ағаш блок, сызғыш, жүктер жинағы, динамометр (1.35-сурет).

Жұмыс тәртібі

1. Штативке жұқа тақтай бекітілген. Содан кейін сызғыштың көмегімен көлбеу жазықтықтың ұзындығы (l) және биіктігі (h) өлшенеді (1.36-сурет).

2. Динамометр көмегімен ағаш брусokтың салмағы P анықталады (1.37-сурет).

3. Брусokты көлбеу жазықтыққа қойып, динамометрді қолдан көлбеу жазықтық бойымен F күшімен біркелкі тарт (1.38-сурет).

4. $A_{\tau} = FL$ формуласы көмегімен толық, ал $A_n = Ph$ формуласы арқылы болса пайдалы жұмыстар есептеледі.

5. $\eta = \frac{A_n}{A_{\tau}} \cdot 100\%$ өрнегі арқылы көлбеу жазықтықтың пайдалы жұмыс коэффициенті есептеледі.

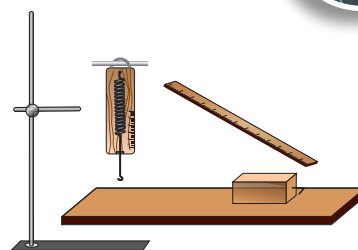
Тәжірибе кемінде үш рет қайталанады, нәтижелер кестеге жазылады.

№	l, m	h, m	F, N	P, N	A_{τ}, J	A_n, J	$\eta, \%$
1							
2							
3							

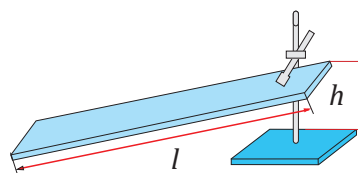
Көлбеу жазықтықтың әр түрлі биіктіктері үшін тәжірибе жүргізе отырып, пайдалы жұмыс коэффициентінің көлбеу жазықтықтың бұрышына тәуелділігі туралы қорытындылар жасалады.

Үйге тапсырма

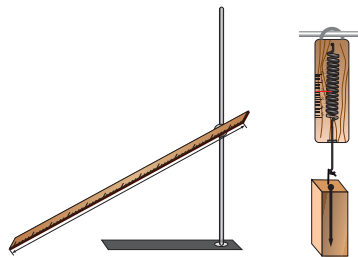
Сен үйде динамометр таразы көмегімен жоғарыдағы тәжірибені өткізіп көр.



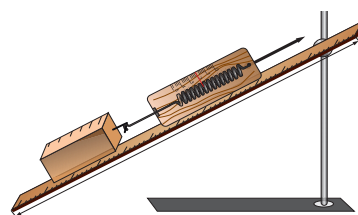
1.35-сурет



1.36-сурет



1.37-сурет



1.38-сурет



1. Көлденең жазықтық қандай құрылғы және қандай мақсатта қолданылады?

2. Көлбеу жазықтықта денені көтеру кезінде орындалатын пайдалы және толық жұмыс қалай анықталады?

3. Неліктен пайдалы жұмыс толық жұмыстан аз?

4. Көлбеу жазықтықтың пайдалы жұмыс коэффициенті оның еңіс бұрышына байланысты екенін қалай түсіндіресің?

5. Қозғалмайтын блок арқылы еркін түсу үдеуін анықтауға болады ма?

12-ТАҚЫРЫП

МАССА ЦЕНТРИ. ТЕПЕ-ТЕҢДІК ТҮРЛЕРІ.
КҮШ МОМЕНТІ

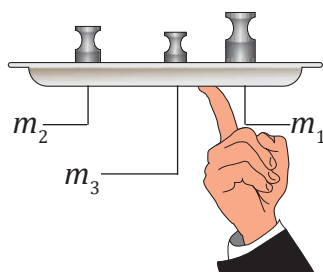
1. Масса центрі және оларды анықтау әдістері.
2. Денелердің тепе-теңдік түрлері.
3. Күш моменті.
4. Тұрмыста және технологияда рычагтардың қолданылуы.



Неліктен жүк көліктерінің рулінің диаметрі жеңіл автомобильдікінен үлкен?

1. Масса центрі және оларды анықтау әдістері

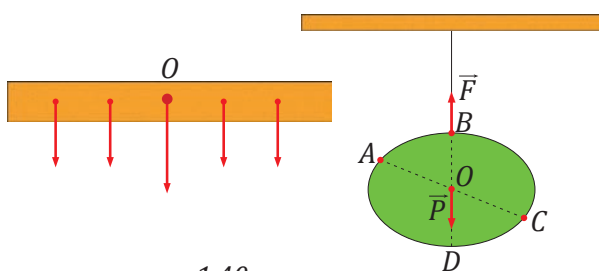
Ғимараттар мен көпірлерді салу кезінде және әр түрлі механизмдерді әзірлеу кезінде олардың тепе-теңдік жағдайында болуы маңызды. Дене тепе-теңдігіне қалай жетуге болады? Денелерді оңай жылжыту, үйлердің арқалықтарын төсеу кезінде орынды таңдау және осыған ұқсас жұмыстарды орындау кезінде теңгерімді жағдайға назар аудару қажет. Денелердің тепе-теңдігі олардың массалар центрінің орнына байланысты. Масса центрі – денеге немесе денелер жүйесіне қатысты қозғалмайтын нүкте.



1.39-сурет

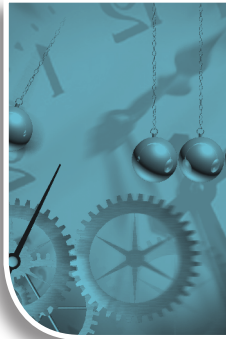
Денелердің масса центрлері олардың ауырлық центрлерімен сәйкес келеді (1.39-сурет). Дененің барлық бөліктеріне бірдей әсер ететін ауырлық күші дененің масса центрі арқылы өтетін түзуде жатыр. Сондықтан ауырлық күші дененің **ауырлық центріне** орналасады.

Масса центрі – дененің немесе денелер жүйесінің барлық бөліктері массалары шоғырланған болып көрінетін нүкте және бұл нүкте дененің немесе денелер жүйесінің массалар центрі деп аталады.



1.40 а-сурет

1.40 а-суретте біртекті (яғни бір материалдан жасалған, бүкіл ұзындығы бойынша біркелкі көлденең қима, біркелкі бөлінген тығыздықтан) металл шыбықтың кейбір бөліктеріне әсері параллель ауырлық күштері және олардың тең әсер етуші ауырлық күші қойылған О нүктесі (ауырлық центрі) көрсетілген.



Кейбір дұрыс геометриялық пішіндері (шар, цилиндр, тік призма) бар біртекті денелердің масса центрлері олардың геометриялық центрлерімен сәйкес келеді (1.40 б-сурет). Егер дене біртекті болмаса немесе денеде симметрия центрі болмаса және жазық болса, оның ауырлық центрін тәжірибе арқылы анықтауға болады. Ол үшін дене екі нүктеден кезектесіп ілінеді және осы нүктелер арқылы тік ауырлық күші сызықтары жүргізіледі (1.41-сурет). Вертикальдардың қиылысу нүктесі жазық дененің ауырлық центрі болып табылады.

2. Денелердің тепе-теңдік түрлері

Денелердің массаларының центрлері анықталғаннан кейін оларды тепе-теңдік қалыпқа келтіру немесе орнынан жылжыту оңай.

Әдетте теп-теңдік үш түрлі болады:

- тұрақты тепе-теңдік;
- тұрақсыз тепе-теңдік;
- дифференциалданбаған тепе-теңдік.

Егер дене тепе-теңдіктен шығарылып, босатылса, оны бастапқы күйіне қайтаратын күш пайда болады, дененің мұндай тепе-теңдігі **тұрақты тепе-теңдік** деп аталады (1.42 а-сурет).

Денені тепе-теңдік күйден шығарып, босатқанда, оны бастапқы тепе-теңдік күйінен алшақтатын күш пайда болады, дененің мұндай тепе-теңдігі **тұрақсыз тепе-теңдік** деп аталады (1.42 б-сурет).

Денені тепе-теңдік күйінен шығарып, босатқанда оның күйін өзгертуге күш пайда болмайды, дененің мұндай тепе-теңдігі **дифференциалданбаған тепе-теңдік** деп аталады (1.42 в-сурет).

Дененің тепе-теңдік жағдайы тірек бетіне де байланысты. Егер жазықтықта тұрған дене жазықтықпен бірге жазықтықтың бір ұшынан белгілі бір биіктікке көтерілсе, дене аударылып қалады. Бұл жағдайда дененің ауырлық центрінен өткен тік түзу негізгі бетінен шығып, дене құлап кетеді. Сонымен, тірек беті неғұрлым үлкен болса, соғұрлым дене тұрақсыз болады.

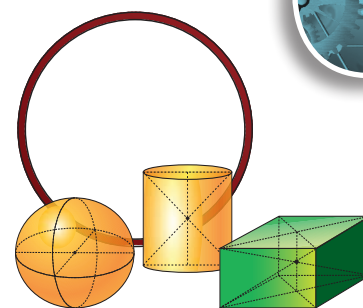
3. Күш моменті

Айналу осі бар денелердің қозғалысы оған әсер ететін күштің шамасына ғана емес, сонымен қатар күштің бағытына да байланысты.

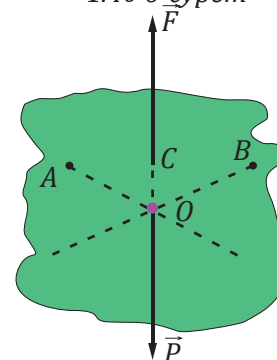
Айналу осінен күштің әсер ету сызығына дейінгі ең қысқа қашықтық **күш иығы** деп аталады.

Бұл жағдайда күштің иығы күш бағытына перпендикуляр орналасады.

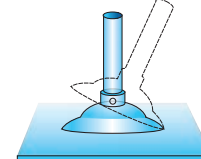
Айналу осі бар денеге және күш иығына әсер ететін күштің көбейтіндісі момент деп аталады. Күш моменті M әрпімен белгіленеді.



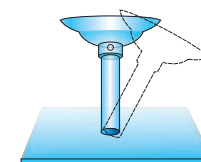
1.40 б-сурет



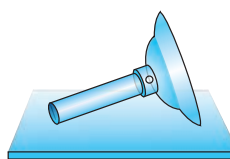
1.41-сурет



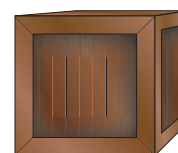
а)



б)



г)



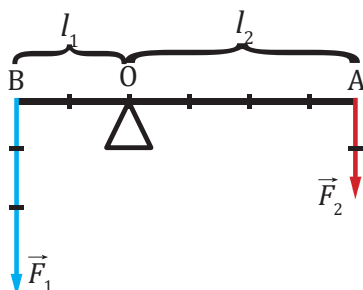
1.42-сурет



$$M = F \cdot l \quad (1)$$

Моменттің өлшем бірлігі ХБЖ-те $[M] = \text{N} \cdot \text{m}$.

Біркелкі стержень алып, оның ауырлық центрін (О нүктесі) тірекке бекітейік, осылайша стержень тірек айналасында еркін айнала алады. Бұл жағдайда стержень көлденең күйде тепе-теңдікке келеді. Бір жүкті төрт бірлік рычагтың оң жағына іліп қойсақ (А нүктесі), ал бір жүкті екінші жағына екі бірлік ілсек (В нүктесі), оның тепе-теңдігі бұзылады. Артқы жағы өзінің бастапқы тепе-теңдігіне келуі үшін В нүктесіне тағы бір осындай жүкті ілу керек (1.43-сурет). Сонымен, рычагтағы күш иығы аз болса, рычаг тепе-теңдікте болуы үшін күш үлкенірек болуы керек. Бұдан біз күштер мен күш иықтары арасындағы келесі қатынас орынды деп қорытынды жасауға болады:



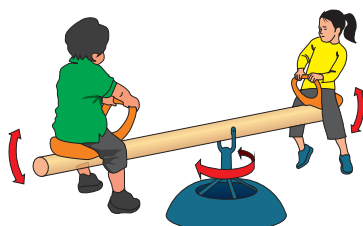
1.43-сурет

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

$$M_1 = M_2 \quad (2)$$

l_1 – ОА аралық ұзындығы болып, F_1 – күштің иығы. l_2 – ОВ аралық ұзындығы болып, F_2 – күштің иығы.

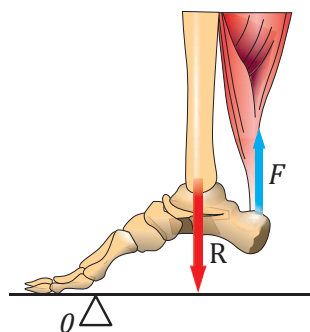
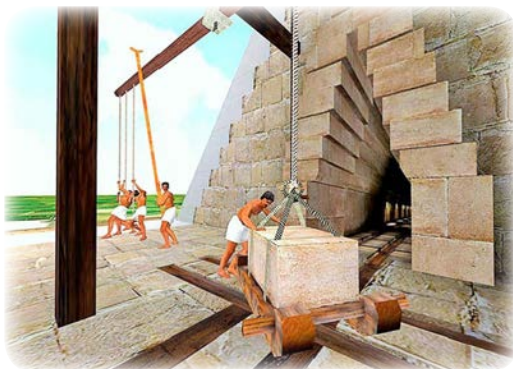


1.44-сурет

(2) теңдікті Архимед тапқан және оны рычагтың **қолдың тепе-теңдік шарты** деп атайды. Көрсетілген тәжірибеде M_1 моменті рычагты сағат тілінің бағытымен бұруға тырысады, ал M_2 моменті оны сағат тіліне қарсы бағытта бұруға тырысады. Қозғалмайтын тірек айналасында айнала алатын қарапайым құрылғы - **рычаг** (1.44-сурет).

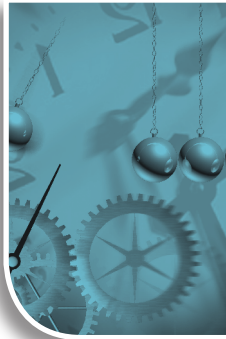
4. Тұрмыста және технологияда рычагтардың қолданылуы

Қайшылар мен тырнақ тартқыштардың әр түрлі түрлері өмірдегі және технологиядағы тұтқа принципі бойынша жұмыс істейді. Таразы – бұл бірдей иықтары бар рычаг. Егер таразының иықтары әр түрлі ұзындықтарда болса, үлкен массалық денелерді шағын массалық тастармен өлшеуге болады. Адамдар мен жануарлардың дене құрылымында рычаг принципі бойынша жұмыс істейтін бөліктер де бар. Қол және аяқ сүйектері бұлшықеттермен бірге рычаг құрайды (1.45-сурет).



1.45-сурет

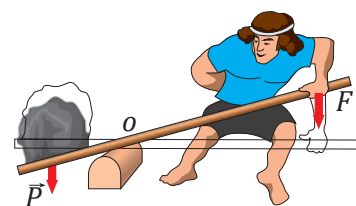




1. Неліктен дененің массалық центрі мен ауырлық центрі қабаттасады?
2. Массалар центрі арқылы өтетін күш денені қалай жылжытады? Өтпейтіні ше?
3. Денеге әсер ететін күштің бағыты массалар центрінен өтпесе дене қалай қозғалады?

Мәселе шешу үлгісі

Рычагтың ұзын иығы 6 м, ал қысқа иығы 2 м. Ұзын иыққа 500 N күш түсіргенде, қысқа жақтың ұшы қандай массалық жүкті көтеруге болады (1.46-сурет)?



1.46-сурет

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$l_1 = 6 \text{ m}$ $l_2 = 2 \text{ m}$ $F_1 = 500 \text{ N}$ $m = ?$	$M_1 = M_2$ $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$ $F_2 = mg$ $m = \frac{F_1 l_1}{g l_2};$	$m = \frac{500 \text{ N} \cdot 6 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m}} \approx 153 \text{ kg}$ Жауап: $m \approx 153 \text{ kg}.$

10-жаттығу



1. Рычагтың кіші иығының ұзындығы 2,5 см, ал үлкенінің ұзындығы 45 см. Үлкен иықтың ұшына 20 N күш түседі. Рычагты тепе-теңдікте ұстау үшін кіші иықтың ұшына қандай күш түсіру керек?
2. Массасы 240 kg тас рычагтың көмегімен көтеріліп жатыр. Кіші иық 0,6 m болса, ұзындығы 2,4 m болатын үлкен иыққа қандай күш түсіру керек?
3. Рычагтың ұзындығы 2 есе артса, орындалған жұмыс қалай өзгереді?
4. Рычагтың кіші иығының ұзындығы 4 см, үлкенінің ұзындығы 50 см. Үлкен иықтың ұшына 40 N күш түседі. Рычагтың тепе-теңдігін сақтау үшін кішкентай иығына қанша күш салу керек?
5. Массасы 10 kg, ұзындығы 40 см стерженнің ұштарына массалары 40 kg және 10 kg жүктер ілінген. Артқы жағы дұрыс қалыпта қалуы үшін тіректің бірінші ұшынан қанша қашықтықта орналастыру керек?

13-ТАҚЫРЫП

МОМЕНТ ЗАҢЫ НЕГІЗІНДЕ ОРЫНДАЛАТЫН ҚАРАПАЙЫМ МЕХАНИЗМДЕР

1. Жұптық күштер.
2. Рычаг.
3. Блоктар және бұрандалар.
4. Шығырық және сыналар.

Есіктің жабылып қалмауы үшін кейде есік жақтауының жанындағы ойыққа еденге тас немесе кірпіш қойылады. Бұл есіктің бұзылуына себеп бола ма? Жауабыңды түсіндір.

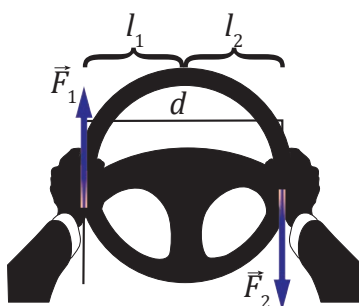
1. Жұптық күштер

Ежелгі заманнан қазіргі уақытқа дейін адам өз жұмысын жеңілдету жолдарын іздеді. Құрылыстарда ауыр бағаналарды көтеру және мәрмәр тастарды өңдеу үшін әр түрлі механикалық құрылғылар қолданылды. Үш мың жыл бұрын Ежелгі Египетте пирамидаларды салу кезінде ауыр тас плиталар рычагтардың көмегімен бір жерден екінші жерге ауыстырылып, әлдеқайда жоғары көтерілген. Көп жағдайда ауыр жүкті белгілі бір биіктікке көтерудің орнына көлбеу жазықтықта сол биіктікке домалап немесе сүйреп апарады. Самарқанд және Бұхара қалаларында мұнаралар, медреселер, сарайлар мен мешіттер салу кезінде блоктар мен шығырлар арқылы жүктер көтерілді.

Күнделікті өмірде ағаш кесетін станоктар, жүктерді тасымалдайтын көтергіш крандар, жер аударатын тракторлар да қарапайым механизмдер негізінде жұмыс істейді.

Қарапайым механизмдер де момент заңы бойынша жұмыс істейді. Айналу осі бар дене айналу моментінің әсерінен қозғалады. Бұл жағдайда денеге әсер ететін күш моменті жұп күштердің әсеріне ұқсас болады.

Бағыты қарама-қарсы, шамасы бірдей, бірақ бір осьте жатпайтын күштер жұптық күштер деп аталады.



1.47-сурет

Бұған мысал ретінде автомобиль рулінің айналуын келтіруге болады (1.47-сурет).

Айналу осі руль дөңгелегінің ортасында орналасқан және оған F_1 және F_2 жұп күштері әсер етеді.

Егер айналу осі бар денеге бірнеше күш әсер етсе, осы күштердің моменттерін қосу арқылы нәтижелік момент табылады. Бұл жағдайда денені сағат тілінің бағытымен айналдыратын күш моменттері оң бағытта, ал денені сағат тіліне қарсы бағытта айналдыратын күш моменттері теріс бағытта қабылданады.

Нәтижелік күш моментін табу үшін денеге әсер ететін күш моменттерінің таңбасын ескере отырып қосамыз.

$$M = F_2 l_2 + (-F_1 l_1) = F_2 l_2 - F_1 l_1. \quad (1)$$

Айналу осі бар денені бір бағытта бұратын күштердің моменттерінің қосындысы денені қарама-қарсы бағытта бұратын күштердің моменттерінің қосындысына тең болса, барлық күштердің нәтижелік моменті нөлге тең, ал дене тепе-теңдікте болады:

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

Бұл ережені Архимед анықтап, **момент заңы** деп аталады. Момент заңы негізінде жұмыс істейтін қарапайым механизмдерге: рычаг, қозғалмайтын және жылжымалы блоктар, қоңырау, бұранда (домкрат) және басқа да қарапайым механизмдер жатады.

2. Рычаг

Іс жүзінде рычагтың әр түрлі формалары қолданылады (1.48-сурет).

3. Блоктар және бұрандалар

Тұрмыста және технологияда жылжымалы және қозғалмайтын блоктар жүйесі қолданылады. Жүйеде блоктар бір-бірімен қосылып, әр түрлі деңгейдегі полиспастар пайда болады. 1.49 а-суретте бір жылжымалы блогы бар шығырлар, 1.49 б-суретте бір қозғалмайтын және бір жылжымалы блоктары бар, ал 1.49 в-суретте екі жылжымалы және бір қозғалмайтын блоктары бар шкивтер көрсетілген. Деңгейлік полиспастта ілулі тұрған жүктің салмағы блоктарға оралған арқандарға бөлінеді.

Блоктарда үйкеліс болмаған кезде полиспастқа түсетін күш:

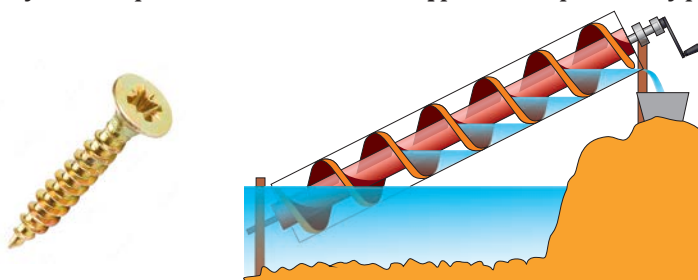
$$F = \frac{mg}{2^n} \quad (3)$$

формуласы арқылы табылады. Мұндағы n – шығырдағы жылжымалы блоктар саны. Егер блоктарда үйкеліс болса, әсер ететін күш оның бір бөлігі үйкеліс күштерін жеңу үшін пайдаланылады.

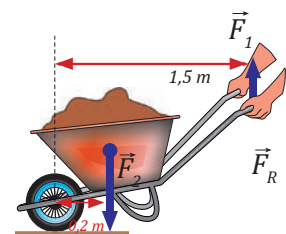
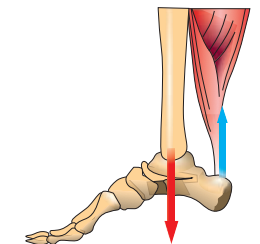
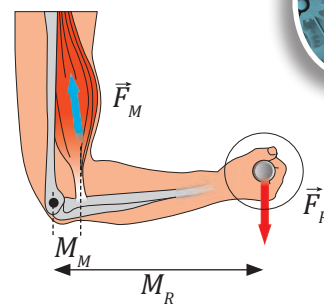
Үйкеліс кезіндегі полиспастың ПЖК:

$$\eta = \frac{mg}{2^n F} \quad (4)$$

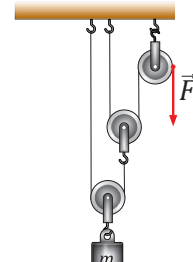
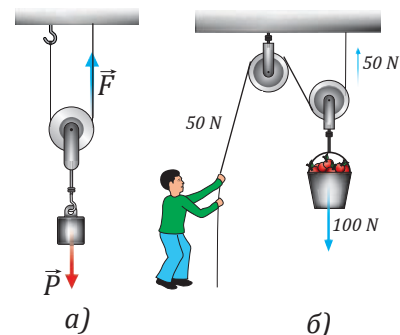
формуласы арқылы табылады. Бұрандалар 1.50-сурет.



1.50-сурет



1.48-сурет



1.49-сурет



I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРИ

4. Шығырық және сыналар

Шығырықтың күшті неше рет жеңуі

$$n = \frac{R}{r} \quad (5)$$

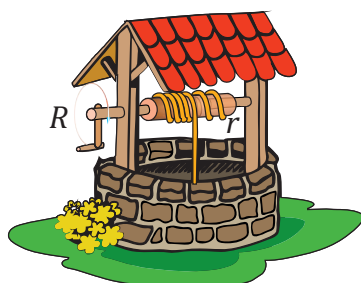
формуласымен анықталады.

Жүкшығырдың күшті неше рет жеңуі

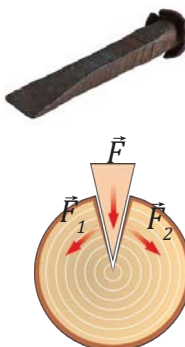
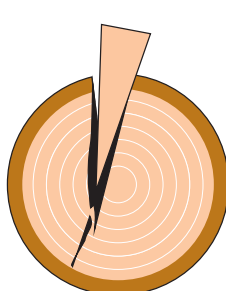
$$n = \frac{R_1}{r_1} \frac{R_2}{r_2} \quad (6)$$

формуласы арқылы табылады. Мұнда: R – барабанды айналдырушы қалам сызатын радиус, r – барабанның радиусы (1.51-сурет).

Қақпақтар



1.51-сурет



1. Шығырық рычагқа қай жағынан ұқсас?
2. Неліктен тік баспалдаққа қарағанда көлбеулеу баспалдақпен көтерілу оңай?
3. Неліктен ауыр жүк (мысалы, рюкзак) көтерген адам алға сәл еңкейеді?
4. Қарапайым механизмдерден тағы қай жерде пайдаланғанын көрдің?

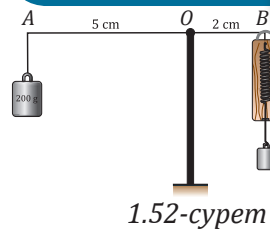


ЕСЕПТЕР ШЕШУ

14-ТАҚЫРЫП

Мәселелерді шешу үлгісі

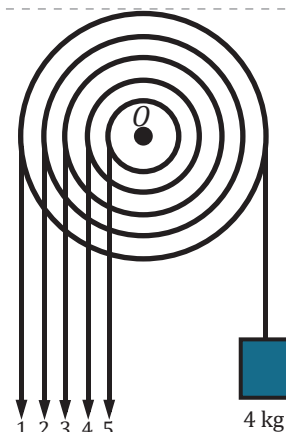
1. Массасы 200 g жүк суретте көрсетілген рычагтың A нүктесінде ілулі тұр. Рычаг тепе-теңдікте болса, B нүктесінде ілулі тұрған динамометр қанша Ньютон күш екенін көрсетеді. $AO = 5$ cm, $OB = 2$ cm алайық (1.52-сурет).



1.52-сурет

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 200$ g = 0,2 kg $l_1 = 5$ cm = 0,05 m $l_2 = 2$ cm = 0,02 m $F_2 = ?$	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}; F_1 = mg$ $\frac{mg}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ $F_2 = \frac{l_1 mg}{l_2}$	$F_2 = \frac{0,05 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,02 \text{ m}} = 5 \text{ N}$ Жауап: $F_2 = 5 \text{ N}$.

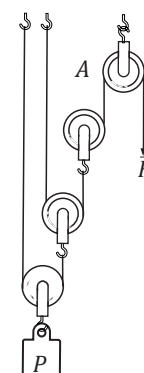
2. Суретте көрсетілген блок тепе-теңдікте қалуы үшін массасы 10 kg жүкті қандай нүктеге ілу керек (1.53-сурет)?



1.53-сурет

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m_1 = 4$ kg $m_2 = 10$ kg $l_0 = 5$ m; $l_1 = 5$ m $l_2 = 4$ m; $l_3 = 3$ m $l_4 = 2$ m; $l_5 = 1$ m $l_x = ?$	$M_1 = M_2$ $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}; \frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{l_2}{l_1}$ $l_x = \frac{m_1 l_0}{m_2}$	$l_x = \frac{4 \cdot 5}{10} = 2 \text{ m}$ Жауап: 10 kg денені центрден есептегенде l_4 нүктеге ілу керек.

3. $P = 400$ N ауырлық күші бар жүкті көтеру үшін жіптің ұшындағы A нүктесіне қанша Ньютон күш түсіру керек (1.54-сурет)?

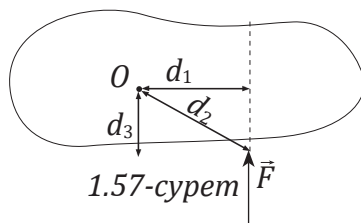
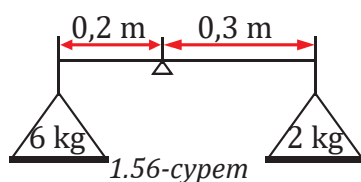
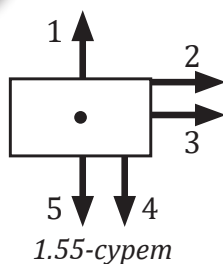


1.54-сурет

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$P = 400$ N $F_2 = ?$	$F = \frac{mg}{2^n}$	$F_1 = \frac{mg}{2} = \frac{P}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ N}$ $F_2 = \frac{mg}{2} = \frac{P}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ N}$ $F_3 = \frac{mg}{2} = \frac{P}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ N}$ Жауап: $F_3 = 50 \text{ N}$.



11-жаттығу



1. 1.55-суретте көрсетілген күштердің қайсысы денені тек қана ілгері қозғалысқа түсіреді? (O – массалар центрі).

2. Рычагтың кіші иығының ұзындығы 5 см, ал үлкен иығының ұзындығы 30 см. Кіші иыққа 12 N күш әсер етеді. Рычагты тепе-теңдікке келтіру үшін оның үлкен иығына қан-дай күш қолдану керек?

3. 1.56-суретте көрсетілген иықтары тең емес таразы теңестірілуі үшін оның оң жағына тағы неше kg масса қою керек?

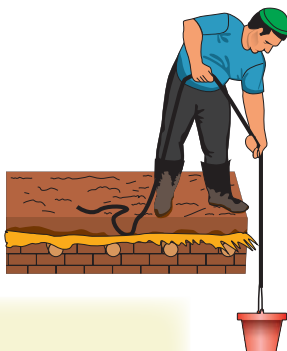
4. Рычагтың кіші иығына 300 N, ал үлкен иығына 20 N күш әсер етеді. Кішкентай иықтың ұзындығы 5 см. Үлкен иықтың ұзындығын анықта.

5. 1.57-суретте айналу осі O нүктесі арқылы өтетін денеге белгілі бір бағытта F күш әсер ететіні көрсетілген. Суретте көрсетілген қималардың қайсысы F күшінің иығы болады.

6. Ұзындығы 80 см салмақсыз рычагтың шеттеріне массасы 200 g және 600 g жүктер ілінді. Рычаг тепе-теңдікте болуы үшін тірек ауыр жүктен қанша қашықтықта орналасуы керек?

7*. Массасы 1500 kg автомобильді домкрат арқылы көтеру керек. Бұнда қолданылатын бұранданың қадамы 4 см-ге тең. Домкратты бұрау стерженінің ұзындығы 0,5 m болса, бұраушы күшін тап.

ПРАКТИКАЛЫҚ ТАПСЫРМАЛАР



1. Жүк көліктері жүк түсіру үшін кузовты α бұрышына көтерді. Бірақ бұл жағдайда жүк түспеді.

а) Жүктің түспеуінің себебі неде?

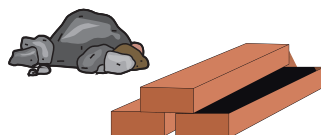
б) Қандай шарт орындалса, жүк қозғала бастайды?

2. Құрылыс кезінде топырақ шелекпен тартылуда. Жұмысшы шелекті үдеумен көтергенде, шелектің төменгі бөлігі бөлініп кетті.

а) Бұл жағдайдың себебін түсіндір.

б) Шелек істен шығып қалмауы үшін жұмысшыларға қандай кеңес бересің?

3. Берік Омармен бірге көлікпен саяхатқа шықты. Жарты жолда көліктің дөңгелегі жарылып қалды. Бірақ көлікте дөңгелек ауыстыратын домкрат жоқ. Бұл жағдайда олар суретте көрсетілген денелерді пайдаланып көліктің дөңгелегін ауыстырып, сапарын жалғастырды. Олар мұны қалай жасады? Жауабыңды түсіндір.





I ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕР

1. 2 N, 4 N, 10 N, 24 N мәндерінің қайсысын бір нүктеге орналастырылған 10 N және 14 N күштердің тең эффекторы деп қабылдауға болмайды (қайсысына тең болуы мүмкін емес)?

2. Қандай биіктікте еркін түсу үдеуі Жер беткейіндегі үдеудің 25% ын құрайды?

3. Рычагтың ұштарына 2 N және 18 N күш әсер етеді. Рычагтың ұзындығы 1 m. Рычаг тепе-теңдік күйде болғанда тірек нүктесі қайда болады?

4. Айдың радиусы 1700 km, ондағы дененің еркін түсу үдеуі $1,6 \text{ m/s}^2$ -ге тең. Айдың бірінші ғарыштық жылдамдығын есепте.

5. Жоғары жылдамдықты лифт жерге қарай 5 m/s^2 үдеумен төмен түсуде. Бір уақытта лифт төбесінен болт түсе бастады. Лифтінің биіктігі 2,5 m. Болттың түсу уақытын анықта.

6. Горизонтпен α бұрышын құрайтын көлбеу жазықтықта денені төмен сырғытатын ауырлық күші құраушылары қалай өрнектеледі?

7. Дене көлбеу жазықтықтан төмен сырғанайды. Үйкеліс коэффициентінің μ -ның қандай мәнінде дене бірқалыпты қозғалады:

1) $\mu > \tan \alpha$; 2) $\mu < \tan \alpha$; 3) $\mu = \tan \alpha$.

8. Көтеріліп келе жатқан ұшақ 5 km биіктікте 360 km/h жылдамдыққа жетеді. Ұшу кезінде ауырлық күшіне қарсы жасалған жұмыс ұшақ жылдамдығын арттыру үшін жасалған жұмыстан неше есе артық?

9. Ұзындығы 2,6 m, массасы 80 kg біртекті бақан екі тіректе жатыр. Бақанның сол жақ шетінен сол жақ тірекке дейінгі қашықтық 0,2 m, ал бақанның оң шетінен оң жақ тірекке дейінгі қашықтық 0,4 m. Сол жақтағы тірекке бақанның қысым күші (N) неге тең?

10. Массасы 1 тонна құбыр жерде жатыр. Оны бір шетінен сәл көтеру үшін қандай күш қолдану керек?



I ТАРАУ. ДИНАМИКА. СТАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРІ

ЖОБАЛЫҚ ЖҰМЫС

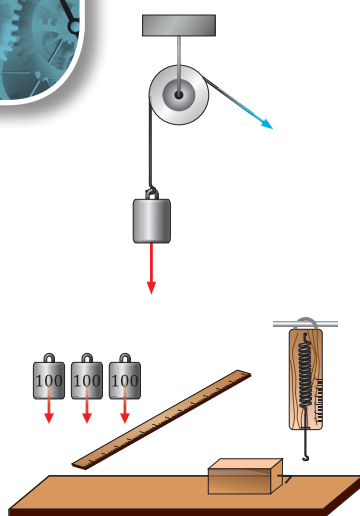
Қарапайым механизмдерді жасау

Жұмыстың мақсаты: көлбеу жазықтықты жасау және оның не үшін қолданылатынын зерттеу. Қарапайым механизмдерді тиімді пайдалану туралы білімдерін бекіту.

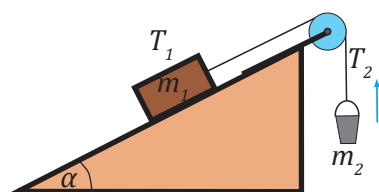
Қажетті құралдар мен материалдар: қалыңдығы 3-5 см ұзын жұқа тақтай, сызғыш, ағаш брусок, сызғыш, жүктер жинағы, динамометр, блок, жіп (1.58-сурет).

Жұмыс тәртібі

1. Ұзын тақтайдан 30 см, 40 см, 50 см ұзындықтағы (бұл өлшемдерді еркін таңдауға болады) бөліктерді кесіп ал.
2. 1.59-суретке қарап құрылғының дұрыс бұрышты үшбұрыш бөліктерін жина.
3. Жиналған дұрыс бұрышты үшбұрыштың вертикалды жағының ұшына жылжымайтын блокты орнат.
4. Ағаш брусок және шелекті жіппен блок арқылы біріктіріп (1.60-сурет).
5. Көлбеу жазықтықтың вертикалды жағына жүктің ауырлық күші әсерінде ағаш брусок көлбеу жазықтық бойымен сырғанау үшін шелек ішіне жүктерді рет-ретімен қой.
6. Жоғарылардағыны ескере отырып қорытынды жаса.



1.58-сурет



1.60-сурет



1.59-сурет



1. Ағаш брусок қандай жағдайда қозғалуын түсіндір.
2. Брусок қандай шартпен тегіс қозғалады?
3. Брусок қандай жағдайда үдеумен қозғала алады?

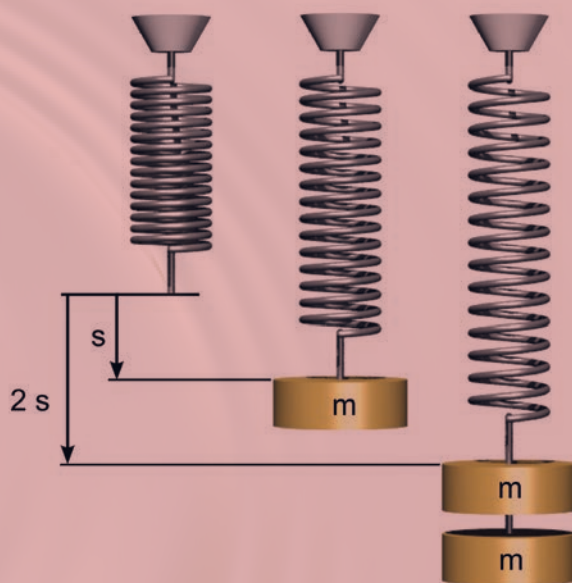
II ТАРАУ



МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

Сіз бұл тарауда төмендегі тақырып-тармен танысасыз:

- механикалық тербелістер;
- математикалық және серіппелі маятниктер;
- механикалық толқындар;
- дыбыс толқындары.



15-ТАҚЫРЫП

МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР

1. Механикалық тербелістер.
2. Еркін тербелістер және еріксіз тербелістер.
3. Тербеліс периоды, жиілігі және циклдік жиілік.
4. Автотербелістер.
5. Резонанстық құбылыс.
6. Гармоникалық тербелістер.

Көлігі балшыққа батып қалған жүргізушіге көмектесіп жатқан бірнеше адам көлікті «тербетеді». Әдетте тербеліс белгілі бір бұйрық бойынша амалға асырылады. Бұйрық беру қандай уақытталығы маңызды?

1. Механикалық тербелістер

Біз күнделікті өмірде көптеген тербеліс қозғалыстарын кездестіреміз. Мысалы, ағаш бұтақтарының тербелісі, музыкалық аспаптың ішектерінің тербелісі, жүрек соғысы, т.б.

Тербеліс дегеніміз не?

Тербеліс сыртқы және ішкі күштердің әсерінен пайда болады.

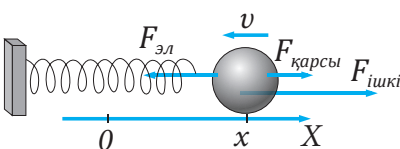
Белгілі бір уақыт аралықтарында периодты түрде қайталанып отыратын қозғалыс тербелмелі қозғалыс немесе тербелістер деп аталады.

Тербелмелі қозғалыстың екі түрі бар:

- еркін тербелістер;
- еріксіз тербелістер.

2. Еркін тербелістер және еріксіз тербелістер

Серіппеге немесе жіпке ілінген жүктің тербелісі еркін тербелістің мысалы болып табылады. Біз денені көлденең беткейге серіппеге бекітеміз (2.1-сурет). Біз денені тепе-теңдіктен шығарып, оны босатамыз. Серіппенің созылуы мен қысылуы нәтижесінде серіппенің серпімділік күші денеге әсер етеді. Нәтижесінде дене өзінің тепе-теңдігі мен орнында тербелмелі қозғалыста болады. Серіппеде пайда болған серпімділік күші тербелмелі қозғалысты тудыратын ішкі күш болып табылады. Қозғалысқа қарсылық күші серпімділік күшінен әлдеқайда аз болса, дененің қозғалысы бірдей уақыт аралықтарында қайталанады.



2.1-сурет

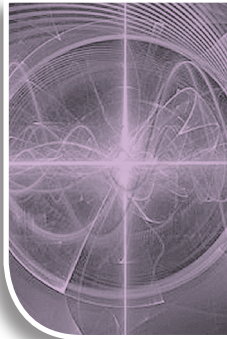
Дененің тепе-теңдік күйден алынып, босатылғаннан кейінгі ішкі күштердің әсерінен тербелісі еркін тербеліс деп аталады.



2.2-сурет

Шындығында, кез келген тербелмелі денеге қоршаған ортаның қарсы күші әсер етіп, тербелмелі қозғалысты әлсіретеді. Тербеліс өшпеуі үшін оған мезгіл-мезгіл сыртқы күш әсер етуі керек (2.2-сурет).

Сыртқы периодтық күштің әсерінен болатын тұрақты тербелістер еріксіз тербелістер деп аталады.



Күнделікті тұрмыста еріксіз тербелістердің көптеген мысалдары бар. Мысалы, радиоколонкалардың мембранасы одан өтетін мәжбүрлі токтың әсерінен тербеледі (2.3-сурет).

3. Тербеліс периоды, жиілік және циклдік жиілік

Кез келген тербелмелі дене белгілі бір уақыт аралығында периодты түрде тербеледі. Бұл уақыт тербеліс периоды мен жиілігі ұғымымен түсіндіріледі.

Тербелмелі дененің бір рет тербелуіне кететін уақыт тербеліс периоды деп аталады. Тербеліс периоды T әрпімен белгіленеді.

Тербеліс периодының өлшем бірлігі ХБЖ жүйесінде секунд (сек) болып табылады. Тербеліс периоды келесідей есептеледі:

$$T = \frac{t}{N} \quad (1)$$

Уақыт бірлігіндегі тербеліс санына тең физикалық шама тербеліс жиілігі деп аталады. Тербеліс жиілігі ν (ну) әрпімен белгіленеді.

Тербелетін материал нүктесінің тербелісі жылдам немесе баяу екенін білу үшін *тербеліс жиілігі* түсінігі енгізіледі.

Тербелмелі материал нүктесі t уақытында N рет тербелсе, оның тербеліс жиілігі:

$$\nu = \frac{N}{t} \quad (2)$$

Демек, (1) мен (2) өрнектерге сәйкес тербеліс периоды мен жиілігі бір-бірімен кері байланысты.

Жиілік бірлігі — $[\nu] = \frac{[N]}{[t]} = 1 \text{ с}^{-1} = (\text{Гц})$ герц (герц).

Ол неміс физигі Генри Герцтің құрметіне аталған.

Дененің 2π секундтағы тербеліс санымен сипатталатын шаманы **циклдік жиілік** деп атайды. Циклдік жиілік ω (омега) әрпімен белгіленеді.

$$\omega = 2\pi/T$$

Циклдік жиіліктің бірлігі ХБЖ жүйесінде $[\omega] = \text{рад/с}$ ретінде қабылданады. Тербеліс периоды мен тербеліс жиілігі циклдік жиілікке келесідей байланысты:

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu \quad (3)$$

Тербелістің орын ауыстыруы және амплитудасы

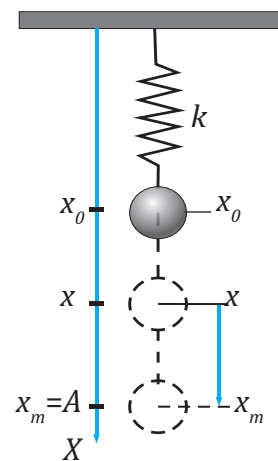
Тербелмелі дененің тепе-теңдік күйінен алыстаған қашықтығы оның **орын ауыстыруы** деп аталады. Жылжу x әрпімен белгіленеді. Тепе-теңдік күйінен ең үлкен орын ауыстыру (қозғалыс) **тербеліс амплитудасы** деп аталады. Амплитуда A немесе x_{max} ретінде анықталады (2.4-сурет).



2.3-сурет

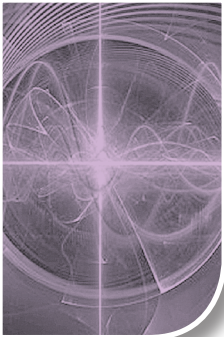


Генри Герц
(1857–1894)



2.4-сурет

II ТАРАУ. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР



2.5-сурет

Тербелмелі жүйеге әсер ететін сыртқы күштің жиілігі жүйенің табиғи тербеліс жиілігіне тең болғанда, еріксіз тербеліс амплитудасының кенет өсу құбылысын резонанс деп атайды.

Резонанстық құбылыстың зиянды салдары

АҚШ-тың Вашингтон штатындағы Такома көпірі 1940 жылы 7 қарашада желдің жылдамдығы 65 km/h жеткен резонанс құбылысына байланысты құлады.



4. Автотербелістер

Бәсеңдетпейтін еріксіз тербелістер үздіксіз тербеліс болуы үшін сыртқы периодты күш әсер етуі керек. Бірақ жүйедегі тербелістер сыртқы периодтық күштің әсерінсіз де сөндірілмеуі мүмкін. Егер еркін тербелмелі жүйенің ішінде энергия көзі болса және жүйенің өзі осы көзден тербелмелі денеге жоғалтқан энергияның орнын толтыру үшін қажетті энергияның берілуін реттей алса, мұндай жүйеде өшпейтін тербеліс пайда болады.

Автотербелістер – сыртқы периодтық күштің әсерінсіз ішкі көздің энергиясы есебінен болатын өзіндік тербеліс.

Мысалы, электр сағатын, электр қоңырауын, адамның жүрегі мен өкпесін өздігінен тербелетін жүйелер деп санауға болады (2.5-сурет).

5. Резонанстық құбылыс

Еріксіз тербеліс пайдалы, ал кейде зиянды салдары болуы мүмкін. Мұның зиянды және пайдалы салдары қандай?

Резонанс құбылысының техникада және өмірде практикалық маңызы зор. Резонанс құбылысы тек механикалық құбылыстарда ғана емес, электротехникада, оптикада және ядролық физикада да қолданылады. Мысалы, радиоқабылдағыштың, теледидардың және т.б жұмысы резонанс құбылысына негізделген.

Резонанстық құбылыс жиі зиянды салдарға әкеледі. Мысалы, белгілі бір дыбыс жиіліктерінде радиоқабылдағыштың корпусы кейде дірілдейді, ырғақты жұмыс істейтін кәсіпорын станоктарының айналуы нәтижесінде резонанс құбылысы пайда болады, соның салдарынан іргетастар құлап, сынып кетуі мүмкін.

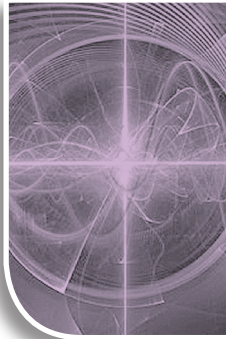
6. Гармоникалық тербелістер

Төменгі жағында тесік бар ыдысты толтырып, жіпке іліп, шайқаймыз. Ыдыс астына картон қағазын қойып, оны біркелкі тартсақ, қағаз бетіндегі төгілген құм іздері қандай да бір заңдылық бойынша тербелетінін байқауға болады.

Бұл эксперименттен мынадай қорытынды шығады. Тербелмелі ыдыстың орын ауыстыруы синус немесе косинус заңына сәйкес уақытқа байланысты өзгереді (2.6-сурет).

Параметрлері синус немесе косинус заңына сәйкес өзгертін тербелістер гармоникалық тербеліс деп аталады.

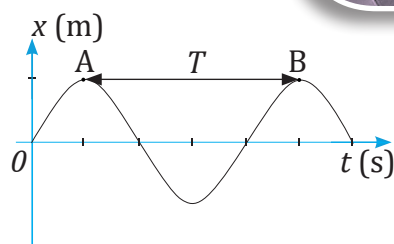
Гармоникалық тербелістер ең қарапайым тербелістерге жатады. Гармоникалық қозғалыстағы дененің орын ауыстыруы келесі өрнек арқылы есептеледі:



$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ yoki } x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (5)$$

Бұл жағдайда: A – тербеліс амплитудасы, ω – циклдік жиілік, t – уақыт, φ_0 – бастапқы фаза.

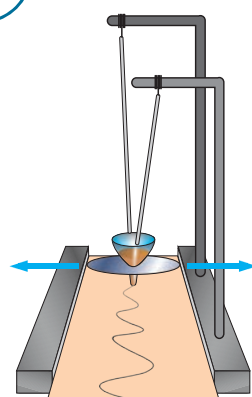
Гармоникалық тербеліс қозғалысындағы (5) формула бойынша уақыт бойынша орын ауыстыру графигі синусоидалы графиктен тұрады (синус заңы бойынша өрнектелген). Графиктің екі көршілес төбелерінің арасындағы уақыт тербеліс периодына тең (2.7-сурет).



Сағат маятникінің қозғалысы механикалық тербеліс, ал электр тогының бағытының өзгеруі электромагниттік тербеліс болып табылады.



1. Эткеншекке бір адамның орнына екі адам отырса, эткеншектің тербеліс периоды өзгере ме?
2. Пойыз тоқтаған кезде машинист неліктен вагонның дөңгелектерін соғады?
3. Тербелмелі қозғалысты қандай шамалар сипаттайды?
4. Жіпте ілулі тұрған болат шардың астына күшті магнит қойылса, шардың тербеліс жиілігі қалай өзгереді?



2.6-сурет

1. Есеп шешу үлгісі

Материалдық нүктенің гармоникалық тербеліс теңдеуі $x = 0,02 \cos \pi t$ көрінісі бар. Нүктенің 0,25 s және 1/3 s кейінгі орын ауыстыруын.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$x = 0,02 \cos \pi t$ $t_1 = 0,25 \text{ s}$ $t_2 = 1/3 \text{ s}$	$x = A \cos(\omega t)$	$x_1 = 0,02 \cos(\pi/4) = 0,02 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,0141 \text{ m} = 1,41 \text{ cm}$ $x_2 = 0,02 \cos(\pi/3) = 0,02 \cdot 1/2 = 0,01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$
$x_1 = ?$ $x_2 = ?$		Жауап: $x_1 = 1,41 \text{ cm}$; $x_2 = 1 \text{ cm}$.

12-жаттығу

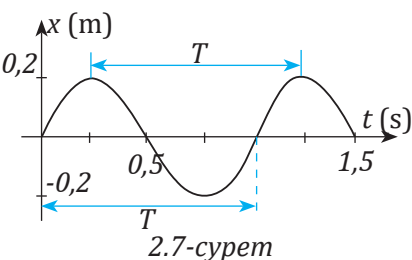
1. Нүктенің тербеліс теңдеуі формула түрінде болады. Амплитудасы (A), периоды (T) және $t=T/4$ уақытындағы x орын ауыстыруын тап.



2. Қозғалатын материал нүктесінің амплитудасы 0,5 mm, жиілігі 2 kHz. Нүкте 0,1 s ішінде қанша жол жүреді?

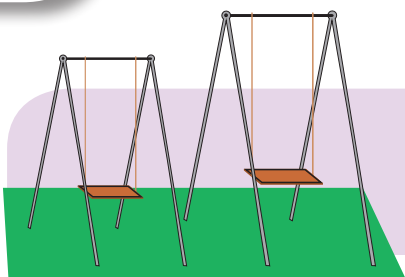
3. Қозғалыс теңдеуі $x = 0,06 \cos 100\pi t$ болатын материалдық нүктенің тербеліс амплитудасын, жиілігін және периодын тап.

4. Материалдық нүктенің тербелісі $x = 0,2 \sin(\pi t + \pi/2)$ (m) заңы бойынша өзгереді. Тербеліс амплитудасы A , T периоды, циклдік жиілік ω , φ_0 бастапқы фазасын тап.



СЕРІППЕЛІ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МАЯТНИКТЕР

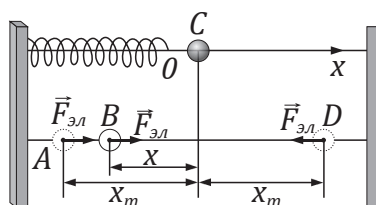
1. Серіппелі маятник.
2. Математикалық маятник.



Екі түрлі ұзындықтағы әткеншектің қайсысын таңдаған дұрыс? Себебін түсіндір.

1. Серіппелі маятник

Серіппеге бекітілген және серпімділік күшінің әсерінен тербелетін денені серіппелі маятник деп атайды.



Серіппеге жүк түсіргенде пайда болатын серпімділік күші келесі формуламен анықталады:

$$F = -k\Delta x \quad (1)$$

Мұнда: k – серіппенің қаттылығы, Δx – серіппе қаншалықты созылған немесе қысылған (2.8-сурет). Егер серіппеге түсетін жүкті тепе-теңдік күйінен A амплитудасы бойынша жылжытсақ және оны босатсақ, оның орын ауыстыруы келесі түрде өрнектеледі:

$$x = A \cdot \cos(\omega t) \quad (2)$$

Мұнда ω – дененің массасы мен серіппенің қаттылығымен анықталатын циклдік жиілік:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Ал серіппеге ілінген жүктің тербеліс периоды мен жиілігі:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3)$$

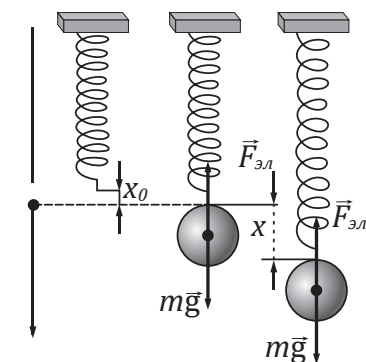
$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

формулаларымен өрнектеледі.

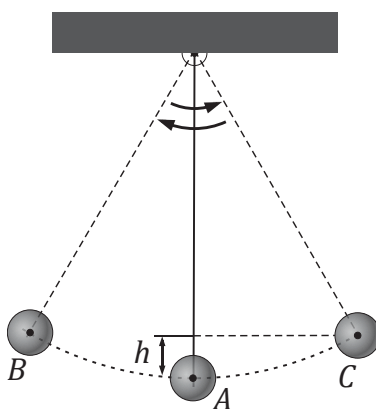
2. Математикалық маятник

Ұзын, созылмайтын салмақсыз жіпке ілінген және ауырлық күшінің әсерінен тербелетін денені математикалық маятник деп атайды.

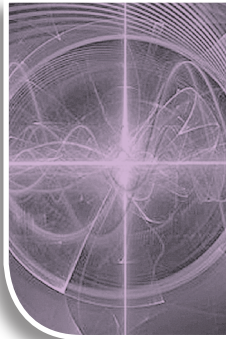
Қарсылық күштерін есепке алмасақ, математикалық маятник тек ауырлық күшінің әсерінен гармоникалық тербеліспен қозғалады. Гравитация – математикалық маятник үшін ішкі күш (2.9-сурет). Егер жіпке ілінген денені тепе-теңдік күйінен шығарсақ, ол серіппелі маятник сияқты тербеледі. Дененің ауырлық центрінен ығысуы былай жазылады:



2.8-сурет



2.9-сурет



$$x = A \cdot \cos(\omega t) \quad (5)$$

Маятник ұзындығы (l) және еркін түсу үдеуі (g) бойынша циклдік жиілікті анықтау:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Математикалық маятниктің тербеліс периоды:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (6)$$

формуласымен анықталады.

Математикалық маятниктің периодын анықтайтын бұл формула *Гюйгенс формуласы* деп аталады.

Математикалық маятниктің тербеліс жиілігі:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (7)$$

формуласымен анықталады.



1. Серіппелі маятниктің циклдік жиілігін екі есе арттыру үшін қандай физикалық шамаларды және неше рет өзгерту керек?

2. Математикалық маятник қандай күшпен тербеледі?

3. Математикалық маятниктің тербелістері қандай жағдайда гармоникалық болады?

4. Математикалық маятниктің жүктемесі тепе-теңдік күйінен тербеле бастаса, орын ауыстыру өрнегі қалай жазылады? Серіппелі маятник туралы не деуге болады?

Мәселені шешу үлгісі

Бірінші маятниктің тербеліс периоды 3 s, ал екіншісінікі 4 s. Ұзындықтары олардың ұзындықтарының қосындысына тең маятниктің тербеліс периодын тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$T_1 = 3 \text{ s}$ $T_2 = 4 \text{ s}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}$ $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}}$ $l = l_1 + l_2 \quad T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$T = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ s} = 5 \text{ s}$ Жауап: $T = 5 \text{ s}$.
$T = ?$		

13-жаттығу

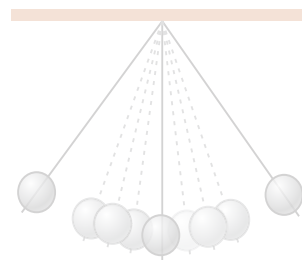


1. Математикалық маятниктің ұзындығын 16 есе кемітсе, оның еркін (меншікті) тербеліс периоды қалай өзгереді?

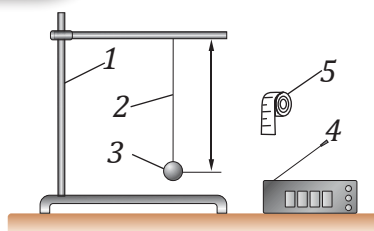
2. Маятник еркін тербелгенде, ол бір минутта 15 рет ең шеткі күйіне ауысады. Тербеліс жиілігі қандай?

3. Егер серіппе 6 N күштің әсерінен 1,5 см-ге созылса, онда ілулі тұрған массасы 1 kg жүктің тербеліс периоды қандай болады?

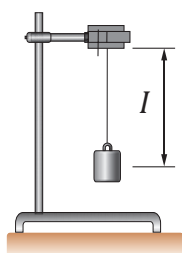
4. Серіппеге ілінген жүк 1 минут ішінде 36 рет тербелді. Тербелістердің циклдік жиілігін тап.



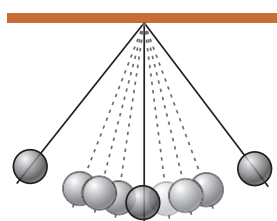
17-ТАҚЫРЫП

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС.
МАТЕМАТИКАЛЫҚ МАЯТНИК КӨМЕГІМЕН ЕРКІН
ТҮСУ ҮДЕУІН АНЫҚТАУ

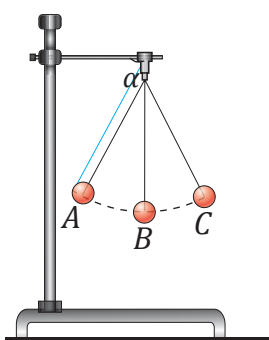
2.10-сурет



2.11-сурет



2.12-сурет



2.13-сурет

Жұмыстың мақсаты: математикалық теңдеу арқылы еркін түсу үдеуін анықтау әдісін зерттеу.

Қажетті құрал-жабдықтар: зертханалық әмбебап стенд; созылмайтын жіп; шар; секундомер; өлшеуіш таспа (2.10-сурет).

Жұмыс тәртібі

1. Жіпті штативке мүмкіндігінше ұзақ бекіт.
2. Рулетка көмегімен жіптің ұзындығын өлше. Бұл жағдайда шардың радиусы маятник жіпінің ұзындығынан әлдеқайда аз болғандықтан, оны елемеуге болады (2.11-сурет).
3. Допты тепе-теңдік күйінен кішкене (6° - 8°) бұрышқа бұрып, оны босат, содан кейін секундомерді іске қос (2.12-сурет).
4. Маятниктің алдын ала белгіленген (мысалы, 20) тербеліс санын аяқтау уақытын жаз.
5. $T = t/N$ формулалардан тербеліс периодын тап.
6. $g = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ формула бойынша еркін түсу үдеуінің сандық мәнін табыңдар.
7. Маятник жібінің ұзындығын өзгертпей, тербеліс санын $N_2=30$ және $N_3=40$ көбейту арқылы тәжірибені қайтала (2.13-сурет).
8. Алынған нәтижелерді пайдаланып, еркін түсу үдеуінің сандық мәнін анықта.
9. Алынған нәтижелер бойынша келесі кестені толтыр.
10. Абсолюттік және салыстырмалы қателерді тап.

$l_{\text{жіп}}$ (m)	N , (есе)	t , (s)	g , (m/s ²)	$\bar{g}_{\text{орт}}$ (m/s ²)	Δg , (m/s ²)	$\Delta \bar{g}_{\text{орт'}}$ (m/s ²)	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}_{\text{орт}}} 100\%$
	20						
	30						
	40						



1. Математикалық маятниктің тербеліс периоды маятник шарының массасына тәуелді болмауының себебі неде?
2. Бірдей тәжірибе Жерден басқа планеталарда жүргізілсе, нәтиже басқаша бола ма?
3. Математикалық маятниктің тербеліс периоды оның өлшемдеріне тәуелді ме?
4. Математикалық маятниктің тербеліс периоды Жер экваторында және полюсте бірдей болуы мүмкін бе?

МЕХАНИКАЛЫҚ ТОЛҚЫНДАР

18-ТАҚЫРЫП

1. Көлденең және бойлық толқындар.
2. Толқын сипаттары.

Бұлақтағы судың жағаға соғылып жатқанын байқамаймыз, бірақ көлдер мен өзендердің алабындағы судың жағаға соғылғанын байқаймыз. Неліктен?

1. Көлденең және бойлық толқындар

Біз әдетте мұхиттардың, өзендердің және теңіздердің су бетіндегі толқындарды атаймыз. Толқындар қалай пайда болады? Ортада тербеліс пайда болған кезде тербеліс ортаның бөлшектері арқылы таралады.

Механикалық тербелістердің ортада таралуын механикалық толқын деп атайды.

Толқындар тараған кезде ортаның бөлшектері қозғалмайды, бірақ бөлшектер тепе-теңдік күйінің айналасында тербеледі. Тербеліс қозғалысы мен толқындық энергия бөлшектен бөлшекке беріледі. Сондықтан барлық толқындарға зат емес, энергияның берілуі тән.

Механикалық толқындар екі түрге бөлінеді:

1. Бойлық.
2. Көлденең.

Бойлық толқындарда орта бөлшектер толқынның таралу бағытында тербеледі (2.14-сурет). Бойлық толқындарға сұйықта таралатын барлық дыбыс толқындары, ультрадыбыстық және механикалық толқындар жатады.

Көлденең толқындарда ортаның бөлшектері толқынның таралу бағытына перпендикуляр бағытта тербеледі (2.15-сурет). Көлденең толқындарға су бетіндегі толқындар, тербелмелі жіппен таралатын толқындар және электромагниттік толқындар жатады.

Газдарда тек бойлық толқындар таралады. Сұйықтың бетінде көлденең толқын, ал сұйықтың ішінде бойлық толқын таралады. Қатты денелерде бойлық толқындар да, көлденең толқындар да таралады.

2. Толқын сипаттары

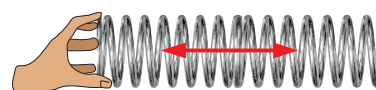
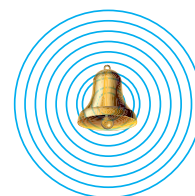
Механикалық толқындар толқын жиілігі, толқын ұзындығы, таралу жылдамдығы сияқты шамалармен сипатталады.

Толқын жиілігі – мұхит бөлшектерінің тербеліс жиілігімен түсіндіріледі.

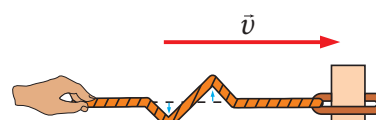
орта бөлшектерінің тербеліс жиілігімен түсіндіріледі.

Толқындағы **тербеліс периоды** толқын жиілігіне кері пропорционал шама:

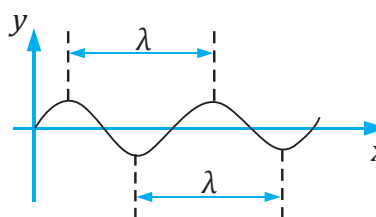
$$T = 1/\nu \quad (1)$$



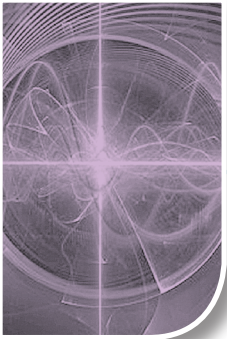
2.14-сурет



2.15-сурет



2.16-сурет



II ТАРАУ. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

Толық бір тербеліс периоды кезінде толқынның жүріп өткен қашықтығы толқын ұзындығы деп аталады. Толқын ұзындығы λ (лямбда) әрпімен белгіленеді, оның өлшем бірлігі метр.

$$\lambda = vT \quad (2)$$

$$\lambda = v/\nu \quad (3)$$

мұнда v – толқынның таралу жылдамдығы, ν – жиілік, T – период (2.16- сурет).



1. Табиғатта қандай толқындарды кездестірдіңдер?
2. Көлденең және бойлық толқындардың айырмашылығы неде?
3. Толқындар өздігінен шашыраған затты алып жүрмейді, онда су толқыны неліктен жағаға соғылады?

Мәселе шешу үлгісі

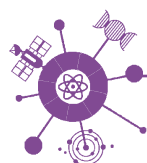
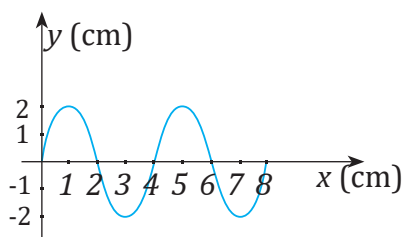
Көл бетінде пайда болған толқындар 6 m/s жылдамдықпен таралуда. Бұл жағдайда көрші толқындар арасындағы қашықтық $1,5 \text{ m}$. Ішінде қалқып тұрған пластик ыдыстың тербеліс периоды мен жиілігі неге тең?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$v = 6 \text{ m/s}$ $\lambda = 1,5 \text{ m}$	$\lambda = vT$ $\lambda = v/\nu$ $T = \lambda/\nu$ $\nu = v/\lambda$	$T = \frac{1,5 \text{ m}}{6 \text{ m/s}} = 0,25 \text{ s} \quad \nu = \frac{6 \text{ m/s}}{1,5 \text{ m}} = 4 \text{ Hz}$
$T = ? \quad \nu = ?$		Жауап: $T = 0,25 \text{ s}; \nu = 4 \text{ Hz}$.



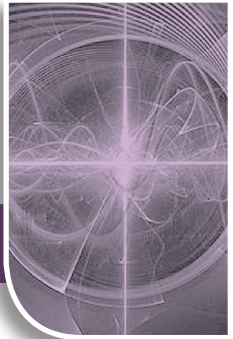
14-жаттығу

1. Балықшы суда пайда болған толқындардың арақашықтығы 6 m , ал олардың қозғалыс жылдамдығы 2 m/s екенін анықтады. Егер ол осы толқындардың әсерінен қармақтың тербеліс периодын анықтаса, қандай сан (дар) алынады?
2. Жиілігі 4 Hz тербеліс жіп бойымен 8 m/s жылдамдықпен таралады. Толқын ұзындығын (m) тап.
3. Толқынның ортада таралу периоды 10 s , ал толқын ұзындығы 5 m болса, толқынның таралу жылдамдығы қандай?
4. Серпімді ортада таралатын толқын ортаның бөлшектері 140 рет тербелгенше 70 m қашықтықты жүріп өтсе, бұл толқынның ұзындығы (m) неге тең?



Қосымша тапсырма

Сызбаға сүйене отырып толқын ұзындығын тап.



ДЫБЫС ТОЛҚЫНДАРЫ

19-ТАҚЫРЫП

1. Дыбыс не?
2. Дыбыс жылдамдығы.
3. Дыбыс шамалары.
4. Ультрадыбыстар.
5. Инфрадыбыстар.

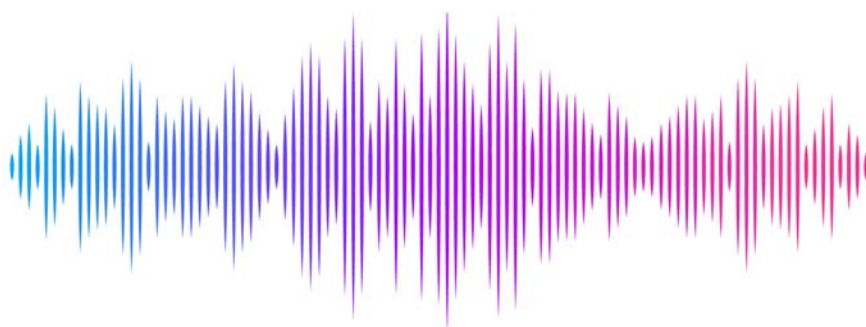
Неліктен театр ғимараттарының іші суретте көрсетілгендей салынған?



1. Дыбыс не?

Дүние әр түрлі дыбыстарға толы: сағаттардың сықыры, көліктердің гуілдері, жапырақтардың сыбдыры, құстардың сайрауы, желдің гуілдері, т.б. Дыбыс дегеніміз не және ол қалай пайда болады? Дыбыс қалай таралады (2.17-сурет)?

Дыбыстардың таралуы туралы ежелгі адамдар дыбыстардың ауада тербелетін заттардан шығатынын байқаған.



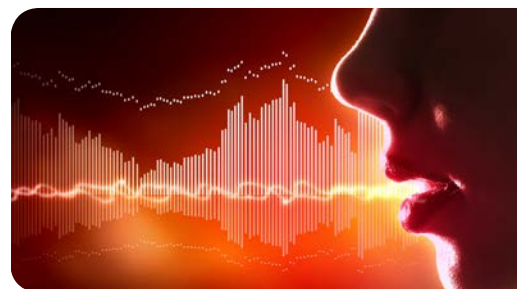
Дыбыс серпімді ортада таралатын және вакуумде тарала алмайтын серпімді механикалық толқын. Адамның құлағы қабылдайтын дыбыс толқындарының жиілігі 17-20000 Hz диапазонында. Дыбыс толқындары адамның құлағына жеткенде құлақ қалқаны тербеліп, адам дыбысты естиді.

2. Дыбыс жылдамдығы

Газдардағы дыбыстың таралуы. Газдардағы дыбыстың таралуы. Стадиондарда әр түрлі қашықтықта орналасқан радио динамиктерден немесе көрші екі үйдегі теледидарлардан шыққан бірдей дыбыс бір уақытта емес, бірінен соң бірі естілетінін байқадың ба? Аспанға атылған бұлшықеттердің алғашқы жарқырауы, содан кейін оның жарылған дыбысы ше?

Найзағай кезінде, найзағайдан кейін олардың дауысы әлдеқайда кейінірек естіледі. Демек, ауадағы дыбыстың таралу жылдамдығы жарықтың таралу жылдамдығынан әлдеқайда аз.

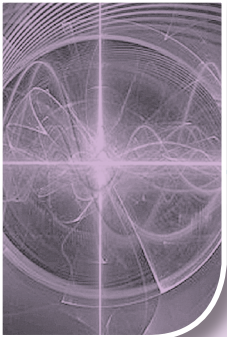
Адамдарда дыбысты қабылдауды тудыратын механикалық толқындар дыбыс толқындары деп аталады.



2.17-сурет

Дыбыс – газ тәрізді, сұйық немесе қатты ортада толқын түрінде таралатын серпімді орта бөлшектерінің тербелмелі қозғалысы.

II ТАРАУ. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР



Камертонды 1711 жылы ағылшын музыканты Дж. Шор ойлап тапқан және музыкалық аспаптарды шалуға пайдаланған. Камертон ортасында тұтқасы бар екі жақты бұтақты металл стерженнен тұрады.

Камертонның бұтағына резеңке таяқ тиген кезде белгілі бір дыбыс естіледі. Ол камертоннан шығатын дыбысты күшейту үшін ағаш жәшікке орнатылған. Бұл қораптың қызметі резонатор, яғни дыбыс күшейткіш болып табылады. Адамның ауызы – камертон сияқты. Егер тіл тербелмелі дене болса, ауыз қуысы мен тамақ резонатор қызметін атқарады (2.18-сурет). Белгілі бір жиіліктегі дыбыс шығаратын аспап камертон деп аталады.



2.18-сурет

Ауа 0 °C температурада дыбыстың таралу жылдамдығы шамамен $v = 330 \text{ m/s}$ құрайды. Дыбыс толқындарының таралу жылдамдығы ортаның түріне, ортаның күйіне және температурасына байланысты. Дыбыстың ауада таралу жылдамдығын алғаш рет 1636 жылы француз ғалымы М.Мерсен өлшеген. 20 °C ауа температурасы кезінде толқынның таралу жылдамдығы 343 m/s тең болды. Ауа температурасы көтерілген сайын дыбыс жылдамдығы артады.

Дыбыстың сұйықтарда таралуы. Дыбыс толқындары сұйықтарда да, газдарда да таралады. Бірақ дыбыстың таралу жылдамдығы әр түрлі ортада әртүрлі. Мұның себебі - қоршаған орта бөлшектерінің сирек немесе тығыз орналасуы. Сұйықтар газдарға қарағанда тығыз болғандықтан, дыбыс сұйықтықтарда жылдамырақ таралады. Сонымен қатар, сұйықтықтағы дыбыс жылдамдығы сұйықтықтың құрамына байланысты. Судағы дыбыс жылдамдығын алғаш рет 1826 жылы Швейцариядағы Женева көлінде Дж.Колладон мен Ю.Штурм өлшеген. Судың температурасы 8°C, дыбыс жылдамдығы 1440 m/s болды.

Қатты денелерде дыбыстың таралуы. Қатты денелердің тығыздығы газдардың немесе сұйықтардың тығыздығынан үлкен болғандықтан, қатты денелерде дыбыс одан да үлкен жылдамдықпен таралады. Мысалы, темірде 20 °C температурада дыбыстың таралу жылдамдығы 5850 m/s-қа тең.

Газдар мен сұйықтардан айырмашылығы, бойлық және көлденең толқындар қатты денелерде таралады. Дыбыстың бойлық жылдамдығы: Көлденең толқынның таралу жылдамдығы:

$$v_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

формуламен есептеледі:

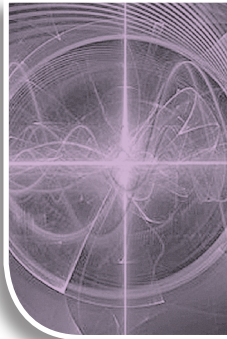
$$v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Мұндағы E – орта үшін Юнг модулі, ал G – орын ауыстыру модулі. Қатты денелердегі бойлық толқындардың таралу жылдамдығы көлденең толқындардың таралу жылдамдығынан екі есе дерлік жоғары, өйткені $E > G$.

Дыбыс толқындары қай ортада таралатынына қарамастан бойлық толқындар болып табылады.

3. Дыбыс шамалары

Дыбыс қаттылығы. Дыбыс қаттылығы дыбыс амплитудасы арқылы өлшенеді. Дыбыста энергия бар. Дыбыс қаттылығы 1858 жылы неміс физиктері В.Вебер мен Г.Фехнер ұсынған заң негізінде Бел ретінде анықталады. Бұл қондырғы телефонды ойлап тапқан А.Белдің атымен аталған болып, **Бел, Децибел (dB)** арқылы өлшенеді. Адам құлағының ауырсыну шегі 130 dB (1 dB = 0,1 B) деп қабылданған.



Сәйкесінше, баяу сөйлесудің қаттылығы – 40 dB, шу – 80 dB, ұшақтыкі – 110-120 dB.

Дыбыс биіктігі. Дыбыс биіктігі дыбыстың жиілігіне байланысты. Ер адам дыбыснан әйел адам дыбысының жиілігі біршама ерекшеленеді.

Дыбыс тембрі. Бұл дыбыс тербелістерінің жиілік таралуын және дыбыс тазалығын сипаттайтын шама. Мысалы, бір нотада ән айтатын әншілердің тембрлері әртүрлі болады, өйткені олар әр түрлі энергияны пайдаланады. Ер адамдар шығаратын негізгі тонға байланысты олардың дауыстары «Бас» (80-350 Hz), «Баритон» (110-400 Hz), «Тенор» (230-520 Hz және «Сопрано» (260 Hz) болып жіктеледі. -1050 Hz), әйелдердің «Контральтосы». (170-780 Hz), «Мессо-сопрано» (200-900 Hz) және «Колоратор сопрано» (260-1400 Hz).

4. Ультрадыбыстар

Жиілігі 20000 Hz жоғары дыбыс толқындары ультрадыбыс деп аталады.

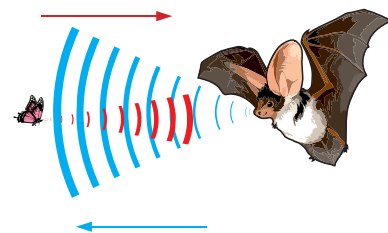
Ультрадыбысты (лат. ультра - жоғары, шектен тыс) адам құлағы қабылдамайды. Бірақ кейбір жануарлардың сезім мүшелері ультрадыбыс көмегімен жұмыс істейді. Мысалы, аралар, дельфиндер және жарғанаттар сияқты жануарлар кедергілерді анықтау немесе олжа табу үшін ультрадыбыстық зерттеуді пайдаланады. Ол ультрадыбыстық технологияда да кеңінен қолданылады. Мысалы, заттардың физикалық қасиеттерін зерттеуде, объектілерді механикалық өңдеуде, эхолокацияда, медицинада және басқа салаларда (2.19-сурет). Эхолокацияның көмегімен объектілердің орналасуы немесе оларға дейінгі қашықтық анықталады. Ол үшін көзден жіберілген және денеден қайтарылған ультрадыбыс қабылданады (2.20-сурет). Ультрадыбыстың денеге жету уақыты (t). Денеге дейінгі қашықтық - (s) былай анықталады:

$$s = \frac{vt}{2}.$$

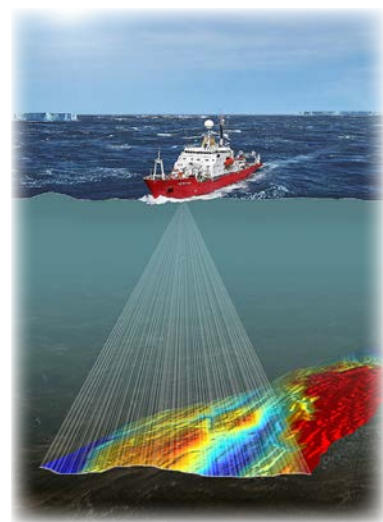
5. Инфрадыбыс

Жиілігі 17 Гц-тен аз серпімді толқындар инфрадыбыс деп аталады.

Инфрадыбыс (лат. infra – төменгі, төмен,) – адам құлағы естілмейтін төмен жиілікті серпімді толқындар. Инфрадыбысты қоршаған орта өте нашар сіңіреді, сондықтан ол ауа, су және жер беті арқылы өте ұзақ қашықтыққа жүреді. Инфрадыбыстың бұл қасиеттері атмосфераның жоғарғы қабаттарын, жер қыртысын зерттеуге, күшті жарылыстың қашықтығын және теңіздердегі күшті толқындар көзінің қашықтығын анықтауға қолданылады (2.21-сурет).



2.19-сурет



2.20-сурет



2.21-сурет

II ТАРАУ. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР



1. Дауыстың қаттылығы неге байланысты?
2. Дыбыс биіктігі неге байланысты?
3. Дыбыс толқындарының пайда болуын түсіндір, оларды қандай шамалар сипаттайды?
4. Толқын арқылы қандай шама өтеді?

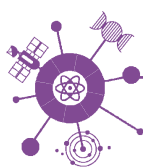
Мәселені шешу үлгісі

Жартастың алдында тұрған бала оның дауысының жаңғырығын 2 секундтан кейін естіді. Баладан тасқа дейінгі қашықтық қандай?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$v = 340 \frac{m}{s}$ $t = 2 s$ $s = ?$	$s = \frac{vt}{2}$	$s = \frac{340 \frac{m}{s} \cdot 2s}{2} = 340 m$ Жауап: $s = 340 m$.

**15-жаттығу**

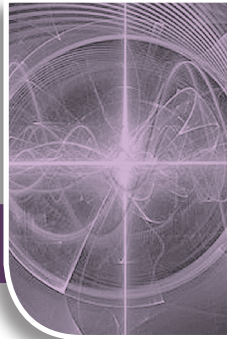
1. Сонар сигналы 1,6 секундтан кейін қабылданса, теңіздің тереңдігі (km) қанша болады? Судағы дыбыс жылдамдығы 1500 m/s.
2. Дыбыс ауадан суға таралады. Оның жиілігі қалай өзгереді? Дыбыстың судағы жылдамдығы 1480 m/s, ауада 340 m/s.
3. Екі вокзалдың арасы 8,3 km. Дыбыс бір станциядан екінші станцияға темір жол арқылы қанша уақытта жетеді? (20 °C температурада болаттағы дыбыс жылдамдығы 5100 m/s).

**Қосымша тапсырма**

1. Шыны ыдысқа электр қоңырау салынған. Ыдыс ішіндегі ауа ауа сорылғаннан кейін электр қоңырау дыбысы тоқтады. Неге дыбыс естілмей қалды?



2. Көрермендерсіз залдағы дыбыс көрермендер толған кездегіге қарағанда қаттырақ естіледі, неліктен? Себебін түсіндір.



ЕСЕПТЕР ШЕШУ

20-ТАҚЫРЫП

Мәселені шешу үлгісі

1. Дене $x = A \cos(\omega t)$ теңдеуіне сәйкес тербеледі. Егер тербелмелі дене 0,8 s ішінде 50 см қозғалса, тербелістің амплитудасын, периоды мен жиілігін тап. $\omega = 2,5\pi \text{ s}^{-1}$ деп ал.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$x = A \cos(\omega t)$ $x = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ $\omega = 2,5 \pi \text{ s}^{-1}$	$A = \frac{x}{\cos(\omega t)}$ $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$	$T = \frac{2\pi}{2,5\pi} \text{ s} = 0,8 \text{ s}.$ $\nu = \frac{2,5\pi}{2\pi} \cdot \frac{1}{\text{s}} = 1,25 \text{ s}^{-1} = 1,25 \text{ Hz} ;$ $A = \frac{0,5 \text{ m}}{\cos\left(2,5\pi \frac{1}{\text{s}} \cdot 0,8 \text{ s}\right)} = 0,5 \text{ m}$ $\cos 2\pi = 1$ Жауап: $T = 0,8 \text{ s} ; \nu = 1,25 \text{ Hz} ; A = 0,5 \text{ m}.$
$T = ? \nu = ? A = ?$		

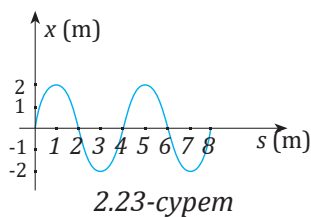
2. Серіппеге массасы m жүк бекітіліп, оны босатқанда ол 9 см-ге созылып, дірілдей бастайды. Серіппенің тербеліс периоды тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$\Delta x = 9 \text{ cm} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$	$F = -kx;$ $F = P = m g$ $k\Delta x = mg$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta x}{g}}$	$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 0,6 \text{ s}$ Жауап: $T = 0,6 \text{ s}.$
$T = ?$		

3. Көлдегі су бетіндегі толқын 6 m/s жылдамдықпен таралады. Толқын ұзындығы 3 m болса, оның тербеліс периоды мен жиілігін тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$v = 6 \text{ m/s}$ $\lambda = 3 \text{ m}$ $T = ? \nu = ?$	$\lambda = vT$ $\lambda = \frac{v}{\nu} \quad T = \frac{\lambda}{v}$ $\nu = \frac{v}{\lambda}$	$T = \frac{3 \text{ m}}{6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,5 \text{ s} \quad \nu = \frac{6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \text{ m}} = 2 \text{ Hz}$ Жауап: $T = 0,5 \text{ s}, \quad \nu = 2 \text{ Hz}$

II ТАРАУ. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР



4. 2.23-суретте бейнеленген толқынның ұзындығын (m) анықтаңдар.

Есептеу: бұл жағдайда көршілес екі шеңбердің арақашықтығы толқын ұзындығына тең. Суреттен көріп тұрғандай толқын ұзындығы 4 m.

16-жаттығу



1. Қатаңдығы 250 N/m серіппеге ілінген дене 16 s ішінде 20 рет тербелді. Заттың массасын тап (kg).

2. Екі математикалық маятникке ілінген жүктер бір уақытта біреуі 10 рет, екіншісі 30 рет дірілді. Маятниктердің жіптерінің ұзындықтарының қатынасы неге тең?

3. Тербеліс периоды 2 s тең болғанда маятник жіпінің ұзындығы қандай болады?

4. Дене X осінің бойымен $x = 0,06\sin(3\pi t)$ (m) заңы бойынша тербеледі. Дененің тербеліс амплитудасын, периодын және жиілігін тап.

5. Қатаңдығы 160 N/m серіппеге ілінген массасы 400 g жүктің тербеліс жиілігін тап.

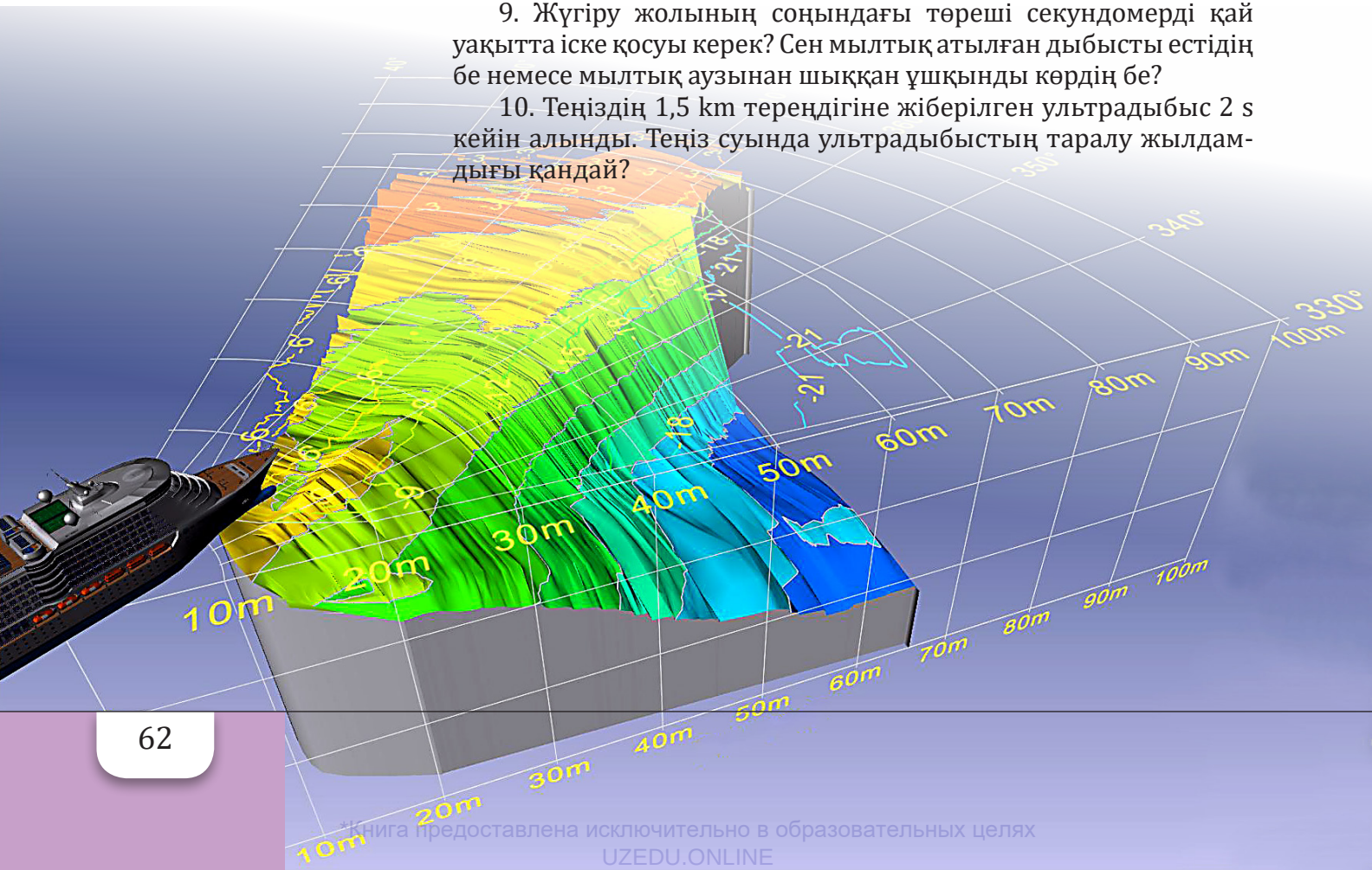
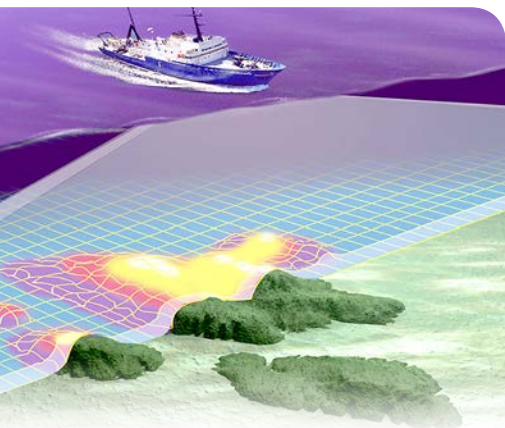
6. Найзағай кезінде адам найзағайдан 15 s кейін күркіреген күннің күркіреген дыбысын естіді. Найзағай одан қаншалықты алыс болды? Дыбыстың ауадағы жылдамдығы 340 m/s.

7. Дыбыс шағылыстыратын кедергіге дейінгі қашықтық 68 m. Адам жаңғырықты қанша уақыттан кейін естиді?

8. Эхосонатордың көмегімен теңіз тереңдігін өлшегенде, ультрадыбыстық сигнал 0,6 s кейін қабылданса, кеме астындағы теңіз тереңдігі қанша метрге тең? Дыбыстың судағы жылдамдығы 1500 m/s.

9. Жүгіру жолының соңындағы төреші секундомерді қай уақытта іске қосу керек? Сен мылтық атылған дыбысты естідің бе немесе мылтық аузынан шыққан ұшқынды көрдің бе?

10. Теңіздің 1,5 km тереңдігіне жіберілген ультрадыбыс 2 s кейін алынды. Теңіз суында ультрадыбыстың таралу жылдамдығы қандай?

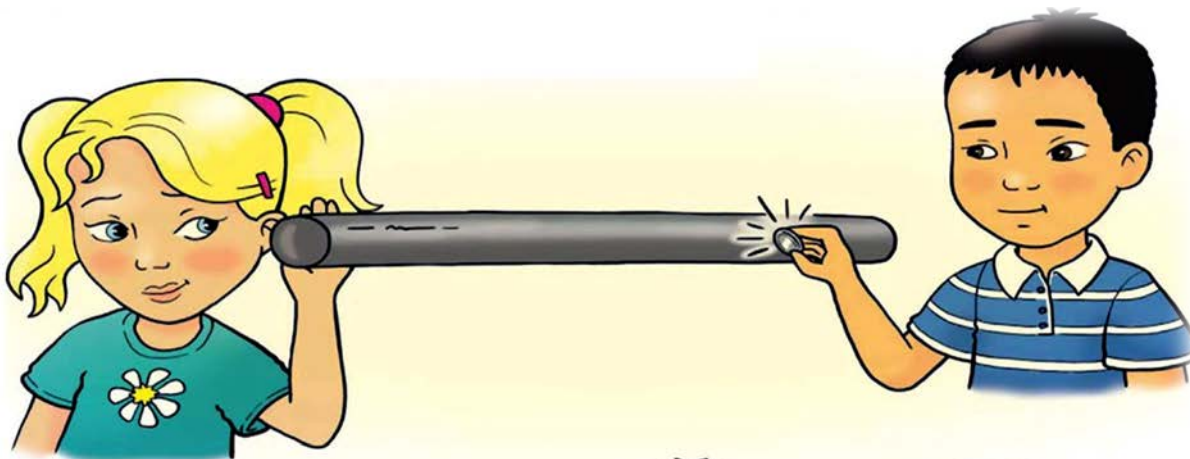




II ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ЛОГИКАЛЫҚ ТАПСЫРМАЛАР



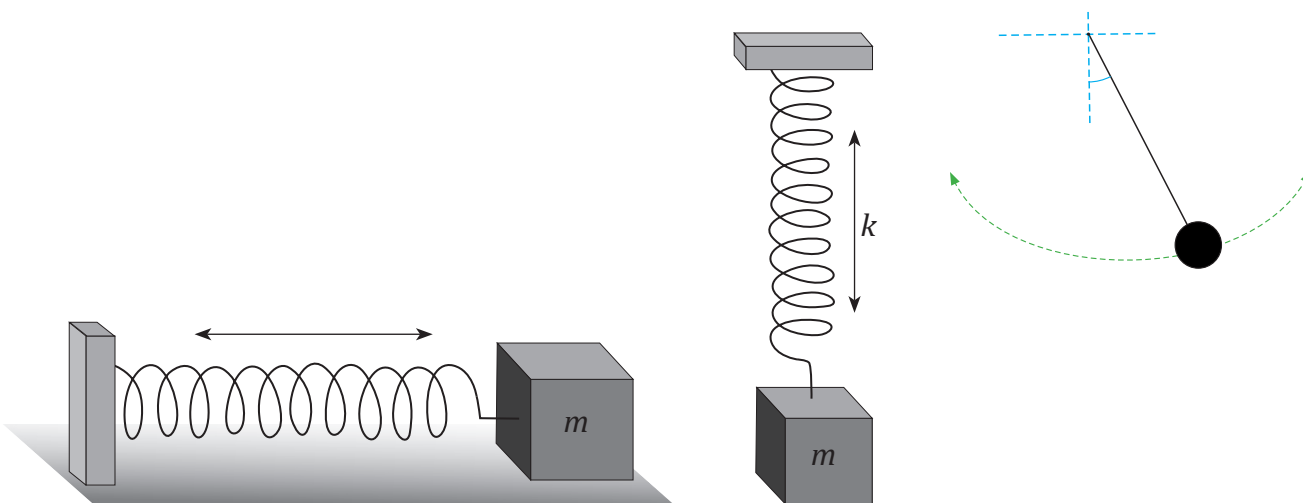
1. Неліктен алдыңғы орындықтардың билеттері қымбат, ал артқы орындықтардың билеттері арзан сатылады?



2. Бұл суретте бала теңгемен металл құбырды күшсіз ұрғанда қыз қандай жағдайда дыбысты күштірек естиді?



3. Суреттердегі тербелмелі денелердің қозғалысын сипаттайтын физикалық шамаларды сыз.



II ТАРАУ. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

II ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ТАПСЫРМАЛАР

1. Материалдық нүктенің тербеліс амплитудасы 4 см болса, бір толық тербеліс кезінде оның жүріп өткен жолы (см) қандай?

2. Дене 2 минутта 60 рет дірілді. Тербеліс жиілігі қандай (Hz)?

3. Математикалық маятниктің ұзындығы 4 есе артқанда оның тербеліс периоды қалай өзгереді?

4. Математикалық маятник Жерден Айға жылжытылған кезең қандай өзгере ме? $g_{\text{ай}} = 1,6 \text{ m/s}^2$, $g_{\text{жер}} = 10 \text{ m/s}^2$.

5. Егер амплитудасы $A = 10 \text{ cm}$, жиілігі $\nu = 2 \text{ Hz}$ және уақыт басындағы нүктенің орын ауыстыруы ең үлкен (максимум) болса, гармоникалық тербеліс теңдеуін жаз.

6. Материалдық нүктенің тербелісі $x = 0,05 \cos t$ теңдеуімен берілген. Тербелістердің периоды мен амплитудасын тап.

7. Нүктелік жиілігі $\nu = 10 \text{ Hz}$ гармоникалық тербеліс қозғалады. Бастапқы момент ретінде қарастырылған сәтте нүктенің максималды жылжуы $x_m = 1 \text{ mm}$ -ге жетті. Нүктенің қозғалыс теңдеуін жаз және оның графигін сал.

8. Ішек жіптің нүктесі амплитудасы 1 mm және жиілігі 1 kHz тербеледі. Бұл нүкте 0,2 s ішінде қанша жол (cm) жүреді?

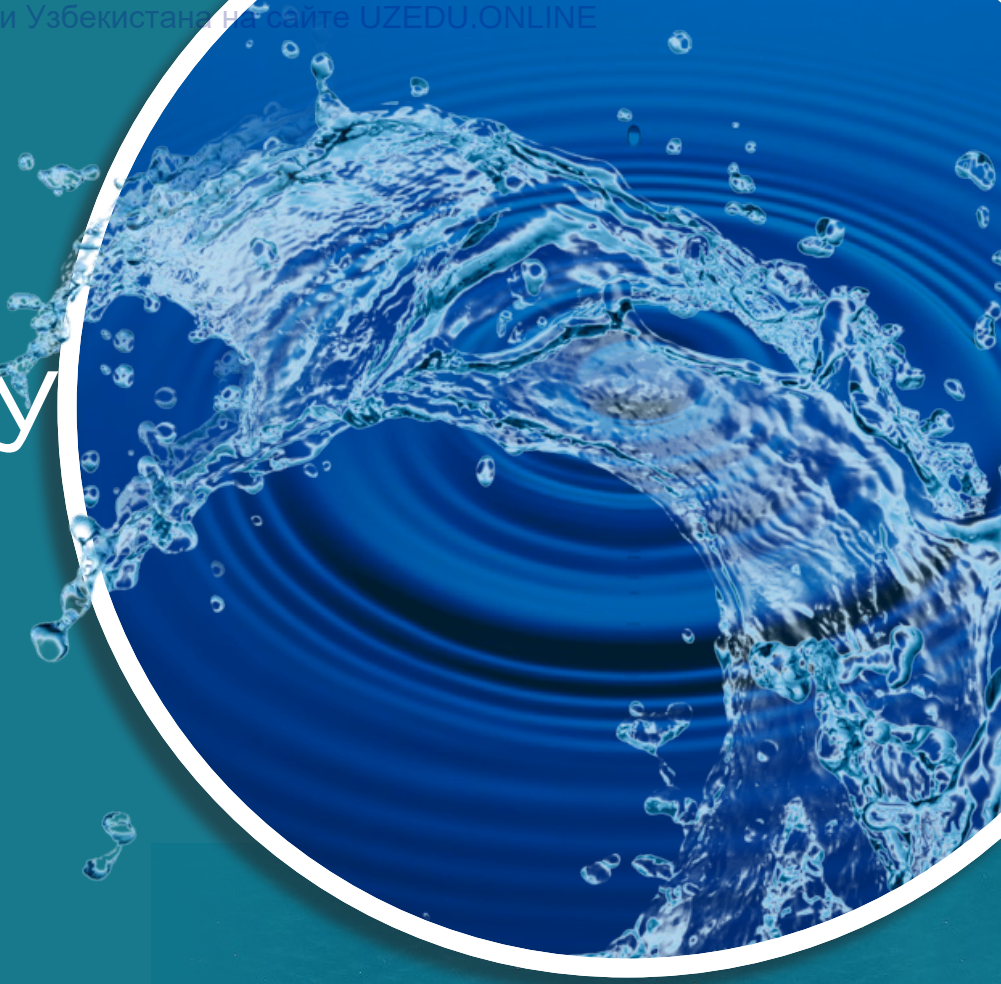
9. Көлденең толқынның бірінші және бесінші толқындарының арақашықтығы 40 m. Толқын ұзындығын (cm) тап. Дыбыс толқындары қандай жиілік диапазонын алады?

10. Егер көлденең толқын жіңішке серпімді сымның бойымен $\nu = 15 \text{ m/s}$ жылдамдықпен және $T = 1,2 \text{ s}$ периодымен таралса, толқынның ұзындығын тап.

11. Балықшы қармақ толқында 10 s ішінде 20 рет тербетінін байқады. Көршілес толқындар арасындағы қашықтық 1,2 m. Толқындардың таралу жылдамдығы қандай?



III ТАРАУ



ГИДРОДИНАМИКА ЖӘНЕ АЭРОДИНАМИКА

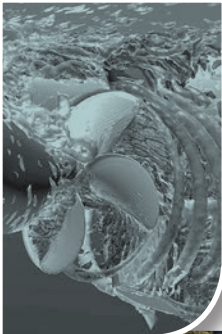
Сіз бұл тарауда келесі тақырыптар бойынша ақпарат аласыз:

- сұйықтық және газдар қозғалысы;
- қозғалыстағы газ және сұйықтық қысымының жылдамдығына байланыстылығын технологияда қолдану.



21-ТАҚЫРЫП

СҰЙЫҚТЫҚ ПЕН ГАЗДАРДЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ



1. Ламинарлық ағыс.
2. Турбулентті ағыс.
3. Ағыстың үздіксіздігі.
4. Қозғалатын сұйықтықтардағы немесе газдардағы қысымның таралуы.

Қалай ойлайсыңдар даңғылдардағы субұрқақ (фонтан) қалай жұмыс істейді?

Табиғатта сұйықтықтардың бір орында тұрып немесе қозғалыста болғанын көп көрдік. Төменгі сыныптарда су мен газдардың ыдыс қабырғасына түсіретін қысымын зерттедік.

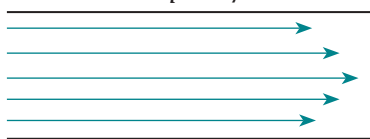
Сұйықтар мен газдардың қозғалыс күйі олардың тыныштық күйінен ерекшеленеді. Бұған сенімді болу үшін ағындағы суды бақылап көрейік. Су баяу немесе жылдам ағуы мүмкін. Бұл екі жағдайда су ағыны әртүрлі болады. Біз бұл жағдайларды бөлек зерттейміз.

1. Ламинарлық ағыс

Кең арықтарда немесе өзендерде баяу ағып жатқан судың шеттері мен ортаңғы бөліктері бөлек қабаттасып ағады. Мұны біз су бетінде ағып жатқан таяқтардың қозғалысынан байқадық.

Сұйықтардың немесе газдардың қабат-қабат ағыны ламинарлық ағыс деп аталады.

Ламинарлық ағыс



3.1-сурет

Ламинарлық (лат. *lamina* – пластинка, қабат) ағыста сұйық немесе газ бөлшектері бір-бірінің жолдарын кесіп өтпей түзу бағытта ағып өтеді. Сондықтан сұйықтық немесе газ қабаттары басқа қабаттардың қозғалысына әсер етпейді (3.1-сурет). Түтікте сұйық немесе газ ағып жатқанда, сұйықтықтың немесе газдың түтік қабырғаларына үйкелісінің әсерінен қабаттардың жылжуы түтіктің ортаңғы бөлігінде жылдамырақ, ал сыртқы бөліктерінде баяу жүреді. Бұл жағдай ламинарлық ағыстың қабаттарының бір-бірінен бөлек ағуына әкеледі. Ламинарлық ағыстың мысалдарына біздің тамырлардағы қан ағыны, ағаш діңіндегі капиллярлар бойымен судың көтерілуі, баяу соққан жел және осыған ұқсас құбылыстар жатады.

2. Турбулентті ағыс

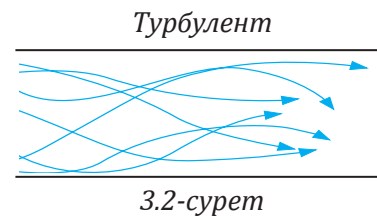
Сұйықтық немесе газ жылдам ағып кеткенде оның бөліктері жеке қабат түрінде емес, құйынды яғни кесек түрінде қозғалыстар жасайды. Мұндай ағын процесі турбулентті ағыс деп аталады.



Сұйықтықтардың немесе газдардың құйынды құрайтын кесек күйде ағуы *турбулентті* ағыс деп аталады.

Турбулентті (лат. *turbulentus* – күшті, ретсіз) ағыста сұйық немесе газ бөлшектері әр түрлі бағытта ретсіз қозғалады. Осыған байланысты сұйық немесе газдың жеке қабаттары бір-бірімен әрекеттеседі (3.2-сурет).

Теңіз, өзен және мұхит торнадоларындағы турбулентті ағысты, құмды шөлдердегі құмды дауылдарды, құйындыларды, атмосферадағы ыстық және суық ауа ағындарының алмасуынан пайда болатын екпінді екпінділерді және осыған ұқсас құбылыстарды байқауға болады.



3. Ағыстың үздіксіздігі

Түтіктердегі сұйықтықтың немесе газдың ағысын зерттейік. Сұйықтық немесе газ бен түтік қабырғасы арасындағы үйкеліс өте аз болуы керек. Бұл жағдайда үйкелісті есепке алмаймыз, сондықтан түтіктің көлденең қимасының барлық нүктелерінде ағыс жылдамдығы бірдей болады. Сығылмайтын сұйықтық көлденең қималары әртүрлі түтік арқылы өтеді ағысының жылдамдығы неге байланысты екенін анықтаймыз. 3.3-суретте көрсетілген құбырдың S_1 сұйық v_1 бетінің ауданына жылдамдықпен кіреді және S_2 беттік бөлігінен v_2 жылдамдықпен шығады. Белгілі бір уақытта Δt S_1 бетінен массасы m_1 сұйық, ал S_2 бетінен массасы m_2 сұйық ағады. Сұйықтық сығылмайтын болғандықтан, ол түтіктің бір жерінде жиналмайды, ал Δt бірдей уақыт интервалында түтіктің ерікті көлденең қимасы арқылы өтетін сұйықтықтардың массасы тең. Яғни: $m_1 = m_2$. Сұйықтықтың массасы оның тығыздығы болып табылады ρ және көлмі V арқылы өрнектеліп, ($m = \rho V = \rho S v \Delta t$), келесі теңдеуді құрастырамыз:

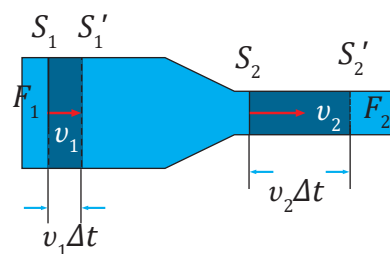
$$\rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \rho_2 S_2 v_2 \Delta t$$

мұнда $\rho_1 = \rho_2$ болғаны үшін

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \quad (1)$$

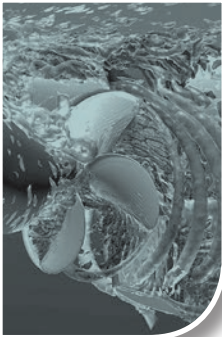
теңдеуін аламыз.

Бұл теңдеу сұйықтық ағысының үздіксіздік теңдеуі деп аталады. Су түтігінен суды шашыратқанда, суды алысырақ шашу үшін шлангтың ұшы қысылады. Содан кейін су жоғары жылдамдықпен шығады.



3.4-сурет

Көлденең қимасының ауданы басқа түтікте ағып жатқан сығылмайтын сұйықтықтың жылдамдығының сандық мәні сұйықтықтың көлденең қимасының ауданына кері пропорционал. Бұл *сығылмайтын сұйықтық үшін ағыстың үздіксіздігі* деп аталады.



III ТАРАУ. ГИДРОДИНАМИКА ЖӘНЕ АЭРОДИНАМИКА

4. Қозғалатын сұйықтықтардағы немесе газдардағы қысымның таралуы

Ағып жатқан сұйықтықтың ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы сұйықтықтың ағу жылдамдығына байланысты. Мұны тәжірибеде байқауға болады. Үстіңгі бөліктерге жұқа өлшегіш түтіктер жалғанған, беттері әртүрлі түтік бойымен сұйықтықтың ағуын байқаймыз (3.5-сурет). Сұйықтықтың біркелкі ағынында сұйықтық әрбір өлшеу түтігінің бойымен көтеріледі. Сұйық бағандардың биіктігіне байланысты құбыр қабырғаларына сұйықтық түсіретін қысымды анықтауға болады. Тәжірибе көрсеткендей, түтіктің кең бөлігіндегі қысым оның тар бөлігіне қарағанда көп. Сұйықтық ағынының үздіксіздігі теңдеуіне сәйкес түтіктің кең бөлігінде ағыстың жылдамдығы аз, ал тар бөлігінде үлкен. Сұйықтық қысымының ағыс жылдамдығына тәуелділігінің математикалық өрнегін Д.Бернулли 1738 ж.

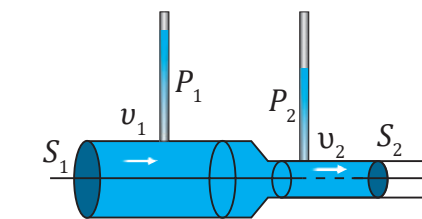
Бернулли теңдеуі:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (2)$$

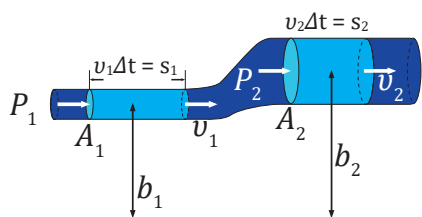
$$\text{немесе } p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const} \quad (3)$$

Мұнда p – статикалық қысым, ρgh – сұйықтықтың гидростатикалық қысымы, $\frac{\rho v^2}{2}$ – сұйықтық ағысының гидродинамикалық қысымы.

Бернулли теңдеуі бойынша сұйықтық ағып жатқан түтіктің кең бөлігінде гидродинамикалық қысым аз, ал гидростатикалық қысым үлкен. Сондықтан жоғарыда келтірілген тәжірибеде (3.6-сурет) ыдыстың кең бөлігіне қойылған түтік тар бөлікке қойылған түтікке қарағанда үлкен қысым көрсетеді.



3.5-сурет



3.6-сурет



Даниэль Бернулли
(1700–1782)

Мәселені шешу үлгісі

1. Көлденең қимасы 50 cm^2 құбырдың қимасында ағып жатқан судың жылдамдығы 4 m/s болса, 10 cm^2 қимадағы судың жылдамдығын анықта.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$S_1 = 50 \text{ cm}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $S_2 = 10 \text{ cm}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $v_1 = 4 \text{ m/s}$ $v_2 = ?$	$S_1 v_1 = S_2 v_2$ $v_2 = \frac{S_1 v_1}{S_2}$	$v_2 = \frac{50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Жауап: $v_2 = 20 \text{ m/s}$.



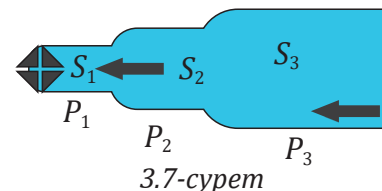
17-жаттығу



1. Бүріккіш пистолеттен сұйық бояу 25 m/s жылдамдықпен ағып жатса, компрессор бүріккіш пистолетте қандай қысым жасайды? Бояудың тығыздығы $0,8 \text{ g/cm}^3$ -қа тең.

2. Бір құбырдан екінші құбырға өткенде сұйықтықтың шығыны $2,8$ есе артса, құбырдың көлденең қимасының беті қалай өзгередінін анықта.

3. 3.7-суретте көрсетілгендей, қосылған су ағып жатқанда К шүмегі жабылады. Бұл жағдайда құбырдың әр түрлі диаметрлі аймақтарындағы қысымдар арасында $p_1 = p_2 = p_3$ қатынасы қалыптасты. Су ағып жатқан кезде бұл қысымдар арасында қандай байланыс болды?



4. Мұнай ұңғымадан диаметрі 60 mm құбыр арқылы көтеріледі. Егер сағат сайын $9,12$ тонна мұнай көтерілсе, мұнай шығынының жылдамдығын тап. Мұнайдың тығыздығы 800 kg/m^3 .



1. Сұйықтың динамикалық қысымы дегенді қалай түсінесің?
2. Сен тұратын жерде сулардың ағстарын сипаттап бер.
3. Жылдамдық артқанда сұйықтықтың қысымы неге төмендейді?



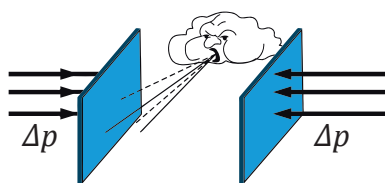
22-ТАҚЫРЫП

ҚОЗҒАЛЫСТАҒЫ ГАЗ БЕН СҰЙЫҚТЫҚ ҚЫСЫМЫНЫҢ ЖЫЛДАМДЫҚҚА ТӘУЕЛДІЛІГІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯДА ҚОЛДАНЫЛУЫ

1. Ұшақтың қанатын көтеретін күш.
2. Магнус эффектісі.
3. Ыдыстағы саңылаудан шығатын сұйықтықтың жылдамдығын есептеу.



Неліктен жылдам жүретін пойыздың жанында тұру қауіпті? Жауабыңды түсіндір.



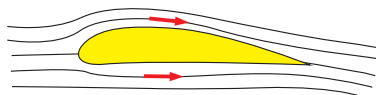
3.8-сурет

Сұйықтық қозғалыс кезіндегі қысымның тыныштықтағы мен салыстырғанда өзгеруі туралы білдік. Қысымның бұл өзгерісі динамикалық қысымға, сұйықтықтың немесе газдың жылдамдығына тәуелді екенін білу үшін келесі тәжірибені жасайық. Екі парақ қағазды алып, оларды тік ұста. Содан кейін қағаздың арасын үрлейміз (3.8-сурет). Содан кейін қағаздар бір-біріне жақындай түседі. Оның себебі, үрлеу нәтижесінде қағаздар арасындағы ауа қозғалып, олардың арасындағы қысым төмендейді. Қағаздың сыртқы жағындағы қысым ішкі қысымнан жоғары болғандықтан, қысу күші пайда болады. Бір бағытта келе жатқан екі кемелің кейде себепсіз соқтығысқаны байқалды. Мұның себебі екі қағаз парағының арасында үрлеу кезінде пайда болатын қысым айырмашылығына ұқсас.

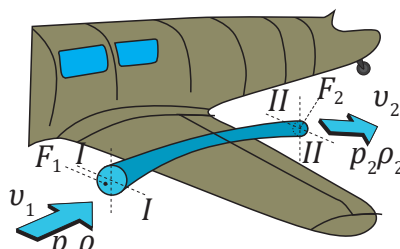
1. Ұшақтың қанатын көтеретін күш

Ұшақтардың ұшуы қанаттардың ерекше құрылымына байланысты (3.9-сурет). Ұшақтың қанаты сүйір тәрізді болады. Қанатқа соққан жел екі ағынға бөлінеді. Қанаттың төменгі және жоғарғы жақтарымен өтетін жел ағындары қанаттан өткеннен кейін бір уақытта кездеседі. Желдің жоғарғы жағында жүруі керек жол төменгі жолдан үлкен болғандықтан, жоғарғы жағындағы жел жылдамдығы төменгі жағындағы жел жылдамдығынан үлкен мәнге ие болады. Бернулли теңдеуіне сәйкес қанаттың жоғарғы бөлігіндегі статикалық ауа қысымы (p_1) кішірек, ал төменгі бөлігіндегі қысым (p_2) үлкен. Қанаттың төменгі және жоғарғы бөліктеріндегі $F_1 = p_1 S_1$ және $F_2 = p_2 S_2$ қысым күштері әр түрлі мәндерге ие, олар төменнен жоғарыға бағытталған нәтижелік қысым күшін тудырады. Бұл нәтижелі қысу күші:

Мұнда жылдамдық жоғары, қысым болса төмен болады



3.9-сурет



3.10сурет



$$F_k = p_2 S_2 - p_1 S_1$$

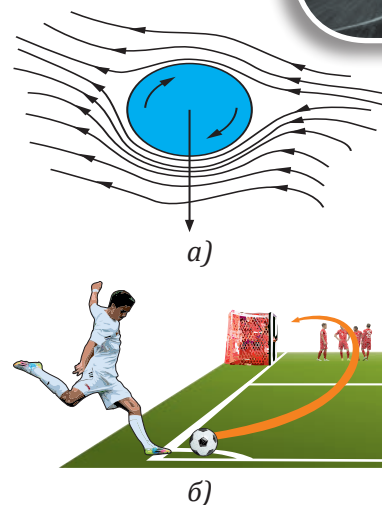
ұшақты көтеруші күш қызметін атқарады (3.10-сурет).

2. Магнус эффектісі

Футбол алаңында бұрыштан тепкен доп дұрыс бағыттан ауытқып, қақпаға кіргенін көрдік. Шебер ойыншылардың допты соғуы нәтижесінде алға жылжумен қатар айналмалы қозғалыс жасайды. Шар айналғанда оның сол және оң жағынан ағып жатқан ауаның жылдамдығы өзгеріп, қысым айырмашылығы пайда болады. Қысым айырмашылығы допты қақпаға қарай бұрады (3.11-сурет).

Айналмалы дененің айналасында сұйық немесе газ ағып жатқанда болатын физикалық құбылыс **Магнус эффектісі** деп аталады.

Бұл жағдайда тоққа перпендикуляр денеге әсер ететін күш болып табылады. Осыған байланысты қозғалатын дене бір бағытта ауытқиды. Бұл әсерді 1853 жылы неміс физигі Генрих Магнус ашты.



3.11-сурет

3. Ыдыстағы саңылаудан шығатын сұйықтың жылдамдығын есептеу

Бір жағында саңылауы бар ыдысқа сұйықтық құйылғанда, сұйықтықтың саңылаудан қаншалықты жылдам шығатынын анықтайық. Саңылау сұйықтық деңгейінен h тік қашықтықта орналассын (3.12-сурет). Саңылаудың беті ыдыстың көлденең қимасының ауданынан әлдеқайда аз болғандықтан, ыдыстағы сұйықтық бетінің төмендеу жылдамдығы сұйықтықтың саңылаудан шығу жылдамдығынан әлдеқайда аз. Сондықтан сұйық бетінің жылдамдығын есепке алмаймыз. Ыдыстағы сұйықтықтың бетіндегі қысым p_0 атмосфералық қысымға тең. Сұйықтықтың шығуындағы қысым да p_0 атмосфералық қысымға тең. Саңылаудан сұйықтықтың шығу жылдамдығын v арқылы белгілей отырып, Бернулли теңдеуін осы екі орынға қолданамыз:

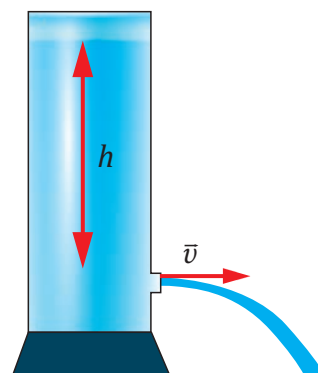
$$p_0 + \rho \frac{v_1^2}{2} = p_0 + \rho gh \text{ формуладан:}$$

$$v = \sqrt{2gh} \text{ пайда болады.}$$

Бұл идеалды сұйықтықтың *Торричелли формуласы* деп аталады.



Генри Густав Магнус
(1802–1870)



3.12-сурет

1. Магнус эффектісін тағы қандай жерлерде қолдануға болады?

2. Батпырауық қандай күштердің әсерінен көтеріледі?

3. 3.12-суреттегі ыдыстан шыққан сұйықтықтың жылдамдығы саңылау бетіне тәуелді ме?

Зертханалық жұмыс. Дененің сұйықтық немесе газдардағы қозғалысына негізделген құрылғылар жасау (оқушылар өзіндік орындайды).



23-ТАҚЫРЫП

ЕСЕПТЕР ШЕШУ

Мәселелерді шешу үлгілері

1. Егер жарты сағатта құбырдың көлденең қимасынан 500 l көмірқышқыл газы өткені белгілі болса, құбырдағы газдың ағыс жылдамдығын тап. Түтіктің диаметрі 2 см.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$V = 500 \text{ l} = 0,5 \text{ m}^3$ $D = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ $t = 0,5 \text{ сағат} = 1800 \text{ s}$ $v = ?$	$V = \pi \frac{D^2 l}{4}; \quad v = \frac{l}{t}$ $l = \frac{4V}{\pi D^2}; \quad v = \frac{4V}{\pi D^2 t}$	$v = \frac{4 \cdot 0,5 \text{ m}^3}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 1800 \text{ s}} = 0,88 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Жауап: $v = 0,88 \text{ m/s}$.

2. Егер жарты сағатта құбырдың көлденең қимасынан 0,51 kg көмірқышқыл газы өткені белгілі болса, құбырдағы газдың ағыс жылдамдығын тап. Газдың тығыздығы $7,5 \text{ kg/m}^3$ деп есептейік. Құбырдың диаметрі 2 см.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 0,51 \text{ kg}$ $\rho = 7,5 \text{ kg/m}^3$ $D = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ $t = 0,5 \text{ сағат} = 1800 \text{ s}$ $v = ?$	$V = \pi \frac{D^2 l}{4} = \frac{m}{\rho}; \quad v = \frac{l}{t}$ $l = \frac{4m}{\pi \rho D^2}; \quad m = V\rho;$ $v = \frac{4m}{\pi D^2 \rho t}$	$v = \frac{4 \cdot 0,51 \text{ kg}}{3,14 \cdot (0,02 \text{ m})^2 \cdot 7,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1800 \text{ s}} = 0,12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Жауап: $v = 0,12 \text{ m/s}$.

3. Биіктігі 5 m цистернада жерден 50 см биіктікте кран бар. Шүмек ашылғанда одан сұйықтық қандай жылдамдықпен шығады (3.12-сурет).

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$H = 5 \text{ m}$ $h = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ $v = ?$	$v = \sqrt{2g(H-h)}$	$v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (5 - 0,5) \text{ m}} =$ $= \sqrt{20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4,5 \text{ m}} \approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Жауап: $v \approx 9,5 \text{ m/s}$.

18-жаттығу



1. Су құбырындағы саңылаудан $1,25\text{ m}$ биіктікке дейін су вертикальды түрде шығарылса, оның құбырдағы жарықшақтан атқылағандағы жылдамдығын тап.

2. Құбырдың тар бөлігіндегі су ағынының жылдамдығы 2 m/s . Диаметрі екі есе үлкен бөлікте су қандай жылдамдықпен ағады?

3. Су шығыны өзгермей тұрғанда құбырдағы судың шығыны $1,21$ есе азайса, құбырдың көлденең қимасының беті қалай өзгерді?

4. Көлденең қимасы ауыспалы құбыр арқылы су ағады. Құбырдың кең бөлігіндегі судың жылдамдығы 20 cm/s болса, диаметрі $1,5$ есе кіші тар бөлігіндегі судың жылдамдығын анықта.

5. Көлденең құбырдың кең бөлігіндегі мұнай ағынының жылдамдығы 2 m/s . Құбырдың кең және тар бөліктері арасындағы статикалық қысым айырмашылығы $6,65\text{ kPa}$ болса, құбырдың тар бөлігіндегі майдың жылдамдығын анықта.

6. Қанатының ауданы 40 m^2 ұшақ көлденең ұшқанда, қанат астындағы ауа қысымы 98 kPa , ал қанат үсті 97 kPa болса, олардың көтеру күші қанша (kN) болады?

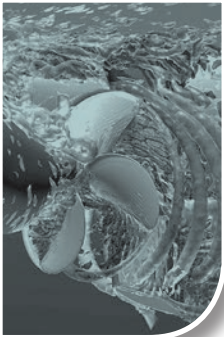
7. Өзеннің қай бөлігінде су тез ағады? Су бетінде ме, әлде өзеннің белгілі бір тереңдігінде ме? Өзеннің ортасында ма, әлде жағаға жақын ба?

8. Су құбыры тесіліп, су аға бастады. Егер саңылаудың беті 4 mm^2 , ал су шашырауының биіктігі 80 cm болса, бір күнде қанша (kg) су ысырап болады?

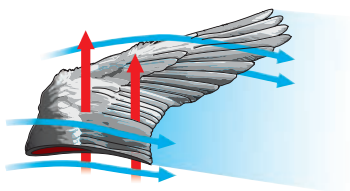
9. Ұзындығы 5 m цистернаның түбіне шүмек орнатылған. Шүмек ашылғанда сұйықтық қаншалықты тез шығады?



III ТАРАУ. ГИДРОДИНАМИКА ЖӘНЕ АЭРОДИНАМИКА



III ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ЛОГИКАЛЫҚ ОЙЛАУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ТАПСЫРМАЛАР



1. Жанып тұрған екі шырақ бір-бірінің қасына қойылады, олардың арасына түтікше арқылы үрлеу жалын жапырақтарының бір-біріне жақындауын тудырады. Бұл тәжірибені жасап, қорытынды жаса.

2. Суретті пайдаланып, құс қанатына әсер ететін факторларды дәптеріңе жаз.

III ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗДІГІНЕН ШЕШУГЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕР

1. Сұйықтық ағатын түтіктің екі жеріндегі көлденең қима аудандарының қатынасы $S_2 = 5S_1$ болса, бұл қималардағы ағыс жылдамдығының қатынасын тап.

2. Құбырдың кең бөлігіндегі су ағысының жылдамдығы 2 m/s болса, Диаметрі 2 есе кіші (m/s) тар бөліктегі су ағысының жылдамдығы қандай (m/s)–қа тең?

3. Құбырдағы су ағысының жылдамдығы 2 m/s. Құбыр арқылы сағат сайын 7200 kg су ағып өтсе, оның көлденең қимасының беткейі неше cm^2 ?

4. Құбырдағы 5 mm^2 тесіктен су тігінен жоғары көтеріліп, 80 cm биіктікке көтеріледі. 10 сағатта тесіктен неше kg су шығады?

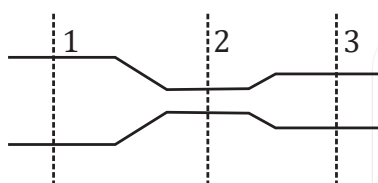
5. Көлденең қимасы өзгермелі құбырдан сұйықтық ағуда. Бұл сұйықтықтың қай бөлігіндегі қысым ең аз (3.16-сурет)?

6. Бір құбырдан екінші құбырға өткенде су шығыны 5,6 есе өссе, құбырдың көлденең қимасының беті қалай өзгерді?

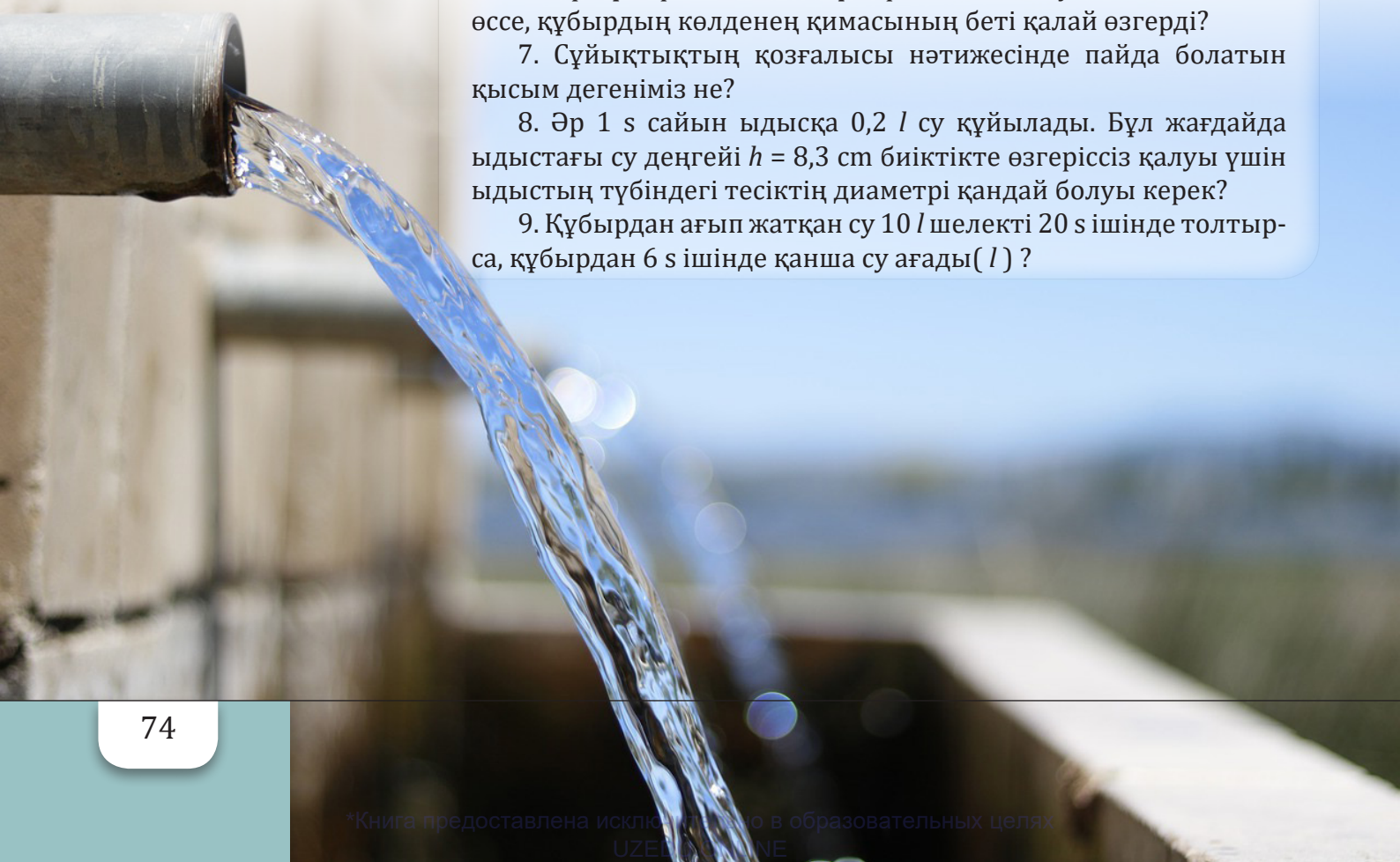
7. Сұйықтықтың қозғалысы нәтижесінде пайда болатын қысым дегеніміз не?

8. Әр 1 s сайын ыдысқа 0,2 l су құйылады. Бұл жағдайда ыдыстағы су деңгейі $h = 8,3 \text{ cm}$ биіктікте өзгеріссіз қалуы үшін ыдыстың түбіндегі тесіктің диаметрі қандай болуы керек?

9. Құбырдан ағып жатқан су 10 l шелекті 20 s ішінде толтырса, құбырдан 6 s ішінде қанша су ағады (l) ?



3.16-сурет

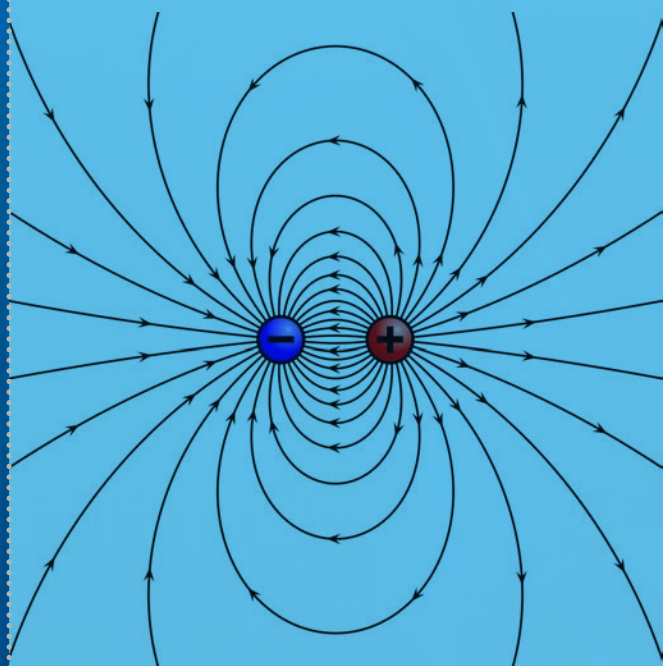


IV ТАРАУ

ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

Сіз бұл тарауда келесі тақырыптар бойынша ақпарат аласыз:

- Электр өрісі кернеулігінің суперпозиция принципі;
- зарядталған шардың электр өрісі;
- электростатикалық өрісте нүктелік зарядты көшіргенде орындалған жұмыс;
- электр өрісінде орналасқан нүктелік зарядтың потенциалдық энергиясы;
- электр өрісі энергиясы.



24-ТАҚЫРЫП

ЭЛЕКТР ӨРІСІ КЕРНЕУЛІГІНІҢ СУПЕРПОЗИЦИЯ ПРИНЦИПІ

1. Электростатикалық өріс.
2. Электростатикалық өріс кернеулігі.
3. Электр өрісінің суперпозиция принципі.
4. Нәтижелік электр өрісінің кернеулігі.



Синтетикалық материалдан жасалған киімді шешкенде шығатын ұшқындарды қалай түсіндіруге болады? Шарды ауыз көмегімен үрлеп, шашыңа немесе синтетикалық матаға жақсылап сүртсең, оның жоғары қарай қозғалуын бақылайсың. Неліктен ол жоғары қарай жылжиды?



1. Электростатикалық өріс

Сен екі зарядтың өзара әрекеттесуін, олардың зарядтарының бір-біріне тиген кезде ауысатынын Кулон заңы арқылы білдің. Бұл заң зарядтар белгілі бір қашықтықта бір-бірімен жанаспаса да, әрбір зарядтың айналасында өріс болатынын білдіреді. Бұл өріс электр өрісі болып табылады. Электр зарядтарының айналасында электр өрісі пайда болады.

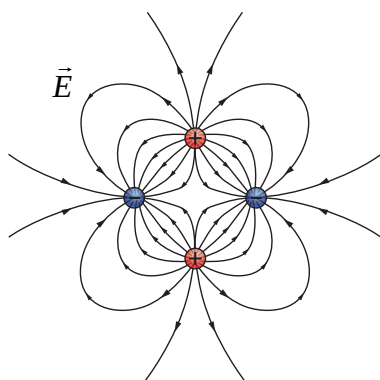
Тұрақты зарядтардың айналасында пайда болатын электр өрісі электростатикалық өріс болып табылады.

2. Электростатикалық өріс кернеулігі

Сен төменгі сыныптарда электр өрісі туралы жалпы білім алдың.

Электр өрісін күші бойынша сипаттайтын шама ретінде электр өрісінің қарқындылығының векторы – $\vec{E}$ енгізілген.

Өріс индукцияланған бірлік оң сынақ зарядына (q_s) өріс әсер етеді күштің сан жағынан тең шамасы электр өрісінің кернеулігі деп аталады.



4.1 а-сурет

Яғни:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} \text{ тең,}$$

Электр өрісі кернеулігінің бірлігі $[E] = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ тең.

Оң зарядқа әсер ететін күштің бағыты электр өрісінің қарқындылық векторының бағыты ретінде таңдалады, ал теріс зарядқа әсер ететін күштің бағыты қарқындылық векторының бағытына қарама-қарсы. Бір таңбалы зарядтар бірін-бірі тебеді, таңбалары әртүрлі зарядтар бір-бірін тартады (4.1 а-сурет).

4.1 б-суреттегі $+2q$ зарядынан электр өрісінің жартысы ғана $-q$ зарядымен аяқталады. Қалған күш сызықтары шексіздікте



деп есептелетін басқа зарядпен аяқталады. Электр өрісінің күш сызықтары арқылы пайда болған «үлгі» нүктелік зарядтармен пайда болған электр өрісінің сызған сызықтарына ұқсас. Осы жолдардың «өрнегіне» қарап, өрістің қай жерде күшті, қай жерде әлсіз екенін және зарядтардың өлшемін білуге болады.

3. Электр өрісінің суперпозиция принципі

Электр өрісі бір нүктелік заряд арқылы да жасалады, бірақ көбінесе електр өрісі негізінен зарядтар жүйесі арқылы жасалады. Егер $q_1, q_2, \dots, q_n$ зарядтар жүйесімен құрылған өріс нүктесіне q_s сынақ зарядын енгізсек, оған әрбір зарядтан $F_1, F_2, \dots, F_n$ күштері әсер етеді. Сынақ зарядына әсер ететін барлық күштердің эквиваленттік коэффициенті:

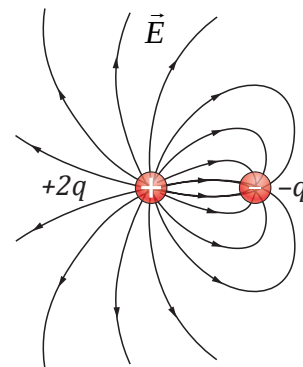
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Сонда заряд енгізілген жердегі өрістің кернеулігі келесідей болады:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n}{q_s} = \frac{\vec{F}_1}{q_s} + \frac{\vec{F}_2}{q_s} + \dots + \frac{\vec{F}_n}{q_s} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \quad (1)$$

бұл формула **электр өрісінің суперпозиция принципі** деп аталады және ол келесідей анықталады:



4.1 б-сурет

Нүктедегі зарядтар жүйесі тудыратын электр өрісінің кернеулігі сол нүктеде жүйеге түсетін әрбір зарядтың өріс кернеулігінің векторлық қосындысына тең.

Суперпозиция сөзінің сөздік мағынасы – қосылу немесе қабаттасу.

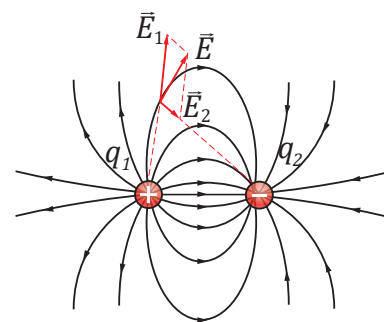
Нүктелік зарядтың электр өрісінің кернеулігін мына формула арқылы табады:

$$E = k \cdot \frac{|q|}{r^2} \quad (2)$$

Мұнда: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

Электр өрісінің кернеулік сызықтары, оның әрбір нүктесіне берілген күш осы нүктедегі өрістің күшіне сәйкес келеді (4.2-сурет).

Электр өрісінің біртекті болу шарты координатасына қарамастан өзгеріссіз қалады: $\vec{E} = \text{const}$.



4.2-сурет

Кернеулік векторы барлық нүктелерде бірдей болса, мұндай өріс біркелкі электр өрісі деп аталады.

IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

4. Нәтижелік электр өрісінің кернеулігі

Егер өріс 2 нүктелік зарядпен жасалса, суперпозиция принципіне сәйкес, нәтижесінде өрістің кернеулігі $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ формуламен өрнектеледі.

Нәтижелік электр өрісінің кернеулігін келесі формула арқылы табады:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos \alpha} \quad (3)$$

Мұнда: $E_1 = |\vec{E}_1|$; $E_2 = |\vec{E}_2|$; $E = |\vec{E}|$; α – $\vec{E}_1$ және $\vec{E}_2$ арасындағы

бұрыш. α ның меншікті мәндері үшін (3) формуланы жеңілдетейік:

1) $\alpha = 0^\circ$; егер электр өрісінің кернеулігі векторлары бір бағытта болса: $E = E_1 + E_2$;

2) $\alpha = \pi/2 = 90^\circ$; электр өрісі кернеулік векторлары өзара тік бағытта болса: $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$;

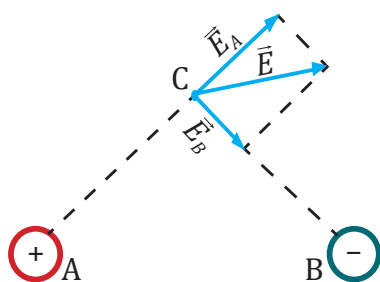
3) $\alpha = \pi = 180^\circ$; электр өрісі кернеулік векторлары қарама-қарсы бағытталса: $E = |E_1 - E_2|$;

4.3-суретте А және В нүктелік зарядтар С нүктесінде пайда болған нәтижелік электр өрісінің кернеулігі көрсетілген.

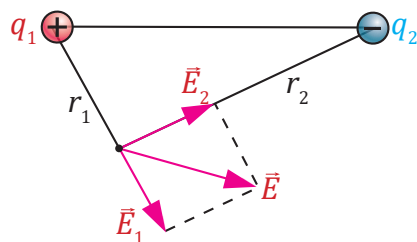
– Оң заряд өрісіне теріс заряд немесе теріс заряд өрісіне оң заряд енгізілсе, нәтижесінде электр өрісінің кернеулігі артады.

– Оң заряд өрісіне оң заряд немесе теріс заряд өрісіне теріс заряд енгізілсе, нәтижесінде пайда болатын электр өрісінің кернеулігі төмендейді.

Электр өрісіне орналастырылған өткізгіште өрістің кернеулігі нөлге тең.



4.3-сурет



Мәселе шешу үлгісі

1. $q_1 = 6 \text{ нС}$ және $q_2 = -16 \text{ нС}$ екі нүктелік зарядтар ауада бір-бірінен $r = 5 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан. Оң зарядтан $r_1 = 3 \text{ см}$ және теріс зарядтан $r_2 = 4 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан нүктедегі электр өрісінің кернеулігінің модулін анықта.

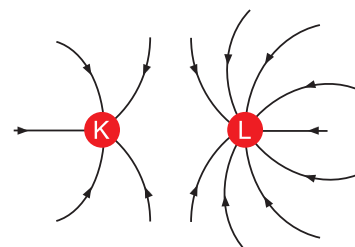
Берілген:	Формула:	Есептеу:
$q_1 = 6 \text{ нС} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ С}$ $q_2 = -16 \text{ нС} = -16 \cdot 10^{-9} \text{ С}$ $r = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_1 = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{С}^2}$	$(r_1)^2 + (r_2)^2 = r^2$ $\alpha = 90^\circ$ $E_1 = k \cdot \frac{ q_1 }{r_1^2}$ $E_2 = k \cdot \frac{ q_2 }{r_2^2}$ $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$	$E_1 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{С}^2} \cdot \frac{ 6 \cdot 10^{-9} \text{ С} }{9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{С}}$ $E_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{С}^2} \cdot \frac{ -16 \cdot 10^{-9} \text{ С} }{16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{С}}$ $E = \sqrt{(6 \cdot 10^4)^2 + (9 \cdot 10^4)^2} \approx 10,8 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{С}} = 108 \frac{\text{кН}}{\text{С}}$
$E = ?$		Жауап: $E \approx 108 \frac{\text{кН}}{\text{С}}$



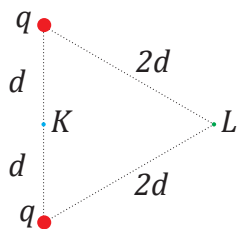
19-жаттығу



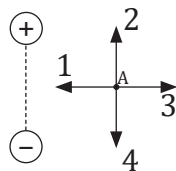
1. K және L зарядтарының таңбасын анықтаңдар (4.4-сурет).
2. Салмақсыз жіпке ілінген зарядталған шар 4.5-суретте көрсетілгендей тұрақты электр өрісінде тепе-теңдікте болады. Шардың салмағын тап. Электр өрісінің кернеулігі 50 N/m , ал шардың заряды $3 \cdot 10^{-10} \text{ C}$. $\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$ ал (4.5-сурет).
3. Төмендегі диаграммадағы L нүктесіндегі өріс кернеулігін тап. Диаграмманы сыз (4.6-сурет).
4. Таңбалары әртүрлі және абсолюттік мәні бірдей q_1 және q_2 нүктелік электр өрістерінің A нүктесіндегі нәтижелі электр өрісінің кернеулігінің бағытын анықта (4.7-сурет).
5. Зарядтары 2 nC -ке тең екі нүктелік заряд бір-бірінен 1 m қашықтықта орналасқан. Зарядтардың ортасындағы нүктедегі өріс кернеулігін тап.



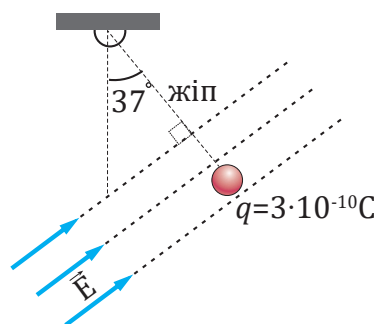
4.4-сурет



4.6-сурет



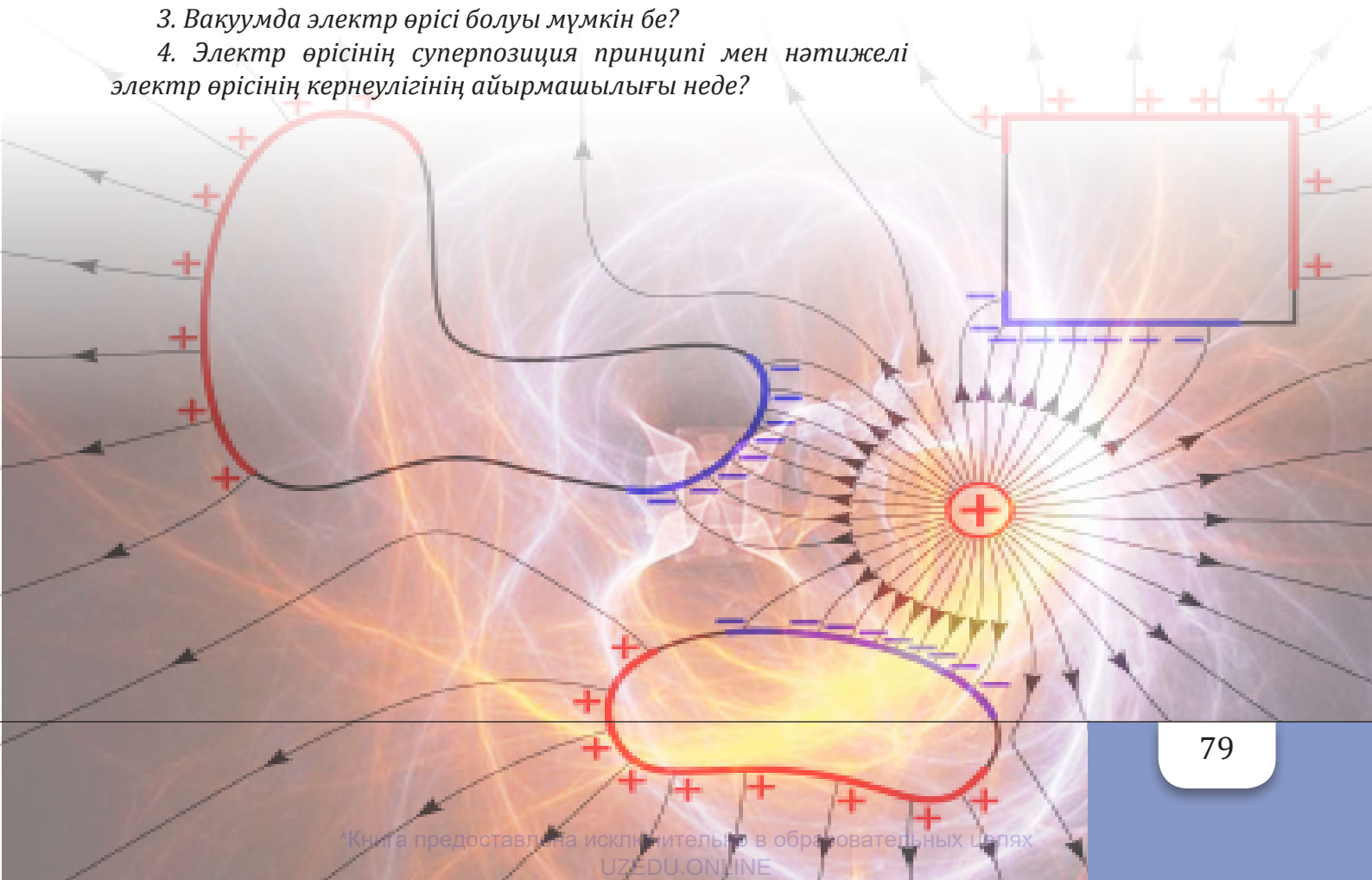
4.7-сурет



4.5-сурет



1. Электр өрісі қалай пайда болады?
2. Неліктен электр өрісінің сызықтары ешқашан бір-бірімен қиылыспайды?
3. Вакуумда электр өрісі болуы мүмкін бе?
4. Электр өрісінің суперпозиция принципі мен нәтижелі электр өрісінің кернеулігінің айырмашылығы неде?

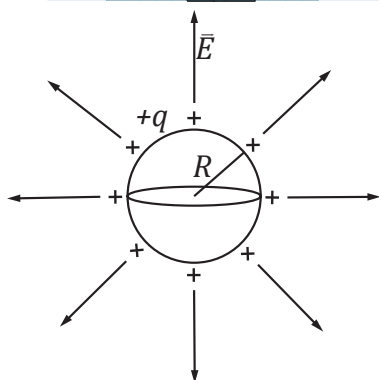


25-ТАҚЫРЫП

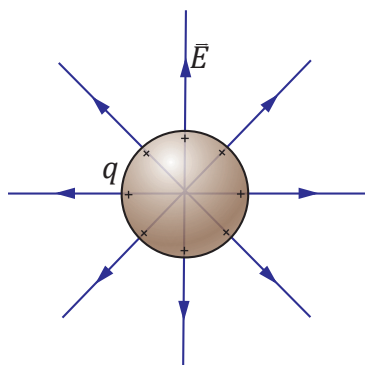
ЗАРЯДТАЛҒАН ШАРДЫҢ ЭЛЕКТР ӨРІСІ

1. Зарядталған металл шардың электр өрісі.
2. Шардың немесе шардың бетінен x қашықтықтағы өріс кернеулігі.
3. Зарядтың беттік тығыздығы.
4. Ортаның диэлектрик өткізгіштігі.

Сыртқы жағынан зарядталған металл тордың ішінде болған Фарадейдің қол электроскопының жапырақтары неге ашыл- мады? Жауабыңды түсіндір.



4.8-сурет



4.9-сурет

1. Зарядталған металл шардың электр өрісі

Сіз нүктелік зарядтың немесе түзу өткізгіштің ішіндегі зарядталған бөлшектің электр өрісі туралы білдіңіз. Енді шар немесе сфера тәріздес денені зарядтап, оның айналасындағы электр өрісімен танысайық.

Радиусы R өткізгіш шар q зарядымен зарядталсын (4.8-сурет). Осындай зарядталған шардың (сфераның) өндірілген электр өрісі кернеулігінің мәні центрінде, бетінде және оның сыртында қандай да бір нүктеде пайда болған электр өрісінің күшін анықтайық.

Егер шар біртекті болса, заряд шардың бетіне біркелкі таралады. Демек, электр өрісінің күш сызықтарының шардың бетінен тыс кеңістікте таралуы нүктелік зарядтың күш сызықтарының таралуымен бірдей (4.9-сурет). Бұл жағдайда зарядталған шар мен сфераның электр өрісінің кернеулігі нүктелік зарядпен жасалған электр өрісінің кернеулігінің формуласы ретінде көрсетіледі, яғни:

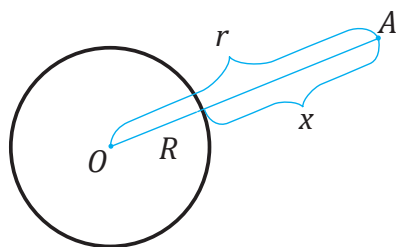
$$E = k \cdot \frac{|q|}{R^2} \quad (1)$$

2. Шардың немесе сфераның бетінен x қашықтықтағы өріс кернеулігі

Шар немесе сфераға берілген заряд өзара итеру күшінің әсерінен тек олардың бетінде ғана таралатындықтан, олардың ішіндегі электр өрісінің күші ($r < R$) әрқашан нөлге тең болады ($E_{\text{ішк}} = 0$). Шар немесе сферадан тыс орналасқан ерікті ($r > R$) нүктедегі өріс күші сфераның немесе шардың центріндегімен бірдей q зарядтың ауданымен бірдей және келесідей есептеледі (4.10-сурет):

$$E = k \cdot \frac{|q|}{r^2} \quad r = R + x$$

$$E = k \cdot \frac{|q|}{(R + x)^2} \quad (2)$$



4.10-сурет



3. Зарядтың беттік тығыздығы

Егер Δq заряды ΔS бетіне біркелкі таралса, осы беттің бірлік ауданындағы заряд мөлшерімен өлшенетін шаманы *зарядтың беттік тығыздығы* деп атайды. Зарядтың беттік тығыздығы σ (сигма) әрпімен белгіленеді.

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S} \text{ немесе } \sigma = \frac{q}{S} \quad (3)$$

Шардың немесе сфераның бетінің тығыздығы:

$$\sigma = \frac{q}{S} = \frac{q}{4\pi R^2} \quad (4)$$

ХБЖ жүйесінде зарядтың беттік тығыздығының бірлігі ретінде C/m^2 қабылданған.

4.11-суретте Жазық зарядтардың шексіз жазықтық жасаған өріс кернеулігі бейнеленген (4.11-сурет), Осылайша біркелкі зарядтың шексіз жазықтығы біркелкі өрісті жасайды, оның өріс кернеулігі:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (5)$$

болады және шамасы жазықтыққа дейінгі қашықтыққа байланысты емес, яғни q_s сынау зарядын біркелкі денелі зарядталған жазықтықтан түрлі қашықтыққа орналастырсақ, оған әсер етуші электр күшінің сандық мәні бірдей болады.

(4) формула бойынша R радиусы бар жазық оң зарядталған сфералық бетті (σ) тығыздықпен өрнектейміз. Шар бетіндегі зарядтың жалпы мөлшері мынаған тең:

$$q = 4\pi R^2 \cdot \sigma$$

мұнда $S = 4\pi R^2$ – сфераның беті. Сонда шар бетіндегі электр өрісінің кернеулігі:

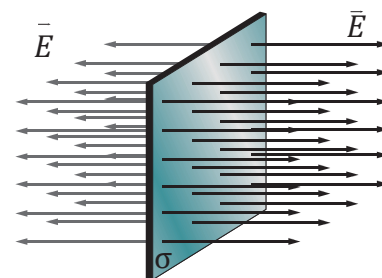
$$E = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{4\pi R^2 \epsilon_0}; \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (6)$$

тең болады (4.12-сурет).

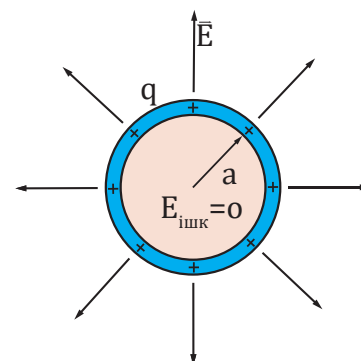
Шардың немесе сфераның бетінен қашықтықтағы нүктедегі электр өрісінің кернеулігі:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{R^2}{r^2} \quad (7)$$

тең болады. Жазық зарядталған сфералық беттің электр өрісінің сызықтары сферадан тыс орналасқанын көруге болады.



4.11-сурет



4.12-сурет

4. Ортаның диэлектр өткізгіштігі

Ортаның теріс диэлектрик өткізгіштігі заттың электрлік қасиеттерін сипаттайтын және осы ортадағы зарядтардың электр өрісінің кернеулігі қанша есе аз екенін көрсететін шама.



IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

Ортаның электрлік қасиеттерін сипаттайтын коэффициент *ортаның салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштігі* деп аталады және гректің ε әрпімен (эпсилон) белгіленеді.

Диэлектрлік өткізгіштік – өлшемсіз шама. Анықтамасы бойынша:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E} \quad (8)$$

теңдеуден біртекті диэлектрикте орналасқан нүктелік зарядтың электр өрісінің кернеулігі теңдігінен.

$$E = \frac{E_0}{\varepsilon}$$

болады және ε есе азаяды. Өйткені зарядсыз диэлектрик өз алдына ішінде сыртқы өріске қарсы бағытталған өріс жасайды. Диэлектрикте пайда болған ішкі өріс сыртқы өрісті әлсіретеді. Бұл жағдайда диэлектриктің ішінде орналасқан нүктелік зарядтан r қашықтықтағы нүктедегі өріс кернеулігі келесі түрде есептеледі:

$$E = k \frac{|q|}{\varepsilon \cdot r^2} \quad (9)$$

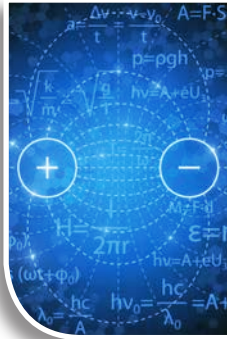
Белгілі бір ортада тұрған шардың электр өрісінің кернеулігі:

$$E = k \frac{|q|}{\varepsilon \cdot R^2} \quad (10)$$

формула арқылы есептеледі.

Кейбір заттардың диэлектрлік өткізгіштігі

№	Заттар	Диэлектрлік күш
1	Ауа	1
2	Су	81
3	Керосин	2,1
4	Май	2,5
5	Парафин	2,1
6	Слюда	6
7	Шыны	7



1. Зарядталған металл шардың ішінде, бетінде және бетінен біршама қашықтықта электр өрісінің пайда болуын қалай тексеруге болады?
2. Шар өрісінің күші оның бетінің тығыздығына қалай байланысты?
3. Қандай пішіндегі өткізгіште электр заряды біркелкі бөлінеді?
4. Неліктен зарядталған шардың ішінде электр өрісі нөл болады?
5. Зарядталған шардың бетінде және сыртында электр өрісі қалай есептеледі?

Мәселені шешу үлгісі

Ортада тұрған радиусы 4 см шардың бетінен оның диаметріне тең қашықтықтағы электр өрісінің кернеулігі 123 V/m. Егер шар 16 нС зарядталған болса, ортаның диэлектрлік өткізгіштігін тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$E = 123 \text{ V/m}$ $q = 16 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r = 3R = 12 \cdot 10^{-2} \text{ m}$	$E = k \cdot \frac{ q }{\varepsilon \cdot r^2}$ $\varepsilon = k \cdot \frac{ q }{E \cdot r^2}$	$\varepsilon = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{16 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{144 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 123 \frac{\text{V}}{\text{m}}} \approx 81$ Жауап: $\varepsilon = 81$.
$E = ?$		

20-жаттығу



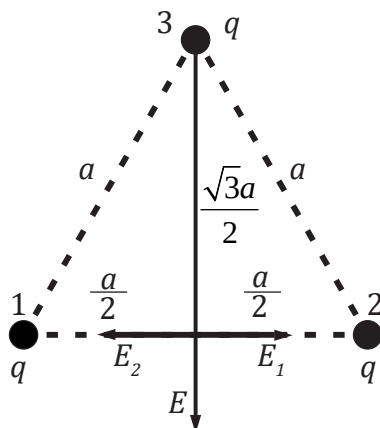
1. Радиусы 50 см металл шар 5 нС зарядталған. Шардың бетіне жақын жердегі электр өрісінің күшін тап.
2. Керосинде тұрған шардың зарядтың беттік тығыздығы 4,2 есе азайса, шар бетіндегі электр өрісінің кернеулігі қалай өзгереді? Керосиннің салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштігі 2,1-ге тең.
3. Жерге жалғанған және сфералық болат беткейдің ішіне q заряды бар шар беткейге тигізілмей орналастырылған. Беткейдің ішіндегі (E_1) және оның сыртындағы (E_2) электр өрісінің кернеуліктері қандай?
4. Зарядтың беттік тығыздығы σ болатын шардың бетінен оның диаметріне тең қашықтықтағы өріс кернеулігін тап.
5. Қабырғасы a болатын шаршының ұшына бірдей q нүктелік зарядтар қойылған. Шаршы центрі мен оның бір қабырғасы арасындағы электр өрісінің кернеулігін тап.

26-ТАҚЫРЫП

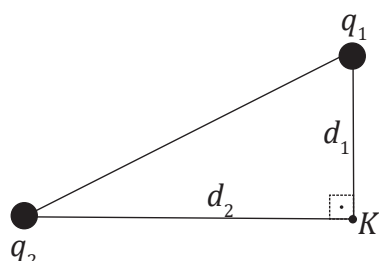
ЕСЕПТЕР ШЕШУ

Мәселені шешу үлгісі

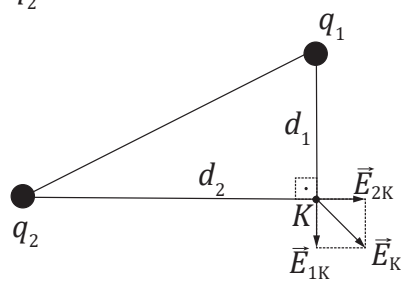
1. Қабырғасы a болатын теңбүйірлі үшбұрыштың төбелерінде үш бірдей q заряд орналасқан. Үшбұрыштың қабырғаларының бірінің ортасындағы электр өрісінің бағытын анықта.



Берілген:	Формула:	Есептеу:
$q_1 = q_2 = q_3 = q$ $r_1 = r_2 = a/2$ $E = ?$	$E = \frac{k \cdot q}{r^2}$ $E = \frac{k \cdot q}{r^2};$	$E_1 = E_2$ $r = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{3}a}{2}$ $E = \frac{k \cdot q}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2} = \frac{k \cdot q}{\frac{3a^2}{4}} = \frac{4kq}{3a^2}$ Жауап: $E = \frac{4kq}{3a^2};$ үшбұрыш жағына тік және сыртына бағытталған.



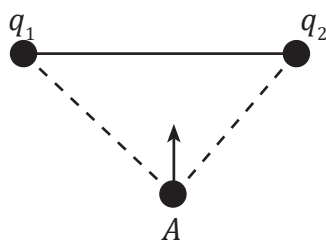
2. Бір заряд $3q$, екіншісі $16q$ заряд суретте көрсетілгендей орналастырылған. K нүктесіндегі өріс кернеулігін тап.



Берілген:	Формула:	Есептеу:
$q_1 = 3q$ $q_2 = +16q$ $d_1 = d$ $d_2 = 2d$ $E_K = ?$	$E_K = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ $E = k \cdot \frac{q}{d^2}$	$E_1 = k \cdot \frac{3q}{d^2} = 3E$ $E_2 = k \cdot \frac{16q}{(2d)^2} = k \cdot \frac{16q}{4d^2} = 4E$ $E_K = \sqrt{(3E)^2 + (4E)^2} = \sqrt{25E^2} = 5E$ Жауап: $E_K = 5E = \frac{5kq}{d^2}.$



21-жаттығу



1. Төмендегі диаграмма A нүктесінде q_1 және q_2 зарядтарымен құрылған өріс кернеулігінің нәтижелік векторын көрсетеді. q_1 және q_2 зарядтарының таңбасын анықта.

2. 16 нС және 36 нС зарядтардың арақашықтығы 4 см . Осы зарядтарды қосатын қимада өріс кернеулігі нөлге тең болатын нүкте бірінші зарядтан қанша қашықтықта орналасқан?

3. Судағы нүктелік зарядтан 10 м қашықтықтағы кернеу 1 Н/С-ге тең болса, заряд мөлшерін анықта.

4. Судағы электрон біртекті электр өрісінің әсерінен $1,6 \cdot 10^{13} \text{ м/с}^2$ үдеу алды. Электр өрісінің кернеулігін тап.

5. Вертикаль жіпке бекітілген оң зарядталған шар біркелкі электр өрісінде вертикальдан оңға қарай ауытқиды. Электр тогының бағытын анықта.

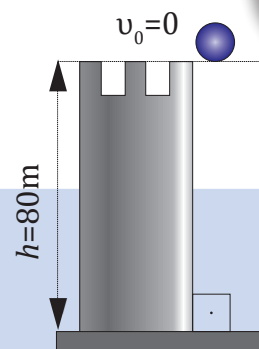


ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІСТЕ НҮКТЕЛІК ЗАРЯДТЫ КӨШІРУДЕ ОРЫНДАЛҒАН ЖҰМЫС

27-ТАҚЫРЫП

1. Консервативті және консервативті емес күштер.
2. Электростатикалық өрісте нүктелік зарядты көшіруде орындалған жұмыс.

Механика курсында денені биіктіктен құлатып, дене құлағанда қандай энергия болады? Механика курсында жұмыс қалай көрсетіледі?



1. Консервативті және консервативті емес күштер

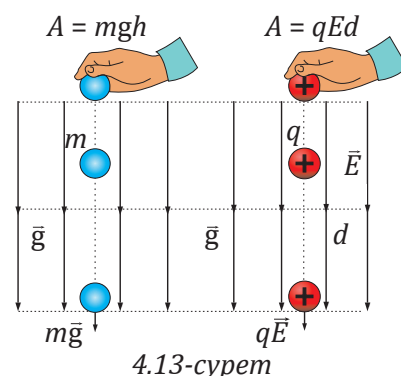
Механикалық курстан белгілі, орындалған жұмыс денеге әсер ететін күш пен дененің осы күш бағыты бойынша қозғалысының көбейтіндісі арқылы бейнеленеді. Мұндағы соққы күші денені қозғалтатын күш. Шын мәнінде, күштер екі топқа бөлінеді: консервативті және консервативті емес күш.

Егер күштің атқаратын жұмысы траекторияның пішініне тәуелді болмаса, бұл күш **консервативті күш** деп аталады. Ауырлық күші, серпімділік күші, тартылыс күші, электростатикалық күштер консервативті күштерге мысал бола алады. Егер күштің жұмысы траекторияның пішініне тәуелді болса, бұл күш **консервативті емес күш** деп аталады. Консервативті емес күштердің мысалдары үйкеліс күштері, электр өрісіндегі ұжымдық күштер және т.б.

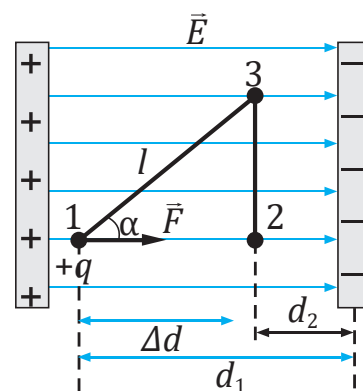
2. Электростатикалық өрісте нүктелік зарядты көшіруде орындалған жұмыс

Нүктелік зарядты электростатикалық өрісте жылжыту кезіндегі жұмыс гравитациялық өрісте, яғни биіктіктен босатылған зат Жердің тартылыс күшінің әсерінен қозғалғанда орындалатын жұмыспен бірдей. Нысан биіктіктен еркін құлаған кезде оның потенциалдық энергиясының өзгеруі Жердің тартылыс күшінің жұмысына тең болады. Зарядты электр өрісінде жылжытқанда орындалатын жұмыс осыған ұқсас (4.13-сурет).

Электр өрісіне орналастырылған зарядқа өрістің электрлік күші әсер етеді. Бұл күштің әсерінен заряд электр өрісінің бағытымен ($q>0$ болғанда) немесе қарама-қарсы бағытта ($q<0$ болғанда) қозғалады, ал электр өрісі жұмыс істейді. Осыны анықтайық. Электр заряды біртекті электр өрісінде орналасын. Зарядтың қозғалыс траекториясын анықтау үшін x ; y координаталық жазықтықты қолданамыз. Өріс күші бағытына сәйкес бағытта x осін таңдаймыз (4.14-сурет). Бөлшектің оң зарядқа түсіретін күшінің бағыты да x осінің бағытымен сәйкес келеді. Электр өрісіндегі заряд $F = q \cdot E$ күшінің әсерінен x осінің бойымен 1-ші нүктеден 2-ші нүктеге ауысқанда, электр өрісінің атқаратын жұмысы былай есептеледі:



4.13-сурет



4.14-сурет



IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

$$A = F \cdot l \cdot \cos \alpha = q \cdot E \cdot \Delta d; \quad \Delta d = l \cdot \cos \alpha$$

4.14-суретте (1-2-3) нүктелер арасында орындалған жұмыс келесідегідей: Δd -заряд өрісі бағытының көшуі.

$$A_{1-2} = q \cdot E \cdot \Delta d; \quad \cos \alpha = 1; \quad A_{2-3} = 0; \quad (\cos \alpha = 0)$$

$$A_{1-2-3} = A_{1-2} + A_{2-3} = q \cdot E \cdot \Delta d; \quad A_{2-1} = -q \cdot E \cdot \Delta d; \quad (\cos \alpha = -1); \quad A_{1-2-3-1} = 0 \text{ J}$$

Демек, мынандай:

Нүктелік зарядты біртекті электр өрісінде жылжытқанда да орындалатын жұмыс зарядтың траекториясының пішініне тәуелді емес, тек өріс бағытында зарядтың бастапқы және соңғы орындарымен анықталады. Бұл қасиет кез келген электростатикалық өрістерге қатысты.

Консервативті күштердің әсер ету өрісі потенциалды өріс ретінде пайда болады. Демек, зарядты тұйық контур бойымен электростатикалық өрісте жылжытқанда орындалатын жұмыс әрқашан нөлге тең болады. Нүктелік зарядтағы электростатикалық өрістің күші тартылыс күші сияқты консервативті күш болып табылады.



1. Гравитациялық және электростатикалық өрісте орындалатын жұмыстардың қандай ұқсастықтары бар?
2. Электростатикалық өрісте нүктелік зарядты көшіруде орындалған жұмыс траекторияның пішінімен қалай байланысты?
3. Неліктен электростатикалық өріс консервативті күш болып саналады?

Мәселе шешу үлгісі

Заряды $100 \text{ } \mu\text{C}$ бөлшек нүктелік заряд өрісінің кернеулігі 4 kN/C біркелкі электр өрісінде 4 cm қозғалғанда электростатикалық өріс 8 mJ жұмыс жасады. Өріс сызықтары мен орын ауыстыру векторының арасындағы бұрышты тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$q = 100 \text{ } \mu\text{C} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ $E = 4 \text{ kV/m} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ $S = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $A = 8 \text{ mJ} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	$A = q \cdot E \cdot S \cdot \cos \alpha$ $\cos \alpha = \frac{A}{q \cdot E \cdot S}$	$\cos \alpha = \frac{8 \cdot 10^{-3} \text{ J}}{10^{-4} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 4 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}} = \frac{1}{2}$ $\alpha = 60^\circ$ Жауап: $\alpha = 60^\circ$.



22-жаттығу

1. Екі 8 nC және -6 nC нүктелік зарядтарды қосатын қиманың арасындағы электр өрісінің кернеулігін тап. Зарядтар арасындағы қашықтық 10 cm , $\epsilon = 1$.
2. Зарядтары 2 nC -ке тең екі нүктелік заряд бір-бірінен 1 m қашықтықта орналасқан. Зарядтар арасындағы қашықтықтың (V/m) центріндегі өріс кернеулігін анықта.
3. Радиусы 6 cm металл шар 24 nC зарядталған. Шар центрінен 24 cm қашықтықтағы нүктедегі кернеу (kV/m) неге тең?

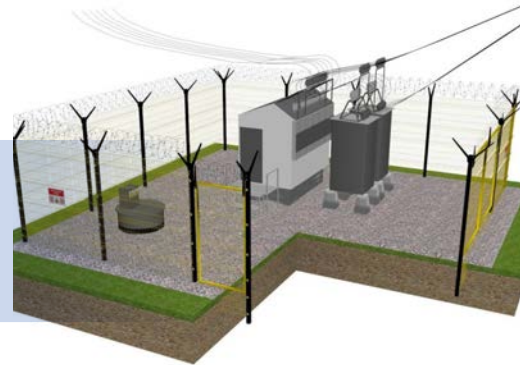


ЭЛЕКТР ӨРІСІНДЕ ОРНАЛАСҚАН НҮКТЕЛІК ЗАРЯДТЫҢ ПОТЕНЦИАЛДЫҚ ЭНЕРГИЯСЫ

28-ТАҚЫРЫП

1. Электр өрісінде орналасқан нүктелік зарядтың потенциалдық энергиясы.
2. Нүктелік заряд өрісінің потенциалы.
3. Потенциалды айырмашылық.
4. Эквипотенциалдық беттер.

Жоғары вольтты трансформаторлар (10 000 V және одан да көп) металл торлы қоршаумен қоршалған. Сұрақ: Бұл қорғаныс тосқауылының мақсаты қандай және ол қандай қауіпті оқиғалардың алдын алу үшін қажет?



1. Электр өрісінде орналасқан нүктелік зарядтың потенциалдық энергиясы

Негізгі зарядтың электр өрісі сынақ зарядының электр өрісіне енуіне қарсы тұрады, сондықтан негізгі заряд электр өрісінің күштеріне қарсы жұмыс істейді.

Электр өрісінің жұмысына байланысты зарядтың потенциалдық энергиясы азаяды. Демек, q_0 бөлшекті электр өрісіндегі бір нүктеден екінші нүктеге жылжыту үшін атқарылған жұмыс осы нүктелердегі зарядтардың потенциалдық энергияларының айырмасына тең, яғни:

$$A_{1,2} = -\Delta W_p = -(W_{p2} - W_{p1}) = (W_{p1} - W_{p2}) \quad (1)$$

Гравитациялық потенциалдық энергия және электрлік потенциалдық энергия өте ұқсас. q_1 және q_2 зарядтардың әрекеттесуінің потенциалдық энергиясы:

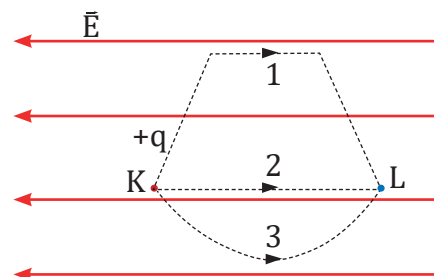
$$W = k \frac{q_1 q_2}{r} \quad (2)$$

q зарядтан r_1 қашықтықта тұрған q_0 зарядты r_2 қашықтыққа көтеруде орындалған жұмыс келесідегідей табылады:

$$A = k \frac{qq_0}{r_1} - k \frac{qq_0}{r_2} \quad (3)$$

2. Нүктелік заряд өрісінің потенциалы

Электр өрісін сипаттайтын тағы бір физикалық шама – өріс потенциалы. Бұл ұғыммен танысу барысында электр өрісінің табиғаты бойынша энергетикалық екендігін пайдаланамыз. Электр өрісіне енгізілген зарядтың өріспен әрекеттесу энергиясы тек өріске ғана емес, сонымен бірге енгізілген зарядтың мөлшеріне де байланысты. Электр өрісінің нүктесінде орналасқан әр түрлі сынақ зарядтарының потенциалдық энергиялары да әр түрлі, бірақ потенциалдық энергияның сынақ зарядына қатынасы өрістің бір нүктесі үшін өзгермейтін физикалық шама болып табылады. Бұл физикалық шама **потенциал** деп аталады және ол ϕ әрпімен белгіленеді. Бұл:





IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

$$W_p = \varphi \cdot q_0$$

Осыған сәйкес электр өрісінің потенциалын келесідей анықтауға болады:

Электр өрісінің нүктесіндегі потенциал – бұл өрістің осы нүктесіне енгізілген бірлік оң сынақ зарядының потенциалдық энергиясына сан жағынан тең физикалық шама.

Яғни:

$$\varphi = \frac{W_p}{q_0} \quad (4)$$

Нүктелік q заряд тудыратын өріс нүктесіндегі потенциал келесі формуламен анықталады:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{r} \quad (5)$$

3. Потенциалды айырмашылық

Энергия да, заряд та скаляр шама, сондықтан потенциал да скаляр шама.

(3) және (4) формулалар негізінде q_0 зарядын электростатикалық өрісте жылжытқанда орындалатын жұмыс келесі түрде өрнектеледі:

$$A = W_1 - W_2 = q_0 \cdot \left(k \cdot \frac{q}{r_1} - k \cdot \frac{q}{r_2} \right) = q_0 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (6)$$

Осыдан электрөрісініңекінүктесіарасындағыпотенциалдар айырмашылығы (айырымы): $\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q_0}$ (7)

(7) формулаға сүйене отырып, потенциалдар айырмасын келесідей анықтауға болады:

Потенциалдық айырмашылықтың бірлігі потенциал сияқты Вольт Ол (V) бірлікпен өрнектеледі:

Оң зарядтың бірлігін өрістің бір нүктесінен екіншісіне жылжытқандағы жұмысына сандық жағынан тең физикалық шама - бұл электр өрісінің екі нүктесі арасындағы потенциал айырмашылығы деп аталады.

$$[\Delta\varphi] = \frac{[W]}{[q_0]} \text{ дан } 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} \text{ ға тең.}$$

Егер электр өрісі бір емес, бірнеше зарядтар жүйесі арқылы түзілсе, онда пайда болған өріс нүктесіндегі потенциал зарядтармен дербес құрылған өрістердің потенциалдарының алгебралық қосындысына тең болады:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Бұл қатынас өрістердің суперпозиция принципінен тікелей нәтижесі болып табылады.



4. Эквипотенциалдық беттер

Нүктелік зарядтан бірдей қашықтықта орналасқан нүктелердің потенциалдары бірдей. Егер бұл нүктелер біріктірілсе, онда алынған бет **эквипотенциалдық бет** деп аталады.

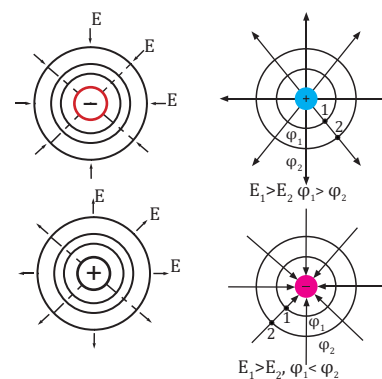
Потенциалдары бірдей нүктелердің геометриялық орналасуы эквипотенциалдық беттер деп аталады.

Нүктелік зарядпен құрылған өрістің эквипотенциалдық беттері центрі зарядта болатын концентрлік сфералардан тұрады және оның кез келген нүктесінде электр өрісінің күш сызықтары осы шарларға перпендикуляр бағытталған (4.15-сурет).

Электр өрісінің кернеулігі мен потенциалдар айырымы арасындағы байланыс келесідей:

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

Мұнда d – потенциалдары φ_1 ва φ_2 болған нүктелер арасындағы қашықтық. Бұдан өріс кернеулігінің бірлігі [V/m] шығады.



4.15-сурет



1. Электростатикалық күштің атқаратын жұмысы мен электр өрісінде қозғалатын зарядтың потенциалдық энергиясының арасындағы байланысты жазыңыз.

2. Электр өрісінде тұрған зарядтың потенциалдық энергиясы қалай анықталады?

3. Электр өрісі консервативті болмаса, потенциалдық энергияның мазмұны бар ма?

Мәселе шешу үлгісі

Ауада тұрған радиусы 5 см металл шар 30 нС зарядталған. Зарядталған шардың центрінен 2 см, сфера бетіндегі және сфера бетінен 5 см қашықтықтағы нүктедегі өріс потенциалын анықтаңдар.

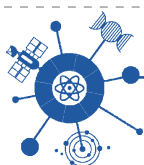
Берілген:	Формула:	Есептеу:
$q = 30 \text{ нС} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ С}$ $r = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_1 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{С}^2$	$\varphi_{\text{ішінде}} = \varphi_{\text{сыртында}} = k \cdot \frac{q}{r}$ $\varphi_{\text{бетінде}} = k \cdot \frac{q}{r + r_2}$	$\varphi_{\text{ішінде}} = \varphi_{\text{сыртында}} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{С}^2} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9} \text{ С}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 5400 \text{ В}$ $\varphi_{\text{бетінде}} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{С}^2} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9} \text{ С}}{(5 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-2}) \text{ м}} = 2700 \text{ В}$
$\varphi_{\text{ішінде}} - ?$ $\varphi_{\text{бетінде}} - ?$ $\varphi_{\text{сыртында}} - ?$		Жауап: 5400 В; 2700 В.

IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС



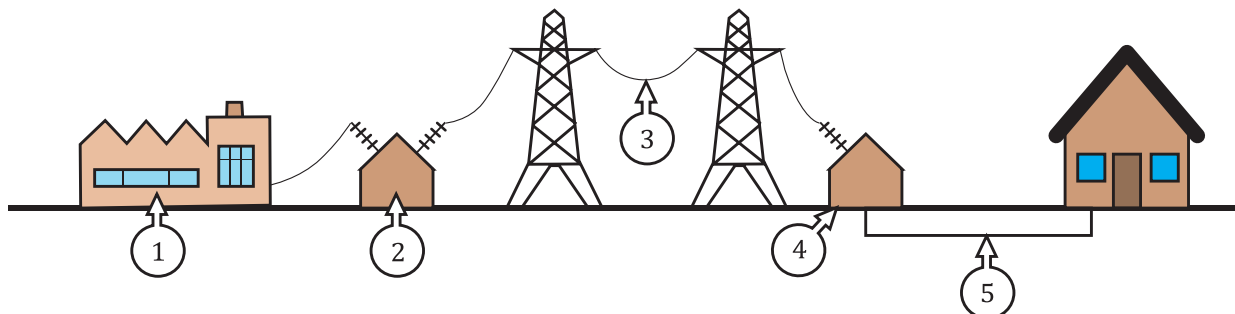
23-жаттығу

1. Протоннан $5,3 \cdot 10^{-11}$ м қашықтықтағы электр өрісінің потенциалын тап. Протоннан осы қашықтықтағы электронның потенциалдық энергиясын тап.
2. Массасы 1 g шар потенциалы 600 V А нүктесінен потенциалы нөлге тең В нүктесіне жылжытылды. Шардың заряды 10 nC, ал А нүктесіндегі жылдамдығы 20 cm/s болса, оның В нүктесіндегі жылдамдығын анықта.
3. Диаметрі 2 cm металл шар -150 V потенциалға дейін зарядталған. Шар бетіндегі артық электрондардың санын тап.
4. Зарядтары 20/3 nC және 40/3 nC екі шар бір-бірінен 40 cm қашықтықта орналасқан. Оларды бір-біріне 25 cm жақындату үшін қанша жұмыс істеу керек?
5. Массасы 40 mg, заряды 1 nC 10 cm/s жылдамдықпен қозғалатын шар 4 nC-ке тең нүктелік зарядқа ең аз қандай қашықтыққа жақындай алады?



Қосымша тапсырмалар

1. Суретте электр энергиясын өндіруден бастап тұтынушыларға жетуге дейінгі процестер 1, 2, 3, 4 және 5 сандарымен белгіленген. Олардың міндеттерін түсіндір.



2. Электровоз айнымалы токпен қоректенетін әуе кабельдерінен ағып жатқан электр энергиясының көмегімен қозғалады. Егер локомотивтің максималды жылдамдығы 140 km/h, ал оның қозғалтқышының қуаты 4,7 MW болса, локомотив қозғалтқышында өтетін ток күшін есептеңдер. Әуе кабельдеріндегі кернеу 25 kV.



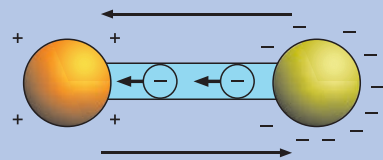


ЭЛЕКТР ӨРІСІНІҢ ЭНЕРГИЯСЫ

29-ТАҚЫРЫП

1. Электр өрісінің энергиясы.
2. Конденсатордың электр өрісінің энергиясы.
3. Электр өрісі энергиясының тығыздығы.

Бұл зарядталған шарлар өзара өткізгіш сым арқылы қосылғанда не болады? Жауабыңды түсіндір.



1. Электр өрісінің энергиясы

Өткен тақырыптарда айтқанымыздай, өткізгішті зарядтау үшін зарядтар арасындағы кері итеру күшін жеңу жұмысы жасалады. Осы жұмыстың арқасында кез келген зарядталған өткізгіште белгілі бір энергия болады. Разряд кезінде өткізгіш бұл энергияны тұтынады. Зарядталған өткізгіштің алған энергиясының мөлшері ($W_{эл}$ - бұл энергия электр өрісінің энергиясы деп аталады) оны зарядтау кезіндегі жұмыс көлеміне тең, яғни:

$$W_{эл} = A$$

Өткізгішті зарядтауда қандай жұмыс атқарылады? Егер дене бастапқыда зарядсыз болса, оның потенциалы нөлге тең болады. Ол q зарядталғанда оның потенциалы нөлден φ -ге дейін өзгереді. Өткізгішті зарядтау кезінде орындалған жұмыс көлемі 4.16-суретте анықталған ауданға тең. Денені зарядтау кезінде орындалатын жұмыс:

$$A = q \cdot \varphi_{орт} \quad (1)$$

болады. Дене потенциалының орташа мәні оның бастапқы және соңғы мәндердің орташа арифметикалық мәніне тең, яғни:

$$\varphi_{орт} = \frac{0 + \varphi}{2} = \frac{\varphi}{2} \quad (2)$$

$\varphi_{орта}$ теңдеудегі мәнін қойып, келесі формуланы құрамыз:

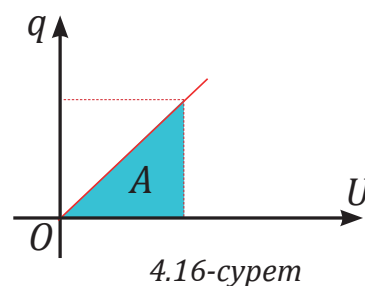
$$A = \frac{q \cdot \varphi}{2} \quad (3)$$

Сонымен, денені зарядтау кезіндегі жұмыс оның заряды мен потенциалының көбейтіндісінің жартысына тең.

Оқшауланған өткізгіштің электр өрісінің энергиясы

$A = W_{эл}$ қатынасына сәйкес оқшауланған өткізгіштің электр өрісінің энергиясын былай жазамыз:

$$W_{эл} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (4)$$



4.16-сурет

IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

2. Конденсатордың электр өрісінің энергиясы

Егер зарядталған дене конденсатордан тұрса, оның электр өрісінің энергиясын ($W_{эл}$) формула (4) бойынша есептегенде заряд шамасын конденсатор зарядымен, ал оның потенциалын оның қақпақтарының арасындағы потенциалдар айырмасымен ауыстыру керек, яғни:

$$W_{эл} = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{C \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (5)$$

байланысты зарядталған конденсатордың электр өрісінің энергиясының формуласы.

$$W_{эл} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (6)$$

түрінде жазуға болады.

Зарядталған дененің энергиясы оның айналасында құрылған электр өрісінде бейнеленген және энергияның мәні электр өрісі таралатын кеңістіктің өлшеміне және өрістің күшіне байланысты. Атап айтқанда, зарядталған жазық өріс конденсаторын қарастырайық. Жазық конденсатордың қаптамаларында зарядтар тудыратын электр өрісі оның қаптамаларының арасында орналасқан. Конденсатор қаптамаларының арасындағы көлемді $V = S \cdot d$ формуласымен өрнектейміз.

Зарядталған жазық конденсатордың сыйымдылығы $C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{d}$ және конденсатор өрісінің кернеулігі мен қаптамалар

арасындағы потенциалдар айырымы арасындағы байланыс және (6) формула бойынша төмендегіге ие боламыз:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S \cdot d^2 \cdot E^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot E^2}{2} \cdot V \quad (7)$$

Зарядталған жазық конденсатордың энергиясы ол жасаған электр өрісі күшінің квадратына және осы өріс алып жатқан кеңістіктің көлеміне тура пропорционал.

3. Электр өрісі энергиясының тығыздығы

Өрістің көлем бірлігіне келетін энергиясы **энергия тығыздығы** деп аталады. Анықтамасы бойынша:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot E^2}{2V} \cdot V = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot E^2}{2} \quad (8)$$

Әрбір конденсатор зарядпен бірге электр өрісінің энергиясын жинақтау мүмкіндігіне ие. Бұл энергияны конденсаторда ұзақ уақыт сақтауға болмайды. Конденсатор уақыт өте келе қаптамалар арасындағы зарядты разрядтайды.



1. Зарядталған дененің электр энергиясы қандай шамаға тәуелді?
2. Конденсаторды зарядтау кезінде қандай жұмыс орындалады?
3. Зарядталған конденсатордың энергиясы қайда сақталады?

Мәселені шешу үлгісі

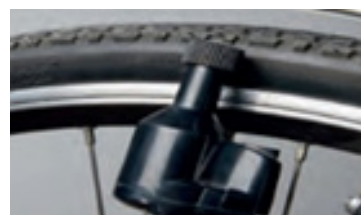
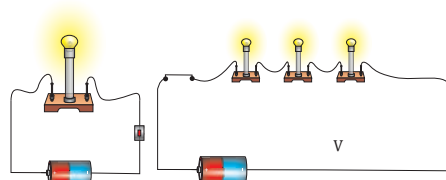
Жазық ауа конденсаторының сыйымдылығы $0,1 \mu\text{F}$ және потенциалдар айырымы 200 V . Конденсатордағы электр өрісінің энергиясын есепте.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$C = 0,1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ F}$ $\varphi_2 - \varphi_1 = 200 \text{ V}$ $W = ?$	$W = \frac{C \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)^2}{2}$	$W = \frac{10^{-7} \text{ F} \cdot 4 \cdot 10^4 \text{ V}}{2} = 2 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ mJ}$ Жауап: 2 mJ .

24-жаттығу



1. Массасы 10^{-8} g зарядталған шаң бөлшектері потенциалдар айырымы 5 kV екі параллель пластиналар арасында біртекті электростатикалық өрісте ілініп тұр. Пластиналардың арақашықтығы 5 cm болса, бөлшектің зарядын тап.
2. Шексіз заряд жазықтығының жанындағы 2 nC нүктелі бөлшек сыртқы өрістің әсерінен күш сызықтары бойымен 2 cm қозғалады. Бұл жағдайда электр өрісі $5 \mu\text{J}$ жұмыс жасады. Жазықтықтағы зарядтың беттік тығыздығын тап.
3. Массасы 40 mg , оң заряды 1 nC шар 10 cm/s жылдамдықпен қозғалады. Бұл шар 8 nC -қа тең d нүктелік зарядқа қандай қашықтыққа жақындай алады?
4. Әрқайсысы $\varphi_0 = 25 \text{ V}$ қа дейін зарядталған 64 бірдей сфера тәріздес сынап тамшыларын қосу арқылы пайда болған үлкен сынап тамшысының φ потенциалын тап.



Қосымша тапсырмалар



1. Егер a суретіндегі шамның жанында тағы екі шам тізбектей жалғанса, ол b суретіндегідей болады. Бірінші шамның жарықтығы қалай өзгереді? Жауабыңды түсіндір.
2. Велосипед дөңгелегіне қосылған электр шамы құрылғының айналмалы бөлігі айналғанда оған сым арқылы жалғанған электр шамы неліктен жанады? Велосипед жылдамырақ жүрсе, шамның жарықтығы өзгере ме? Жауабыңды түсіндір.

30-ТАҚЫРЫП

ПРАКТИКАЛЫҚ САБАҚ.

ЭНЕРГИЯНЫҢ БІР ТҮРДЕН БАСҚА ТҮРГЕ АЙНАЛУЫ

Қауіпсіздік ережелері:

- Электр дәнекерлеу кезінде абай бол.
- Желімдеу кезінде абай бол.

Сабақтың мақсаты: Энергияның сақталу және айналу заңын меңгерту.

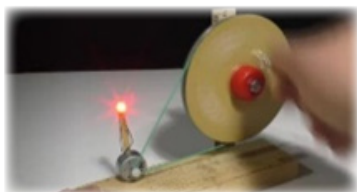
Қажетті құрал-жабдықтар: 2 дана ағаш (біреуі 25x5x2 см негізгі өлшемімен, біреуіне сызғышты да қолдануға болады), 2 DVD дискі, 2 пластик контейнер (баклашка) қақпақтары, 2 болт –гайка және шайба, қаламның жоғарғы пластик бөлігі, 1 электр қозғалтқышы, жарық диоды, ыстық желім, электр дәнекерлеуші, картон.

Жұмыс тәртібі:

1. Сызғыштың бір жағынан 5 см қашықтықтағы нүктені белгілеп, сол нүктеден болт үшін жеткілікті кең тесікті бұрғыла.
2. Сызғышты ағаш блокқа желіммен бекіт.
3. Картонды диск түрінде кесіп, екі дискінің арасына жабыстыр (картоннан кесілген дискінің диаметрі DVD дискінің диаметрінен кішірек болады).
4. Пластикалық ыдыстың қақпағын екі дискінің сыртқы жағының ортасына жабыстыр.
5. Қақпақтың ортасында тесік бұрғыла және оны болт пен гайкамен сызықшаға бекіт.
6. Дискінің кез келген жерінен тесіп, екінші болт-гайканы бекіт. Қаламның пластик бөлігін болттың артық бөлігіне қойып, оны гайкамен бекіт (пластикалық бөлік болттың үстіне оңай айнала алатындай).
7. Ағаш брусokтың екінші жағына электр қозғалтқышын жабыстыр.
8. Жалғастырушы сымдарды пайдаланып, электр дәнекерлеу үтіктің көмегімен жарық диодын электр қозғалтқышының екі полюсіне жалға.
9. Резеңке сақинаның бір жағын электр қозғалтқышының сырғанау дөңгелегіне, ал екінші жағын дискілер арасындағы картон дискіне сал.
10. Қаламның пластик бөлігін ұстап, болтқа бұра.
11. Дискілерді айналдыру кезінде қозғалтқышқа бекітілген жарық диодының жануын қадағала және қорытынды жаса.



1. Энергияның бір түрден екінші түрге ауысуын көрсету үшін тағы қандай практикалық жаттығуды қолдануға болады?
2. Қандай энергияның басқа энергия түріне айналуын байқадыңдар?
3. Жоғарыдағы практикалық жұмыста қандай жабдықпен орындадың ол басқа құрылғымен ауыстырылса да практикалық жұмысты орындауға болады ма?
4. Жоғарыдағы практикалық жаттығуда қандай энергия тағы қандай энергияға айналды?





ЕСЕПТЕР ШЕШУ

31-ТАҚЫРЫП

Мәселені шешу үлгісі

1. Массасы 10 g шар потенциалы 100 V болған А нүктесінен потенциалы нөлге тең В нүктесіне жылжытылды. Шардың заряды 10 nC, А нүктесіндегі жылдамдығы 2 cm/s. В нүктесіндегі шардың жылдамдығын анықта.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$ $\varphi_A = 100 \text{ V}$ $\varphi_B = 0$ $q = 10^{-8} \text{ C}$ $v_A = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$	$A = q(\varphi_A - \varphi_B)$ $\Delta E_k = \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_B^2}{2}$	Зарядталған шар электр өрісінің күшімен қозғалады. Шарды жылжытқанда электр күштерінің жұмысы шардың кинетикалық энергиясының өзгеруіне тең, яғни: $A = \Delta E_k$. Егер $A = q(\varphi_A - \varphi_B)$ $\Delta E_k = \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_B^2}{2}$ қатынастарды қолданатын болсақ, В нүктесінде жылдамдығы келесідей болады: $v_B = \sqrt{v_A^2 - \frac{2q(\varphi_A - \varphi_B)}{m}}$ $v_B = \sqrt{4 \cdot 10^{-4} - \frac{2 \cdot 10^{-8}(100 - 0)}{10^{-2}}} \approx 1,4 \text{ cm/s.}$ Жауап: $v_B \approx 1,4 \text{ cm/s.}$
$v_B = ?$		

25-жаттығу



1. Көлденең жазық конденсатор аймағында заряды $2,22 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ сабын көпіршігі ілінген. Көпіршіктің массасы 0,01 g, ал пластиналар арасындағы қашықтық 5 cm. Конденсатор пластиналары арасындағы потенциалдар айырмасын анықта.

2. 792 V потенциалға дейін зарядталған шардың бетінің тығыздығы $3,33 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$. Шардың радиусын анықта.

3. Электр өрісінің әсерінен электрон қозғалып, жылдамдығын $\varphi_1 = 10 \text{ Mm/s}$ -тен $\varphi_2 = 30 \text{ Mm/s}$ -қа дейін арттырды. Көшудің бастапқы және соңғы нүктелері арасындағы $\varphi_1 - \varphi_2$ потенциалдар айырмасын тап. Электронның массасы $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, ал заряды $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ -қа тең.

4. Пластинаның беті 1 m^2 және олардың арасындағы қашықтық 1,5 mm болатын жазық ауа конденсаторының сыйымдылығын анықта.

5. Жер шарының сыйымдылығын анықта. Жердің радиусын 6400 km деп алайық.



IV ТАРАУ. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ӨРІС

IV ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ЕСЕПТЕР

1. Вакуумдегі ($\epsilon_1 = 1$) және судағы ($\epsilon_2 = 81$) радиусы 20 см оқшауланған металл шардың C_1 және C_2 сыйымдылықтарын тап.

2. 16 нС және 36 нС зарядтар бір-бірінен 10 см қашықтықта қозғалған. Өріс кернеулігі нөлге тең нүкте 2 - зарядтан қанша қашықтықта орналасқан?

3. Қабырғалары 10 см дұрыс үшбұрыштың екі шетінде $-4 \mu\text{C}$ және $4 \mu\text{C}$ екі нүктелік зарядтар орналасқан. Тізбектің үшінші ұшындағы электр өрісінің кернеулігін тап.

4. Потенциалдар айырымы 100 V болатын екі нүкте арасында нүктелік зарядты жылжыту кезінде өріс $5 \mu\text{J}$ жұмыс істесе, заряд мөлшерін анықта.

5. Электростатикалық өрістің нүктесіндегі 50 нС зарядтың потенциалдық энергиясы $7,5 \mu\text{J}$. Осы нүктедегі электр өрісінің потенциалын тап.

6. $0,4 \mu\text{C}$ және $-0,6 \mu\text{C}$ екі нүктелік заряд бір-бірінен 12 см қашықтықта орналасқан. Зарядтарды қосатын қималар арасындағы электр өрісінің потенциалын тап.

7. 3 нС екі нүктелік заряд ауада бір-бірінен 50 см қашықтықта орналасқан. Олар 20 см-ге дейін жақындату үшін орындалған жұмысты аяқтайды.

8. Екі зарядталған параллель пластиналардың арақашықтығы 12 см, ал потенциалдар айырымы 180 болса, пластиналар арасындағы өрістің кернеулігін анықта.

9. Күштілігі 6000 V/m бір электр өрісінде алынған екі нүктенің арақашықтығы 2 см-ге тең болса, потенциалдар айырмасын тап.

10. Жазық конденсатордың қаптамаларының арасындағы кернеу 150 V, ал заряды $80 \mu\text{C}$ болса, конденсатордағы электр өрісінің энергиясын тап.

11. Жазық конденсатор $40 \mu\text{C}$ зарядталғанда оның энергиясы 20 mJ -ға тең болды. Конденсатор пластиналарының арасындағы кернеуді тап.

12. Диэлектрлік өткізгіштігі 4, тығыздығы $3 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ ортадағы электр өрісінің энергия тығыздығын тап. Ортаның диэлектрлік өткізгіштігі 4-ке тең.

13. Тығыздығы $27,3 \text{ kV/m}$ электр өрісінде қозғалатын электронның үдеуі неге тең (m/s^2)?

14. Радиусы 6 см металл шар 24 нС зарядталған. Шар центрінен 3 см және бетінен 4 см қашықтықтағы кернеуді (kV/m) тап.

V ТАРАУ



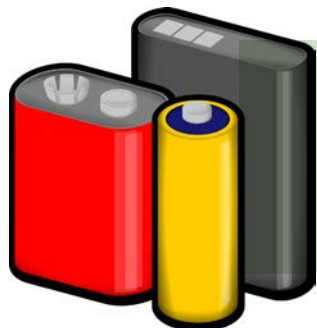
ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

Сіз бұл тарауда келесідей тақырыптар бойынша ақпарат аласыз:

- ток күші мен ток тығыздығы;
- толық тізбек үшін Ом заңы;
- металдардағы электрондардың реттелген қозғалыс жылдамдығы;
- металл өткізгіштердің кедергісінің температураға тәуелділігі.

32-ТАҚЫРЫП**ТОК КҮШІ ЖӘНЕ ТОК ТЫҒЫЗДЫҒЫ**

1. Ток және оның өлшем бірлігі.
2. Токтың тығыздығы және оның өлшем бірлігі.
3. Өнеркәсіп пен технологиядағы ток тығыздығының маңызы.



1. *Электр тогының пайда болу шарттарын сипатта.*
2. *Күнделікті өмірде қолданылатын гальваникалық элементтер мен аккумуляторларға мысалдар келтіріңіз.*
3. *Үйіңде қолданатын токтардың қайсысы тұрақты, қайсысы айнымалы?*

1. Ток күші және оның өлшем бірлігі

Күнделікті өмірімізді электр қуатынсыз елестету қиын. Бұл біздің өмірімізді жеңілдетуге көмектеседі. Таңертең электр жарығын жағамыз, киімімізді электр үтікпен үтіктейміз, тоңазытқыштан өнімдерді алып, микротолқынды пешпен жылытамыз, мобильді құрылғылар мен ноутбуктерді зарядтаймыз, мектепке барғанда сыныпқа кіріп-шыққанда қоғырау соғылып, жарық бөлмелерде оқимыз. Қазіргі таңда электр тогы арқылы жүретін автомобиль (электромобилдерге) әлем бойынша сұраныс артуда. Назар аударсақ, жоғарыдағылардың барлығында электр тогының қызметі бар.



Электр тогы электр өткізгіштерде, электролиттерде, газдарда және вакуумда қозғалатын электрондар немесе иондар сияқты зарядталған бөлшектердің ағынынан тұрады.

Еркін қозғалыстағы зарядталған бөлшектерді заряд тасымалдаушылар деп атайды. Түрлі орталардағы электр тогын түрлі бөлшектер тасиды:

Металдардағы еркін заряд тасымалдаушылар – өткізгіш арқылы қозғалатын бос электрондар, газдардағы бос электрондармен бірге оң және теріс иондар, жартылай өткізгіштердегі электрондармен кеуектер, электролиттердегі иондар.

Электр тогының бар екенін оның әсерлері арқылы білуге болады:

- а) токтың жылу эффектісі – өткізгіш арқылы электр тогы өткенде ол қызады (5.1 а-сурет);
- б) токтың химиялық әсері – электролит арқылы ток өткенде зат бөлінеді (5.1 б-сурет);
- д) токтың магниттік әсері – ток өткізгішінің жанына орналасқан магнит стрелкасы бұрылады (5.1 в-сурет).

Электр тогы вакуум мен асқын өткізгіштерден өткенде жылу эффектісі байқалмайды.

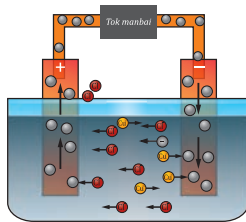
Электр тогының химиялық әсері тек электролиттерде байқалады.



Электр тогының магниттік әсері кез келген ортада ток өткенде байқалады.

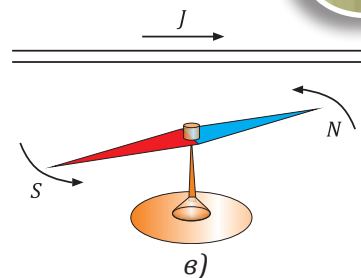


а)



б)

5.1-сурет



в)

Ток әсерін мөлшер жағынан сипаттау үшін ток күші деген шама енгізілген. Ток күші өткізгіш арқылы өтетін заряд мөлшерімен анықталады және төмендегідей сипатталады.

Өткізгіштің көлденең қимасы арқылы бір уақытта өткен заряд мөлшерін көрсететін физикалық шама *ток күші* деп аталады.

Ток күші I әрпімен белгіленеді. Ток күшінің ХБЖ-де өлшем бірлігі ампер (A) болып табылады.

Анықтамаға сәйкес ток күші:

$$I = q/t \quad (1)$$

формуласы арқылы табылады.

Ток, электр заряды сияқты, скаляр шама.

Электр тогының бағыты ретінде оң зарядты бөлшектердің реттелген қозғалыс бағыты қабылданған. Электр тогы әрқашан оң полюстен теріс полюске өтеді, яғни электрондардың реттелген қозғалысына қарама-қарсы бағытта болады (5.2 а-сурет).

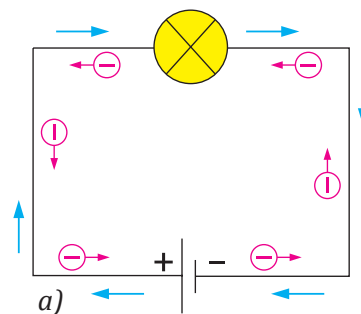
Егер шынжырдағы ток күші және бағыты уақыт өтуімен өзгермей қалса, мұндай ток тұрақты ток, өзгерсе айнымалы ток делінеді. Ток айнымалы болған жағдайда ток күшінің орташа мәнінен пайдаланамыз.

Мысалы, ток күші сызықты түрде өзгерсе, орташа ток келесі түрдегідей табылады:

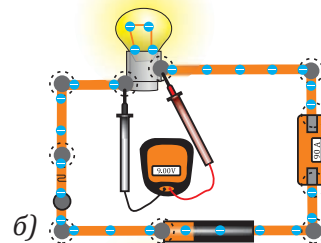
$$I_{\text{орт}} = \frac{I + I_0}{2} \quad (2)$$

Мұнда: I_0 - бастапқы уақыттағы, I - t уақыттан кейінгі ток күші. Өткізгіштен t уақытта ағып өткен заряд мөлшері $q = I_{\text{орта}} \cdot t$ формуласы арқылы анықталады.

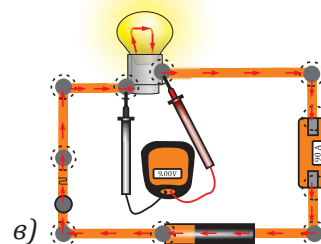
5.2 б-сурет және 5.2 в-суреттерде сен төмендегі сілтеме арқылы виртуалды көріністе тікелей орындап, токтың және электрондардың қозғалу бағытын көруің мүмкін.



а)



б)



в)

5.2-сурет



V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

2. Токтың тығыздығы және оның өлшем бірлігі

Металдардан электр тогының өтуін қарастырайық.

Көлденең қимасы S және ұзындығы Δl болатын өткізгіштің қимасын бөлеміз (5.3-сурет). бір бөлшектің заряды q_0 -ға тең.

Ажыратып алынған 1-ші және 2-ші беттер арасындағы бөлшектердің саны:

$$N = n \cdot V = n \cdot S \cdot \Delta l \quad (3)$$

ға тең. Мұнда n - зарядталған бөлшектер концентрациясы. Ажыратып алынған Бөлікте ток өндіретін жалпы заряд мөлшері төмендегіге тең болады:

$$q = q_0 \cdot N = q_0 \cdot n \cdot S \cdot \Delta l \quad (4)$$

Ток күші анықтаманың формуласына сәйкес, төмендегідей:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_0 \cdot N}{t} = \frac{q_0 \cdot n \cdot S \cdot \Delta l}{t} = n \cdot S \cdot v \cdot q_0 \quad (5)$$

Мұндағы v – зарядталған бөлшектің реттелген қозғалысы (дрейф) жылдамдығы. Өткізгіштегі токтың таралу жылдамдығын айтқанда, бұл зарядталған бөлшектердің реттелген қозғалысының жылдамдығы емес, қоршаған ортадағы электр өрісінің таралу жылдамдығы. Электр өрісінің таралу жылдамдығы вакуумдегі жарық жылдамдығына жақын ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).

Өткізгіштің көлденең қимасының бірлігі арқылы өтетін токқа тең шама *электр тогының тығыздығы* деп аталады. Токтың тығыздығы (j) әрпімен белгіленеді.

$$j = \frac{I}{S}$$

Ток тығыздығы $[j] = \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ де өлшенеді:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{n \cdot q_0 \cdot v \cdot S}{S} = n \cdot q_0 \cdot v$$

Токтың тығыздығы векторлық шама, ал оң зарядталған бөлшектің жылдамдығы v векторының бағытымен сәйкес келеді.

3. Өнеркәсіп пен технологиядағы ток тығыздығының маңызы

Өткізгіштегі ток тығыздығы өткізгіштің қанша электр энергиясымен қамтамасыз етілгенін көрсетеді. Өткізгіште артық қалдықтарды болдырмау үшін, яғни шығындарды азайту үшін ондағы ток тығыздығын оңтайлы таңдау керек.

Ток тығыздығының өлшеміне өткізгіш материалы әсер етпесе де, ол өткізгіштің меншікті кедергісі мен ұзындығына байланысты таңдалады. Тұрмыстық мақсатта қолданылатын өткізгіштер токтың үнемді режиміне сәйкес таңдалады.



1. Электр тогы дегеніміз не?
2. Ең қарапайым ток көзі қандай? Оның құрылымы қандай?
3. Ненің әсерінен зарядтар өткізгіш бойымен қозғалады?
4. Электр тогының әсерін түсіндір.
5. Электр тізбегінде энергия қалай өзгереді?
6. Электр тізбегінің сұлбасындағы шартты белгілер туралы не білесің?
7. Тұрмыстық қызмет пен өнеркәсіптегі ток тығыздығының маңызы неде?

Мәселе шешу үлгілері

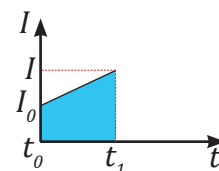
1. Диаметрі 1 mm болған өткізгіш арқылы 5 A ток өтуде. Өткізгіштегі токтың тығыздығын есепте.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$D = 1 \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $I = 5 \text{ A}$	$j = \frac{I}{S}$ $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$S = \frac{3,14 \cdot (1 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 0,785 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $j = \frac{5 \text{ A}}{0,785 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} \approx 6,37 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$ Жауап: $j \approx 6,37 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$.
$j = ?$		

2. Көлденең қимасының ауданы 1 mm² өткізгіш арқылы 1 A ток өтсе, электрондардың қозғалу жылдамдығы қандай? Өткізгіштегі бос электрондардың концентрациясын $n = 10^{28} \text{ m}^{-3}$ деп алайық.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$S = 1 \text{ mm}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $I = 1 \text{ A}$ $n = 10^{28} \text{ m}^{-3}$	$v = \frac{I}{enS}$	$v = \frac{I}{enS} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{28} \cdot 10^{-6}} = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ Жауап: $v = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.
$v = ?$		

3. Өткізгіштен өтіп жатқан ток күші $I = 4 + 3t$ заңдылығы бойынша өзгерген болса, 2 s уақыт ішінде өткізгіштің көлденең қима бетінен неше электрон ағып өтеді?



Берілген:	Формула:	Есептеу:
$I_0 = 4 \text{ A}$, $k = 3 \text{ A/s}$, $t_0 = 0 \text{ s}$ $t_1 = 2 \text{ s}$	$I = I_0 + k \cdot t$ $I_{\text{орт}} = (I + I_0)/2$ $q = I_{\text{орт}} \cdot t$	$I = (4 + 3 \cdot 2) \text{ A} = 10 \text{ A}$ $I_{\text{орт}} = (4 + 10)/2 = 7 \text{ A}$ $q = 7 \cdot 2 = 14 \text{ C}$ Жауап: $q = 14 \text{ C}$.
$q = ?$		



V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ



26-жаттығу

1. Гальванометр арқылы $1,6 \mu\text{A}$ ток өтсе, 10 s ішінде қанша электрон өтеді?
2. Заряды 7 nC нүктелік заряд керосиннің ішінде. Одан 10 cm қашықтықтағы электр өрісінің күшін табыңдар. Керосиннің диэлектрлік өткізгіштігін $2,1$ деп алайық.
3. Тізбектегі электр шамы арқылы 5 минут ішінде 30 C заряд өткен болса, тізбектегі ток күші неге тең?
4. Электр тізбегіне қосылған шам арқылы $0,1 \text{ A}$ ток өтеді. Электр шамының орамынан 8 минутта қанша заряд өтеді? Осы уақыт ішінде шам арқылы өткен электрондардың санын есепте.
5. Аккумулятор 25 минут ішінде 4 A ток бере алады. Мұндай аккумулятор қанша электр зарядын сақтай алады?

Үйге тапсырмалар

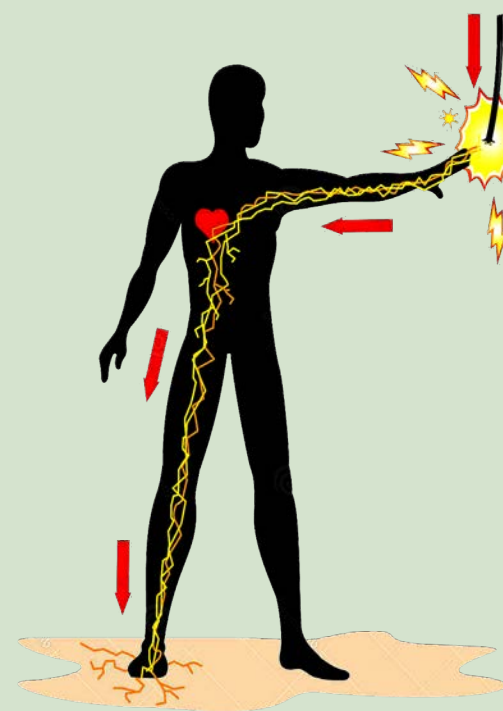
Қауіпсіздік шараларын қатаң сақта!

1. Калькулятор, қол фонары, ойыншық мылтық, басқарылатын машинаны және тағы сол сияқтылардың гальваникалық элемент (батареяларды) алып, олардың қанша ампер ток күшін және қанша вольт кернеу беретінін дәптеріңе жазып ал.
2. Гальваникалық элемент пен екі шамды алдымен тізбектей, содан кейін өткізгіштер арқылы параллель жалға. Екі жағдайда да шамдардың жануына назар аудар. Неліктен екенін түсіндіруге тырыс.

ПАЙДАЛЫ АҚПАРАТ

Токтан зақымдану алғаш рет 1862 жылы тіркелді. Бұл жағдайда ток өткізетін сымның ашық жеріне тиіп адам қаза тапты. Кейде электр сымдарына тию арқылы өлімге әкелетін соққыға ұшырауың мүмкін. Себебі құрғақ терінің кедергісі 100000 Ом немесе одан да көп. Сондықтан Ом заңы бойынша 100000 Ом кедергісі бар теріге 9 вольтты гальваникалық элементке тию қауіпсіз емес. Бұл зиянды болу үшін ток жеткіліксіз. Қабырғалық розеткадағы 120 V ток тері арқылы $0,0012$ ампер ($120 \text{ V} \div 100000 \text{ Ом}$) қауіпті ток шығарады. Бұл гальваникалық элементте пайда болған токтан 13 есе көп.

Кейде су теріңе түседі. Ылғал тері құрғақ теріге қарағанда әлдеқайда аз қарсылыққа ие. Төмен қарсылық кез келген кернеу де денең арқылы көбірек токтың өтуіне мүмкіндік береді. Су мен 120 вольтты электр тоғының қосындысы өте қауіпті. Өйткені сіздің денеңіздегі жоғары кернеу мен төмен қарсылық үлкен (және мүмкін қауіпті) токтың ағуына әкеледі. Сондықтан оны пайдалану үшін құрылғыларды ток көздеріне дұрыс қосуды үйренуіміз керек. Іс жүзінде 42 V жоғары кернеу адам денесі үшін қауіпті болып табылады.





ТОЛЫҚ ТІЗБЕК ҮШІН ОМ ЗАҢЫ

33-ТАҚЫРЫП

1. Ток көзіндегі зарядты көшіруде сыртқы күштердің атқарған жұмысы.
2. Ток көзінің электр қозғаушы күші.
3. Ток көзінің ішкі кедергісі.
4. Толық тізбек үшін Ом заңы.
5. Ток көзіндегі қысқа тұйықталу.

1. Тізбектің бір бөлігі үшін Ом заңының формуласын айт.
2. Тізбекке вольтметр мен амперметр қалай жалғанады?
3. Ток көзінің полюстеріне вольтметр жалғанса, ол нені көрсетеді?



1. Ток көзіндегі зарядты көшіруде сыртқы күштердің атқарған жұмысы

Өткізгіштерде электр тогын тудыру үшін өткізгіштің ішінде электр өрісін құру қажет. Ағымдағы көздер бұл тапсырманы орындайды. Ағымдағы көздер әртүрлі және олардың барлығы оң және теріс зарядтарды бөлу үшін жұмыс істейді. Бөлінген зарядтар ток көзінің полюстерінде жинақталады.

Полюстер - бұл қысқыштар арқылы өткізгіштерге қосылатын орындар. Ток көзінің бір полюсі оң, ал екінші полюсі теріс зарядталады және олардың арасында ішкі электр өрісі пайда болады.

Демек, көздің ішінде табиғаты бойынша электростатикалық күштерден өзгеше күштер болуы керек. Бұл күштер сыртқы күштер деп аталады. Олар ток көзінің ішіндегі зарядқа әсер етеді және бұл күштер электр тізбегіне энергия береді. Сыртқы күштердің әсерінен ток көзіндегі зарядтар бір-бірінен ажыратылады, біз оны көздің полюстерінде көреміз. Яғни оң полюсте оң заряд, ал теріс полюсте теріс заряд жиналады.

Егер ток көзінің полюстері өткізгішпен қосылса, өткізгіштегі сыртқы күштердің әсерінен пайда болған электр өрісінің әсерінен бос электрондар өткізгіш бойымен қозғалады және электр тогы пайда болады. Шеткі күштердің табиғаты әр түрлі болуы мүмкін.

Ток көздерінде зарядтардың бөлінуі кезінде механикалық, химиялық, ішкі және басқа энергия түрлері электр энергиясына айналады. Осылайша, кез келген ток көздерінде электр энергиясы энергияның басқа түрлерінің есебінен өндіріледі.

Мысалы, механикалық энергия электр қозғалтқыш энергиясына, термоэлементтің ішкі энергиясына, фотоэлементтердің жарық энергиясына, гальваникалық элемент пен аккумулятордың химиялық энергиясы электр энергиясына айналады.

Гальваникалық элементтердің жұмысы кезінде электродтар желініп, ерітінді жұмсалады. Сондықтан белгілі бір уақыттан кейін оларды ауыстыруға тура келеді.





V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

Аккумуляторларда электродтар жойылмайды. Ең қарапайым аккумулятор күкірт қышқылы ерітіндісіне батырылған екі қорғасын пластинасынан тұрады.

Аккумулятор зарядталған кезде электр тогы жұмыс істейді, нәтижесінде батареяның химиялық энергиясы артады. Аккумулятор заряды таусылғанда химиялық энергия электр энергиясына айналады.

2. Ток көзінің электр қозғаушы күші

Ток көзінде бос зарядтардың электростатикалық күштерге қарсы қозғалысында сыртқы күштер әрекет етеді. Электр тізбегінде ток болуы үшін өткізгіштің ішіндегі зарядты жылжыту үшін сыртқы күштер жұмыс істеуі керек.

Бірлік оң зарядты тұйық контур бойымен жылжытқанда сыртқы күштердің атқаратын жұмысына тең физикалық шама көздің электр қозғаушы күші деп аталады. Ток көзінің ЭҚК $\mathcal{E}$ (эпсилон) әрпімен белгіленеді.

Анықтамаға сәйкес ток көзінің өткізгіштік қуаты келесідей жазамыз:

$$\mathcal{E} = A_{\text{сырт}} / q$$

Мұнда: $\mathcal{E}$ – ЭҚК, $A_{\text{сырт}}$ – сыртқы жұмыстардың орындаған жұмысы, q – заряд. Ток көзінің ЭҚК контур ашық болған кезде оның полюстері арасындағы потенциалдар айырмасына тең. Демек, электр қуатының бірлігі вольт (V) бірлігінде өлшенеді, сондай-ақ потенциалдар айырмасы, яғни:

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J} / 1 \text{ C}$$

3. Ток көзінің ішкі кедергісі

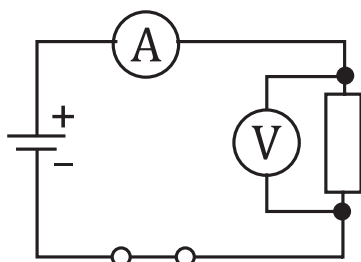
Электр тізбегі мүлдем басқа бөліктерден тұрады. Электр тогын тұтынушылар, электр өлшеуіш аспаптар, ток өткізгіш сымдар тізбектің сыртқы бөлігін құрайды, ал ток көзінің өзі тізбектің ішкі бөлігі болып табылады. Электр тізбегінің сыртқы бөлігінің кедергісін R деп, оған әсер ететін ток көзінің ЭҚК $\mathcal{E}$, ішкі кедергісін r деп белгілейміз (5.4-сурет).

4. Толық тізбек үшін Ом заңы

Ток көзіне кедергісі R резисторды қосу арқылы тұйық тізбекті жасаймыз. ЭҚК мәні $\mathcal{E}$ және оның ішкі кедергісі r болсын. Генераторларда ішкі кедергі r орамалардың кедергісі, ал гальваникалық элементте электролит ерітіндісі мен электродтардың кедергісі түсініледі.

Тұйық контур үшін Ом заңы тізбектегі ток күші I екенін көрсетеді, ЭҚК $\mathcal{E}$ және тізбектің толық кедергісі $(R+r)$ бір-бірімен байланысады. Тұйық электр тізбегінің бөліктеріне Ом заңы қолданылса, тізбектің сыртқы және ішкі бөліктеріндегі кернеулердің қосындысы көздің қозғаушы күшіне тең болады, яғни:

$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r = U_R + U_r$$



5.4-сурет



Мұнда:

$$I = \mathcal{E} / (R + r)$$

Бұл теңдеу **тұйық (толық) тізбек үшін Ом заңының** математикалық өрнегі болып табылады, ол келесідей анықталады:

Тұйық тізбек арқылы өтетін ток көздің электр тогына теңконтурдың жалпы кедергісіне пропорционал және кері пропорционал.

5. Ток көзіндегі қысқа тұйықталу

Егер сыртқы тізбек ажыратылса және көз полюстері бір-біріне қосылса ($R = 0$ болғанда), қысқа тұйықталу пайда болады. Қысқа тұйықталу тогы $I_{қ.т}$ ЭҚК-і $\mathcal{E}$ және ішкі кедергісі r – ток көзі бере алатын максималды ток:

$$I_{қ.т} = \mathcal{E} / r$$



1. ЭҚК дегеніміз не?
2. Ток көзінің ішкі кедергісі нені білдіреді?
3. Тізбек бөлігі мен толық тізбек үшін Ом заңының айырмашылығы неде?
4. Электр тогын немен салыстыруға болады?
5. Қысқа тұйықталуды байқадың ба?
6. Ток көзінің ішкі кедергісі маңызды шама ма?

Мәселе шешу үлгілері

Ток көзінің ЭҚК және ішкі кедергісін анықтау үшін оның қысқыштарына 2Ω , содан кейін 4Ω кедергісі бар резисторлар кезекпен жалғанған. Бірінші жағдайда ток күші $0,5 \text{ A}$, ал екінші жағдайда $0,3 \text{ A}$ -ға тең болса, ток көзінің ішкі кедергісі және ЭҚК-сі неге тең?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$R_1 = 2 \Omega$ $R_2 = 4 \Omega$ $I_1 = 0,5 \text{ A}$ $I_2 = 0,3 \text{ A}$	$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}$ $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}$	$0,5 = \frac{\mathcal{E}}{2 + r}; \quad 0,3 = \frac{\mathcal{E}}{4 + r}$ Бұл өрнектерден: $r = 1 \Omega$; $\mathcal{E} = 1 + 0,5r = 1,5 \text{ V}$ екенін табамыз. Жауап: $r = 1 \Omega$; $\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$.
$r = ? \quad \mathcal{E} = ?$		

V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

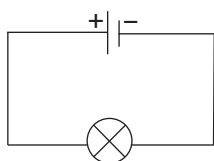


27-жаттығу

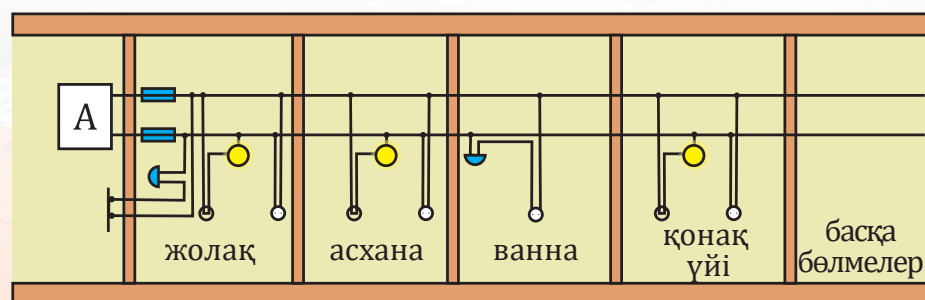
1. Аккумулятордың ішкі кедергісі $0,2 \Omega$, ЭҚК 5 V , оған қосылған өткізгіштегі кернеудің төмендеуі $4,5 \text{ V}$ болса, өткізгіштің кедергісі (Ω) неге тең?
2. Ішкі кедергісі 2Ω болатын ток көзіне 5Ω сыртқы кедергіні қосқанда, көз қысқыштарындағы кернеу 10 V -қа дейін төмендейді. Дереккөздің ЭҚК мәнін тап.
3. Тізбектің сыртқы кедергісі $1,5 \Omega$ болғанда ток күші I -ге, ал 4Ω болғанда $I/2$ -ге тең болды. Көздің ішкі кедергісін (Ω) тап.
4. Тізбек кедергісі 4Ω резистордан және ЭҚК 6 V , ішкі кедергісі 2Ω ток көзінен тұрады. Резистордағы кернеудің төмендеуі (V) неге тең?
5. Кернеуі 3 V , ішкі кедергісі $0,6 \Omega$ аккумулятордың қысқыштарын кедергісі өте аз металл өткізгішке жалғаса, ол арқылы қандай ток (A) өтеді?



Қосымша тапсырмалар



1. Осы тізбекті қайта сыз және ток күшін өлшеу үшін амперметрді және шамдағы кернеуді өлшеу үшін вольтметрді қос.
2. Осы үйдегі электр құрылғыларының схемасын қара, олардың қалай жалғанғанын және әдеттегі белгілер арқылы қандай электр құрылғыларын пайдалану керектігін айт!





ЕСЕПТЕР ШЕШУ

34-ТАҚЫРЫП

Мәселені шешу үлгісі

1. Ток көзі $R_1=1,8 \Omega$ сыртқы кедергіге қосқанда $I_1 = 1,7 \text{ A}$ ток береді. Сыртқы кедергі $R_2=2,3 \Omega$ болғанда ток күші азайып, $I_2 = 0,56 \text{ A}$ болған болса, ЭҚК $\mathcal{E}$ және ішкі кедергіні r – ді тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$R_1 = 1,8 \Omega$ $I_1 = 1,7 \text{ A}$ $R_2 = 2,3 \Omega$ $I_2 = 0,56 \text{ A}$	$\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_1 r$ $\mathcal{E} = I_2 R_2 + I_2 r$	$I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r \quad r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$ $r = \frac{(0,56 \cdot 2,3 - 0,7 \cdot 1,8) \text{ A} \cdot \Omega}{(0,7 - 0,56) \text{ A}} = 0,2 \Omega$ $\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_1 r = I_1 (R_1 + r) = 0,7 \text{ A} \cdot (1,8 + 0,2) \Omega = 1,4 \text{ V}$ Жауап: $r = 0,2 \Omega$; $\mathcal{E} = 1,4 \text{ V}$.

2. Диаметрі 2 mm өткізгіш арқылы $3,14 \text{ A}$ ток өтсе, оның ток тығыздығын (A/m^2) тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$D = 2 \text{ mm}$ $I = 3,14 \text{ A}$	$j = \frac{I}{S}$	$j = \frac{I}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{3,14 \text{ A}}{3,14 \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-3})^2}{4} \text{ m}^2} = \frac{4000000 \text{ A}}{4 \text{ m}^2} = 1000000 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$
$j = ?$	$S = \pi R^2$; $D = 2R$ $j = \frac{I}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}}$	Жауап: $j = 1 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$.

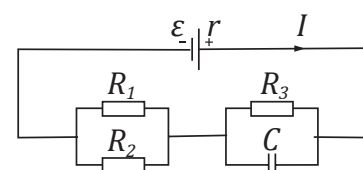
28-жаттығу



1. Батарея полюстеріне қосылған ішкі кедергісі $R_A = 2 \Omega$ амперметр $I = 5 \text{ A}$ ток көрсетеді. Ішкі кедергісі $R_V = 150 \Omega$ болатын вольтметр бірдей батарея полюстерінде $U = 12 \text{ V}$ кернеуін көрсетсе, қысқа тұйықталу тогын тап.

2. Мыс сымдағы бос электрондардың концентрациясы $8 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ және олардың реттелген жылдамдығы $5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ болса, токтың тығыздығы (A/m^2) неге тең?

3. Ішкі кедергісі $r = 3 \Omega$ гальваникалық элементпен қамтамасыз етілген тізбек 5.5-суретте көрсетілгендей параллель қосылған. $R_1 = R_2 = 28 \Omega$ екі резистор және кедергісі $R_3 = 40 \Omega$ резистор жіптерден тұрады. $C = 5 \mu\text{F}$ сыйымдылығы бар конденсатор R_3 резисторына параллель қосылғанда, ол $q = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ электр зарядымен зарядталған. $\mathcal{E}$ элементінің ЭҚК тап.

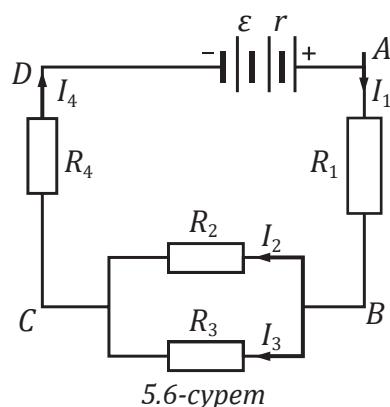


5.5-сурет



V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

4*. Әрқайсысының ЭҚК $\mathcal{E}=1,5\text{ V}$ және ішкі кедергісі $r = 0,5\ \Omega$ болатын 3 элементтен тұратын аккумулятор 5.6-суретте көрсетілгендей сыртқы тізбекке қосылған. Сыртқы тізбектегі кедергілер $R_1 = 1,2\ \Omega$, $R_2 = 1\ \Omega$, $R_3 = 4\ \Omega$, $R_4 = 1\ \Omega$ болса, әрбір кедергіден өтетін I_1, I_2, I_3, I_4 токтарды және олардағы кернеулерді U_1, U_2, U_3, U_4 тап.



5*. Әрбір ЭҚК $\mathcal{E} = 1,2\text{ V}$, ішкі кедергі $r = 0,5\ \Omega$ 2 элементті параллель қосу арқылы пайда болған батарея 5.7-суретте көрсетілгендей сыртқы тізбекке қосылған. Тізбектегі кедергілер $R_1=2,75\ \Omega$, $R_2=6\ \Omega$, $R_3=3\ \Omega$ және $R_4=20\ \Omega$ болса, R_3 арқылы өтетін токты тап.

6. ЭҚК 12 V , ішкі кедергісі $1\ \Omega$ тұрақты ток көзіне кедергісі $2\ \Omega$ резистор қосылған. Ток көзі (A) арқылы өтетін токты есепте.

7. Электр тізбегінің сыртқы кедергісі көздің ішкі кедергісінен 4 есе артық. Егер ток көзінің ЭҚК $12,5\text{ V}$ болса, сыртқы кедергідегі кернеудің төмендеуін (V) анықта.

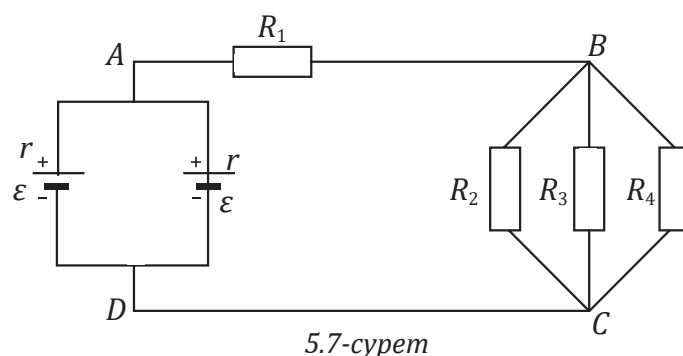
8. ЭҚК 5 V , ішкі кедергісі $0,5\ \Omega$ аккумуляторға кедергісі $19,5\ \Omega$ электр шамы қосылған. Қысқа тұйықталу болса ток күші қан- дай болады?

9. Ішкі кедергісі $0,01\ \Omega$ ток көзі қысқа тұйықталғанда ток күші 1200 A болды. Ток көзінің (V) ЭҚК-ын тап.

10. Ішкі кедергісі $2\ \Omega$, ЭҚК - 12 V аккумуляторға кедергісі $4\ \Omega$ шам қосылды. Аккумулятор полюстеріндегі кернеуді тап.

11. Көлденең қимасының беткейі 4 mm^2 өткізгіштегі ток күші $5\ \mu\text{A}$ болса, токтың тығыздығын тап.

12. Көлденең қимасының беткейі 10 mm^2 сымдағы өткізгіш электрондардың концентрациясы $5 \cdot 10^{28}\text{ m}^{-3}$. Ток күші 10 A болғанда электрондар қозғалысының орташа жылдамдығы неге тең?





ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

35-ТАҚЫРЫП

ТОК КӨЗІНІҢ ЭЛЕКТР ҚОЗҒАУШЫ КҮШІН ЖӘНЕ
ІШКІ КЕДЕРГІСІН АНЫҚТАУ

Жұмыс мақсаты: амперметр мен вольтметрдің көмегімен ток көзінің электр қозғаушы күші мен ішкі кедергісін анықтау.

Қажетті құралдар: зертханалық әмбебап ток көзі немесе аккумулятор, амперметр, вольтметр, кілт, жалғаушы сымдар, кедергісі $10\ \Omega$ және $20\ \Omega$ резисторлар.

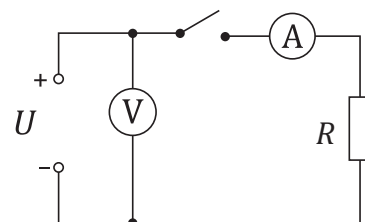
Жұмыстың орындалуы

1. Суретте көрсетілген электр тізбегін жина. Тізбекке $10\ \Omega$ резисторды қос.

2. Ашық кілтпен вольтметрдің U_V көрсеткішін жазып алыңыз. $U_V = \mathcal{E}$ -ға тең деп алыңыз.

3. Кілтті қос және амперметрдің I_A көрсеткішін жаз.

4. Нәтижелерді кестеге көшір.



№	U_V (V)	$U_{2'}$ (V)	I_A (A)	$\mathcal{E}$ (V)	r (Ω)

5. Ток көзінің ішкі кедергісін $r = \frac{\mathcal{E} - U_2}{I}$ формуламен есепте және нәтижені кестеге көшір.

6. Тізбекке $20\ \Omega$ кедергі резисторын жалғап, тәжірибені қайтала.

7. 1 және 2-тәжірибеде табылған r_1 және r_2 салыстыр.

1. Электр тізбегінің қай бөлігі ішкі тізбек деп, ал қай бөлігі сыртқы тізбек деп аталады?

2. Ток көзінің ЭҚК дегенді қалай түсінесің?

3. Ток көзінің ішкі кедергісі дегеніміз не?



36-ТАҚЫРЫП

МЕТАЛЛ ӨТКІЗГІШТЕР КЕДЕРГІСІНІҢ
ТЕМПЕРАТУРАҒА ТӘУЕЛДІЛІГІ

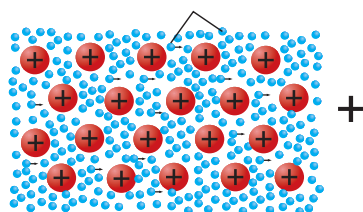
1. Металл өткізгіштер кедергісінің температураға тәуелділігі.
2. Асқын өткізгіштік.



1. Электр энергиясының қандай көздерін білесің?
2. Электр беру желілерінде қандай өткізгіштер (сымдар) жиі қолданылады?
3. Бағандарда қандай өткізгіштерді көрдің және оларды басқа түрдегі өткізгішпен ауыстыруға болады ма?

1. Металл өткізгіштер кедергісінің температураға тәуелділігі

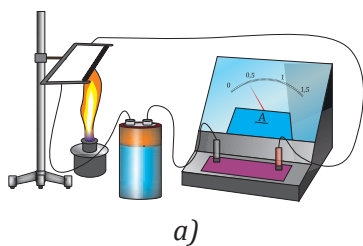
Төменгі сыныптарда физиканы оқығанда металл өткізгіштердің кедергісі (R) заттың түріне және оның геометриялық өлшемдеріне (ұзындығы l және көлденең қимасының ауданы S) байланысты екенін білдің. Металдардағы температураның жоғарылауы бос электрондардың жылдамдығының және соқтығыстардың санының артуына әкеледі. Сонымен қатар, қозғалатын электрондармен соқтығысу саны және кристалдық тор түйіндеріндегі иондардың тербеліс амплитудасы артады. Нәтижесінде зарядталған бөлшектердің реттелген қозғалысының жылдамдығы төмендейді, бұл ток күшін төмендетуге әкеледі. Екінші жағынан, температура жоғарылағанда көлем бірлігіндегі бос электрондар саны артады немесе электролит ерітінділеріндегі иондар саны артады (5.8-сурет).



5.8-сурет

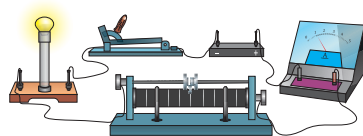
Кедергі өткізгіштің температурасына да тәуелді ме?

Эксперимент жасайық. Гальванометрден, металл сым спиральдан және ток көзінен тұратын электр тізбегін құрастырамыз (5.9 а-сурет). Бұл тәжірибе спиральды қыздырған кезде оның кедергісі жоғарылайтынын көрсетеді. Сондай-ақ тәжірибе көрсеткендей, біз металл өткізгішті қыздырған кезде гальванометрдің көрсеткіші төмендейді.



а)

Немесе 5.9 б-суреттегі электр тізбегін құрастырып, тәжірибе жүргізе аламыз. Алдымен шам жарқырап жанады. Спираль қызған сайын шамның жарықтығы төмендейді. Егер оларға амперметр тізбектей жалғанса, ол өту тоғының азайғанын көрсетеді. Осы тәжірибелерден қорытынды жасайтын болсақ, металдардың кедергісі температураның жоғарылауымен артады. Металл өткізгіш заттың меншікті кедергісі бос заряд тасымалдаушылардың концентрациясына және тұрақты тепе-теңдік позицияларының айналасында тербелетін кристалдық тордың иондарымен соқтығысу санына байланысты.



б)

5.9-сурет

Металл өткізгіштердегі бос электрондардың концентрациясы берілген өткізгіш үшін іс жүзінде тұрақты және температу-



раға тәуелді емес. Дегенмен, бос электрондардың кристалдық тордың иондарымен соқтығысуы температураның жоғарылауымен артады. Бұл температура жоғарылағанда металл өткізгіш кедергісінің артуына әкеледі.

Өткізгіштер кедергісінің температураға тәуелділігін сипаттау кезінде кедергінің температуралық коэффициенті (α) қосылады. Бұл жағдайда α кедергінің температуралық коэффициенті деп аталады.

α – температура 1 °C-қа өзгерген кезде өткізгіштің кедергісінің 0 °C кезіндегі кедергісінің қаншалықты өзгертетінін көрсететін коэффициент:

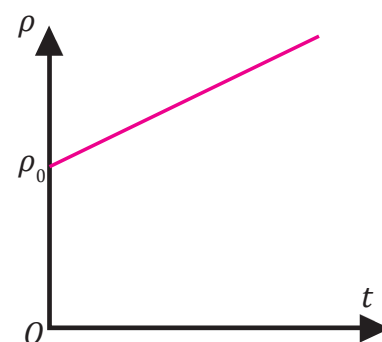
$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \cdot (T - T_0)} \quad (1)$$

Мұнда ρ_0 және ρ – өткізгіш материалдың $T_0 = 273 \text{ K}$ (0 °C) және берілген температурадағы (T) кедергісі. Дәл электронды тізбектерде өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігін ескеру қажет. Оны ескермеу қосымша қателерді тудыруы мүмкін.

Формуладан өткізгіш заттың (T) температуралық кедергісін (ρ) тапсақ:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (2)$$

формуласы пайда болады. Мұнда $\Delta T = T - T_0$. Өткізгіштің абсолютті температурасының жоғарылауы Цельсий шкаласы бойынша температураның жоғарылауымен бірдей, яғни: $\Delta T = \Delta t$. сылайша, металл өткізгіш материалдың кедергісі температураның жоғарылауымен артады. Бұл қатынастың графигі 5.10-суретте көрсетілген. Төмендегі кестеде кейбір металдардың меншікті кедергісінің температуралық коэффициенті келтірілген:



5.10-сурет

Металл немесе қорытпа	$\alpha, ^\circ\text{C}^{-1}$	Металл немесе қорытпа	$\alpha, ^\circ\text{C}^{-1}$
Алюминий	0,0042	Никель	0,0065
Висмут	0,0046	Ниобий	0,003
Вольфрам	0,0045	Нихром	0,0002
Темір	0,0062	Қалайы	0,0044
Алтын	0,0040	Платина	0,0039
Индий	0,0047	Сынап	0,0010
Кадмий	0,0042	Қорғасын	0,0042
Кобальт	0,0060	Күміс	0,0040
Мыс	0,0039	Хром	0,0059
Молибден	0,0050	Хромел	0,000065
Натрий	0,0055	Цинк	0,0042

V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ



5.11-сурет

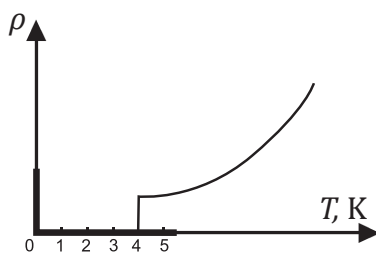
Өткізгіштерді қыздырған кезде олардың геометриялық өлшемдері аз өзгереді. Өткізгіштің кедергісі негізінен оның меншікті кедергісінің өзгеруіне байланысты өзгереді. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурадағы өткізгіштің кедергісі $R_0 = (\rho_0 \cdot l)/S$, ал $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурадағы өткізгіштің кедергісі $R = (\rho \cdot l)/S$ екендігін пайдалана отырып, егер екі формуланы біріктіріп, R тапсақ:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (3)$$

Металл өткізгіштер үшін бұл формулалар $T > 140\text{ K}$ температурада қолданылады. Барлық металдар үшін олардың кедергісі температура өскен сайын артады, яғни кедергінің температуралық коэффициенті α оң мәнге ие болады. Көптеген металдар үшін (бірақ қорытпалар емес) 0 -ден $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі температурадағы кедергінің жылулық коэффициентінің орташа мәні: $\alpha \approx 1/273\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Металл кедергісінің температураға тәуелділігін өлшеу кезінде арнайы құрылғылар – кедергілік термометрлер қолданылады (5.11-сурет).

2. Асқын өткізгіштік



5.12-сурет

(2) формула бойынша металдардың салыстырмалы кедергісі ρ температураның төмендеуімен 5.12-суреттегі қисық сызыққа сәйкес кемуі керек. Бірақ эксперимент нәтижелері ρ -дың T -ға тәуелділігі 5-суреттегі қисық сызық болатынын көрсетеді. Кейбір таза металдардың меншікті кедергісі (Al, Pb, Zn, т.б.) абсолютті нөлге жақын температурада ($T_k = 0,14\text{--}20\text{ K}$) секіріп, нөлге дейін төмендейтіні байқалды (5.12-сурет) және олар асқын өткізгіш болып қалады. Бұл құбылысты алғаш рет 1911 жылы 28-сәуірде голланд физигі Г. Камерлинг Оннес тәжірибе негізінде ашты. Ол сынапты сұйық гелийде суытқанда сынаптың кедергісі алғашында бірте-бірте төмендейтінін, содан кейін температура $4,1\text{ K}$ -ге жеткенде кенет нөлге дейін төмендейтінін анықтады. Егер асқын өткізгіш сақина өткізгіште ток өндірілсе, содан кейін көз жойылса, бұл токтың күші қалағанша тұрақты болып қалады. Іс жүзінде Камерлинг Оннес 7 K температурадағы қорғасын индийінің ЭҚК әсері тоқтағаннан кейін 4 күн бойы электр тогын өткізуді жалғастырғанын байқады. Асқын өткізгіштік құбылысын практикалық қолдану төмен критикалық температураға байланысты қиындық тудырады. Кейінгі зерттеулерде бұл жағдай көптеген металдар мен қорытпаларда 25 K төмен температурада байқалады. 1957 жылы Коллинз жүргізген тәжірибеде ток көзі жоқ тұйық контурда $2,5$ жыл үздіксіз ток өтті. 1986 жылы металл керамикалық материалдарда жоғары температурада (100 K) асқын өткізгіштік процесі байқалды. Асқын өткізгіштік құбылысын іс жүзінде қолдану қыруар қаржыны үнемдеуге болатынын ескере отырып, бұл бағытта көптеген зерттеулер жүргізілуде. Қарсылық



термометрлерінің жұмыс принципі металдардың электрлік кедергісінің температураға тәуелділігіне негізделген. Мұндай термометрлер температураны 0,003 К-ге дейінгі дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді. Әсіресе сұйық термометрлерді пайдалану қиын жерлерде олардың қызметі салыстыруға келмейді.



1. Температура жоғарылағанда металдардың кедергісі қалай өзгереді?

2. Металдар кедергісінің температураға тәуелді жағдайда өзгеруінен қалай пайдаланады?

3. Өнеркәсіпте және транспортта асқын өткізгіштік жағдайын пайдаланудың болашағы қандай?

4. Өткізгіштің кедергісі қандай мәндерге тәуелді?

5. Өткізгіштің кедергісі қалай есептеледі?

Мәселе шешу үлгісі

Электр шамындағы вольфрамдық спираль 20 °С температурада 30 Ω кедергіге ие. Шамды 220 V тұрақты токқа қосқанда, одан өтетін ток 0,6 А-ға тең болды. Шамның жану кезіндегі спиральдың температурасын анықта. Вольфрам үшін температураның термиялық коэффициенті $\alpha = 0,005 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$t_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ $R_1 = 30 \text{ } \Omega$ $U = 220 \text{ V}$ $I = 0,6 \text{ A}$ $\alpha = 0,005 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$R_1 = R_0 (1 + \alpha \cdot t_1)$ $R = \frac{U}{I}$ $R = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$	$R_0 = \frac{30 \text{ } \Omega}{1 + 0,005 \cdot \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ\text{C}} \approx 27 \text{ } \Omega$ $R = \frac{220 \text{ V}}{0,6 \text{ A}} \approx 367 \text{ } \Omega$ $\Delta t = \frac{(367 - 27) \text{ } \Omega}{27 \text{ } \Omega \cdot 0,005 \cdot \frac{1}{^\circ\text{C}}} \approx 2518 \text{ } ^\circ\text{C}$
$\Delta t = ?$		Жауап: $\Delta t = 2518 \text{ } ^\circ\text{C}$.

29-жаттығу



1. Тығыздығы 9 А/мм² ток мыс стержень арқылы 0,5 с өткенде оның температурасы қалай өзгереді? Мыстың меншікті кедергісі $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$, тығыздығы 8900 kg/m³, меншікті жылу сыйымдылығы 380 J/(kg·K).

2. Ниобийден жасалған спираль 100 °С-қа дейін қыздырылса, оның сызатқа төзімділігі неше рет өзгереді? Ниобий үшін $\alpha = 0,003 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.



V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

3. Никель сымының $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -та кедергісі $20\ \Omega$ тең. Оны $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейін қыздырғанда оның кедергісі қандай? Никель үшін $\alpha = 0,0001\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

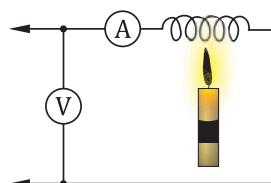
4. Мыс сым катушкасы орамдарының кедергісі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -та $10\ \Omega$. Штепсельге қосқаннан кейін катушка орамының кедергісі $16,2\ \Omega$ -ға тең болды. Орама қандай температураға дейін қызды? Мыс кедергісінің температуралық коэффициенті $4,15 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ градус 1-ге тең.

5. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада алюминий кедергісін екі есе арттыру үшін оны қандай температураға дейін қыздыру керек. Алюминий үшін кедергінің жылулық коэффициенті $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.



Қосымша тапсырмалар

1. Жоғарыдағы мәліметтерге сүйене отырып 5.13-суретті түсіндір.



5.13-сурет

2. Электр энергиясы электр станцияларынан қалаларға және алыс қашықтықтарға тасымалданады. Электр энергиясы әдетте әуе электр желілері арқылы тасымалданады. Дегенмен, соңғы жылдары электр кабельдерін жер астына көмуге сұраныс артып келеді.

Сұрақ:

a) Жер асты электр кабельдерін көмуге болатын екі аумақты ата.

b) Жер асты кабельдермен салыстырғанда әуе электр желілерінің екі артықшылығын көрсет.

d) Жер асты кабельдерінің әуе электр желілерінен екі артықшылығын көрсет.





ЕСЕПТЕР ШЕШУ

37-ТАҚЫРЫП

Мәселе шешу үлгісі

1. Қыздыру шамының $t_1 = 20^\circ\text{C}$ температурадағы вольфрам жібінің кедергісін $R_1 = 40\ \Omega$, ал $t_0 = 0^\circ\text{C}$ температурада оның кедергісін R_0 тап. Қыздыру шамын кернеуі $U = 120\text{ V}$ ток көзіне қосқанда вольфрам жібінен $I = 0,3\text{ A}$ ток өтетін болса, қалған вольфрам жіптің R_2 кедергісін және t_2 температурасын тап. Вольфрам үшін кедергінің температуралық коэффициенті $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$t_1 = 20^\circ\text{C}$ $R_1 = 40\ \Omega$ $U = 120\text{ V}$ $t_0 = 0^\circ\text{C}$ $I = 0,3\text{ A}$ $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	$R = R_0(1 + \alpha \Delta t)$	$R_0 = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1} = \frac{40\ \Omega}{1 + 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 20^\circ\text{C}} = 36,63\ \Omega$ $R_2 = \frac{U}{I} = \frac{120\text{ V}}{0,3\text{ A}} = 400\ \Omega$ $t_2 = \frac{R_2 - R_0}{R_0 \cdot \alpha} = \frac{(400 - 36,63)\ \Omega}{36,63\ \Omega \cdot 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}} = 2157^\circ\text{C}$ Жауап: $R_0 = 36,63\ \Omega$, $R_2 = 400\ \Omega$, $t_2 = 2157^\circ\text{C}$.
$R_0 = ?$ $R_2 = ?$ $t_2 = ?$		

2. Электр шамындағы вольфрам талшығының кедергісі 20°C температурада $35,8\ \Omega$. Егер электр шамы 120 V желіге қосылған кезде талшық арқылы $0,33\text{ A}$ ток өтсе, талшықтың температурасын анықта.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$t_1 = 20^\circ\text{C}$ $R_1 = 35,8\ \Omega$ $I = 0,33\text{ A}$ $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $U = 120\text{ V}$	$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$ $R = R_0(1 + \alpha \Delta t_2)$ $R_2 = U/I$	$R_0 = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1}$ $\frac{U}{I} = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1} (1 + \alpha t_2)$ $t_2 = \frac{U(1 + \alpha t_1) - IR_1}{\alpha IR_1}$ $t_2 = \frac{120\text{ V}(1 + 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 20^\circ\text{C}) - 0,33\text{ A} \cdot 35,8\ \Omega}{4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,33\text{ A} \cdot 35,8\ \Omega} = 1935^\circ\text{C}$ Жауап: $t_2 = 1935^\circ\text{C}$.
$t_2 = ?$		



30-жаттығу

1. Электр шамындағы вольфрам талшығының кедергісі 0°C -та $300\ \Omega$, ал шам жанған кезде оның кедергісі $2400\ \Omega$. Талшықтың тұтану температурасын анықта. Вольфрамға төзімділіктің жылулық коэффициенті $0,005^\circ\text{C}^{-1}$.

2. Мыс сымнан жасалған электромагнит орамасының кедергісі 20°C кезінде $2\ \Omega$ болса, ұзақ жұмыс істегеннен кейін ол $2,4\ \Omega$ болды. Мұнда орама қандай температураға дейін қызды?

3. Темір сымнан жасалған реостат, миллиамперметр және ток көзі тізбектей жалғанған. Температура 0°C болғанда, реостаттың кедергісі $R = 200\ \Omega$. Миллиамперметрдің кедергісі $r = 20\ \Omega$, ал соқыр ток $I_0 = 30\ \text{mA}$ -ге тең. Егер реостатты 50°C дейін қыздырса, миллиамперметр қандай мәнді көрсетеді? Темір кедергісінің жылулық коэффициенті $\alpha = 6 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1}$ -ге тең. Ток көзінің ішкі кедергісін елемеуге болмайды.

4. Температура $t_1 = 0^\circ\text{C}$ -тан $t_2 = 30^\circ\text{C}$ -қа дейін өзгергенде, мыс сымнан жасалған электромагниттің тұтынатын қуаты қанша пайыз өзгереді? Мыс кедергісінің жылулық коэффициенті $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1}$ -ге тең.

5. Мыс сым катушкасы орамының кедергісі 14°C -та $10\ \Omega$. Токқа қосқаннан кейін ораманың кедергісі $12,2\ \Omega$ -ға тең болды. Орама қандай температураға дейін қызады? Мыс кедергісінің температуралық коэффициенті $4,15 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1}$ тең.

6. Электр Шамның шамында $220\ \text{V}$, $100\ \text{W}$ жазуы жазылған. Суық күйде (0°C) қыздыру талшығы кедергісін өлшеу үшін шамға $2\ \text{V}$ кернеу берілді, ал ток күші $54\ \text{mA}$ -ға тең болды. Қызу температурасын тап. Вольфрам үшін кедергінің жылулық коэффициенті $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1}$.

7. Платина сымының кедергісі 20°C -та $20\ \Omega$, ал 500°C -та оның кедергісі $59\ \Omega$. Платина үшін кедергінің жылулық коэффициентін тап.

8. 0°C температурада алюминийдің кедергісін 3 есе ($^\circ\text{C}$) арттыру үшін оны қандай температураға дейін қыздыру керек. Алюминий үшін кедергінің жылулық коэффициенті $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1}$.



ЖОБАЛЫҚ ЖҰМЫС БАЛАМАЛЫ ЭЛЕКТР КӨЗДЕРІ

Мақсаты: баламалы энергия көздерін үйрену.

Электр энергиясын өндіретін «дәстүрлі емес» энергия көздері: Күн, жел, геотермалдық, сутегі және т.б.

Күн энергиясы. Күн энергиясы – бұл Күнде жүретін ядролық реакциялар нәтижесінде пайда болатын сәулелену энергиясы.

Күн радиациясынан электр және жылу энергиясын алу әдістері.

1. Фотоэлемент көмегімен электр энергиясын алу.
2. Гелиотермиялық энергия – күн сәулесінің әсерінен дене бетінің қызуы.
3. «Күн желкендері» - ауасыз кеңістікте күн сәулесінің кинетикалық энергияға айналуы.
4. Күн аэростаты электр станциясы – аэростаттың бетін қыздыру нәтижесінде аэростат баллоны ішіндегі ауаны генерациялау.

Күн батареясының модульдері.

Жел энергиясы. Жел энергиясы - ауа массаларының қозғалысы нәтижесінде пайда болатын энергия.

Желдің әсерінен айналатын қалақтар қозғалысты білік арқылы электр генераторына береді. Мұнда өз кезегінде электр энергиясы өндіріледі.



стандарт панель



иілгіш панель

Төменде жел энергиясын пайдаланып электр энергиясын өндіруді үйренеміз

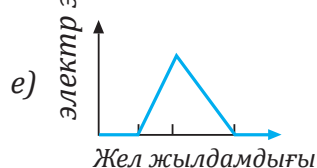
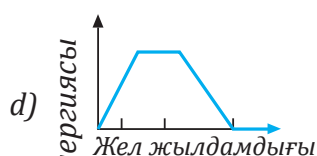
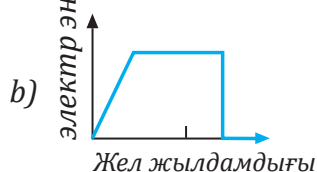
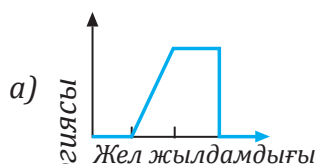
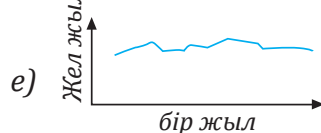
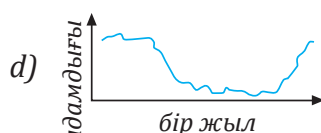
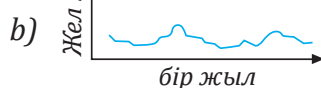
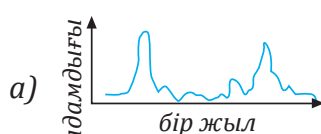
Қажетті құрал-жабдықтар: консерва құтысы, электр двигателі, ағаш сызғыш, пенопласт негізі, жалғаушы сымдар, шашкептіргіші (фен), электр шамы, ыстық желім, қайшы, электр дәнекерлеу жабдықтары.

Жұмыс тәртібі

1. Қайшыны пайдаланып, консерва құтысы немесе пластик ыдыстан үш немесе төрт қалақтың айналу бөлігін жаса.
2. Сызғышқа электр двигательді желімде.
3. Қалақты электр двигательінің айналу осіне жабыстыр.
4. Сызғышты желім арқылы пенопласт тақтасына тігінен бекіт.



V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ



5. Электр дәнекерлеу жабдығы арқылы электр қозғалтқышының екі полюсіне жалғау сымдарын қос. Егер сенде электр дәнекерлеу жабдығы болмаса, қысқыштарды пайдаланып бекіт.

6. Жарық диодын қосқыш сымдардың екінші ұшына қысқышты пайдаланып жалға.

7. Дайын құрылғыны желде сынап көр және жарық диодты шамның жанғанын қара.

8. Жел болмаса, жасанды жел жасау үшін қалақты шаш кептіргішті пайдалан, шашты айналдырып, қорытынды жаса.

Тәжірибеде энергияның қайсы түрі тағы қандай энергия түріне айналды?

Жел энергиясын алу үшін не нәрсеге көңіл бөлуге болатынын анықта.

Төмендегі графиктер 4 түрлі жерде бір жылдағы желдің орташа жылдамдығы мәндері берілген.

1-тапсырма. Қай график жел генераторын салу үшін ең қолайлы орынды көрсетеді?

2-тапсырма. Мұнай, көмір және басқа қазбалы энергия көздерімен салыстырғанда жел энергиясының бір артықшылығы мен бір кемшілігін жаз.

Артықшылығы: _____.

Кемшілігі: _____.

3-тапсырма. Жел неғұрлым күшті болса, жел генераторы соғұрлым күшті қалақтар тезірек айналады және көбірек электр энергиясын шығарады. Алайда желдің жылдамдығы өндірілетін электр қуатына тікелей байланысты емес.

Төменде жел энергиясы өндірілетін төрт жағдай берілген.

- Жел жылдамдығы v_1 - ге тең болғанда қалақтар айналады.
- Жел жылдамдығы v_2 - ден жоғары болса, қалақтардың айналу жылдамдығы қауіпсіздік нүктесінен жоғары көтерілмейді.
- Желдің жылдамдығы v_2 - ге тең болғанда электр энергиясы максималды болады.
- Жел жылдамдығы v_3 - ке тең болғанда қалақтардың айналуы тоқтайды.

Жел жылдамдығы мен өндірілген электр энергиясының арасындағы байланысты қай график жақсы көрсетеді?

4-тапсырма. Жел генераторлары жерден жоғары болған сай-ын олардың қалақтары қандай жылдамдықпен айналады?



Жоғары биіктіктегі жел генераторларының қалақтарының неге бірдей жылдамдықпен айналатынын түсіндіретін ең жақсы жауапты таңда.

а) Жер бетінен неғұрлым жоғары болса, ауа тығыздығы соғұрлым аз болады.

б) Жер деңгейінен жоғары болған сайын температура төмен болады.

д) Неғұрлым ол жер деңгейінен жоғары болса, соғұрлым ауа ылғалдылығы жоғары болады.

е) Жер деңгейінен жоғары болған сайын жаңбыр жиі жауады.



1. Жел диірмендерінде энергия бір түрден екінші түрге қалай айналады?

2. Алынған энергия жел жылдамдығымен қалай байланысты?

3. Сенің тұратын жеріңде жел генераторын салуға қолайлы жер бар ма?

4. Сенің ойыңша Өзбекстанның қай аймағы жел энергиясы генераторларын салуға қолайлы?

5. Жел генераторының құрылысы еліміздің дамуына қандай үлес қосады деп ойлайсың?



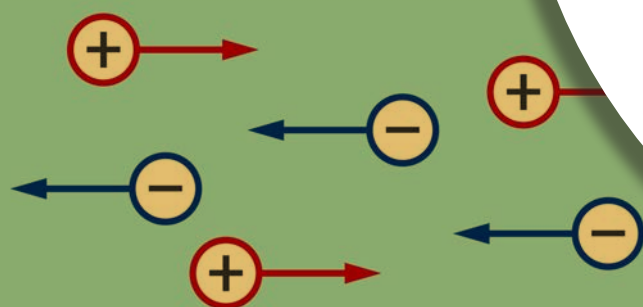
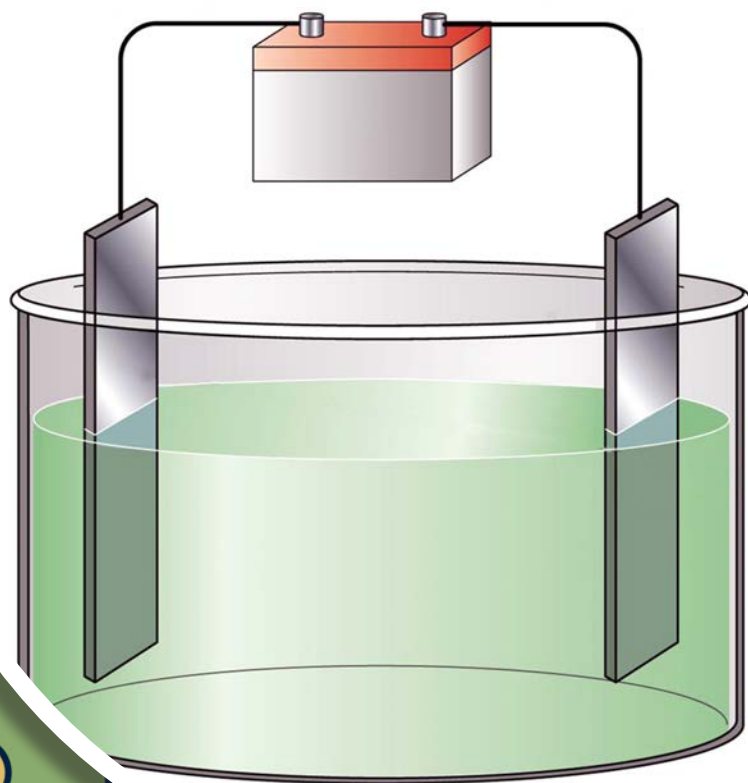


V ТАРАУ. ТҰРАҚТЫ ТОК ЗАҢДАРЫ

V ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ЕСЕПТЕР

1. Өрістің кернеулігі 800 V/m нүктеде орналасқан $5 \text{ } \mu\text{C}$ зарядқа қанша электростатикалық күш (N) әсер етеді?
2. Радиусы 6 cm металл шар 24 nC зарядталған. Шар центрінен 9 cm қашықтықтағы нүктедегі кернеу қандай (kV/m)?
3. Радиусы 12 cm шардың бетінде $0,18 \text{ } \mu\text{C}$ оң заряд біркелкі таралған. Шардың центріндегі өрістің потенциалын тап (V).
4. Потенциалдар айырымы 100 V болатын екі нүкте арасында q нүктелік заряд қозғалғанда 5 mJ жұмыс орындалады. q (mC) зарядтың мөлшері қандай?
5. Батареяның ЭҚК кернеуі $1,55 \text{ V}$. Оны кедергісі $3 \text{ } \Omega$ болатын сыртқы резисторға қосқанда батарея қысқыштарындағы кернеу $0,95 \text{ V}$ -қа тең болады. Батареяның ішкі кедергісі қандай?
6. ЭҚК-сі 30 V аккумуляторға қосылған тізбектегі ток күші 3 A . Батарея қысқыштарындағы кернеу 18 V . Батареяның ішкі кедергісін және сыртқы тізбектің кедергісін тап.
7. Электр тогының көзін $5 \text{ } \Omega$ кедергіге қосқанда, тізбектегі ток күші 5 A -ға, $2 \text{ } \Omega$ кедергіге қосылғанда, тізбектегі ток күші 8 A -ға тең. Көздің ішкі кедергісін және ЭҚК-ын тап.
8. Ток көзінің ЭҚК $1,5 \text{ V}$. Қысқа тұйықталу тогы 30 A . Ток көзінің ішкі кедергісі неге тең? Егер элемент кедергісі $1 \text{ } \Omega$ катушкаға қосылса, элементтердегі кернеу неге тең?
9. $1,5 \text{ V}$ және 2 V болатын элементтер бірдей таңбалы полюстермен қосылған. Аккумулятор терминалдарына қосылған вольтметр $1,7 \text{ V}$ кернеуін көрсетті. Көздердің ішкі кедергілерінің қатынасын тап.
10. ЭҚК-ы $1,3 \text{ V}$ және 2 V элементтердің ішкі кедергілері сәйкесінше $0,1 \text{ } \Omega$ және $0,25 \text{ } \Omega$. Олар параллель қосылған. Тізбектегі ток күшін және ток көздерінің қысқыштарындағы кернеуді тап.
11. Жазық конденсатор қаптамаларындағы кернеу 150 V , заряды $80 \text{ } \mu\text{C}$ болса, конденсатордағы өріс энергиясы неге тең?
12. Жазық конденсатор $2 \text{ } \mu\text{C}$ заряд алады және өріс энергиясы $0,5 \text{ mJ}$ тең. Конденсатордың сыйымдылығы қандай болды?
13. Жазық конденсаторға $4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ заряд түсіргенде, оның энергиясы 20 mJ -ға тең болды. Конденсатор қаптамаларындағы кернеуді тап.
14. Кернеуілігі $3 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ (mJ/m^3) нүктедегі электр өрісінің энергия тығыздығын тап. Ортаның диэлектрлік өткізгіштігі 4-ке тең.

VI ТАРАУ



ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

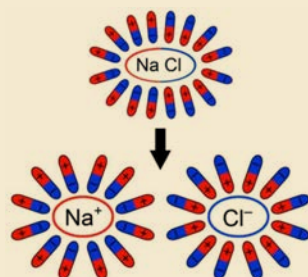
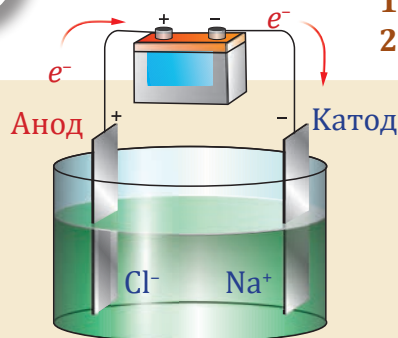
Сиз бұл тарауда келесі тақырыптар бойынша ақпарат аласыз:

- сұйықтықтардағы электр тоғы;
- Фарадейдің бірінші және екінші заңы;
- электролизді өмірде және технологияда қолдану;
- газдардағы электр тоғы;
- жартылай өткізгіштер және олардың металдардан айырмашылығы;
- жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштігі;
- жартылай өткізгіш құрылғылар және оларды технологияда қолдану.

38-ТАҚЫРЫП

СҰЙЫҚТЫҚТАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

1. Иондық байланыс.
2. Электролиттер.

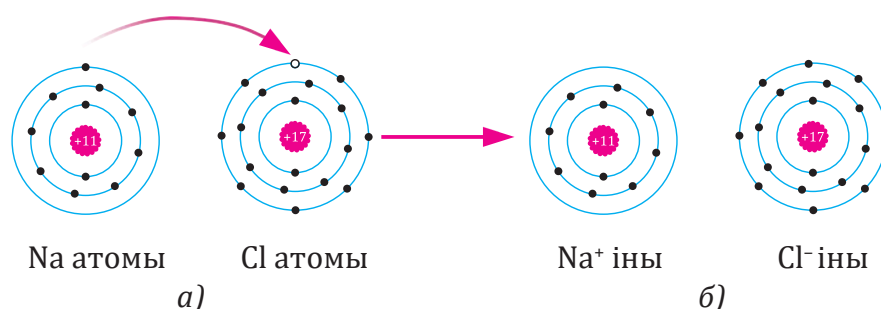


Негізден электролиттегі әр түрлі таңбалы иондар өзара тартылу нәтижесінде қосылып, бейтарап молекулаларға айналады? Негізден электролиттегі молекулалар әрқашан иондарға бөлінеді?

Арықтан аққан су, тұз немесе қышқыл араласқан су, автомобиль аккумуляторының ішіндегі сұйықтықтар иондық өткізгіштікке ие және электролит болып табылады.

1. Иондық байланыс

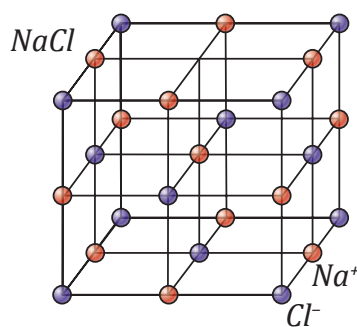
Көптеген заттардың атомдары бір-бірімен үш негізгі жолмен қосыла алатыны белгілі: металлдық байланыс, коваленттік байланыс және иондық байланыс. Иондық байланыстың мысалы ас тұзы – натрий хлориді (NaCl). Натрий атомында (Na) 11 электрон бар, оның 1-і сыртқы электрондық қабатта. Хлор (Cl) атомында 17 электрон бар, оның 7-і сыртқы электрондық қабатта айналады (6.1 а-сурет).



6.1-сурет

Барлық химиялық элементтердің жеке атомдары электронды бейтарап. Өйткені атом ядросындағы оң зарядталған протондар саны ядроның айналасында айналатын теріс зарядталған электрондар санына тең. Сәйкесінше, Na және Cl атомдары жеке болғанда олар электробейтарап.

Хлор мен натрий атомдары бір-біріне жақындағанда электрондар алмасады. Хлор атомы натрий атомының сыртқы электрондық қабатынан 1 электрон алады. Нәтижесінде хлор атомы теріс зарядты хлор ионына (Cl^-), яғни $\text{Cl}^\circ + e^- \rightarrow \text{Cl}^-$ ал натрий атомы оң зарядталған натрий ионына (Na^+), яғни $\text{Na}^\circ - e^- \rightarrow \text{Na}^+$ айналады. (6.1 б-сурет). Таңбалары әр түрлі натрий мен хлор иондары бір-бірін тартып (Кулон күшінің әсерінен) NaCl кристалдық торын құрайды (6.2-сурет). Бұл жағдайда ас тұзының молекуласының түзілу реакциясы былай өрнектеледі:



6.2-сурет



Иондар арасындағы Кулон күшінің әсерінен пайда болатын химиялық байланыс иондық байланыс деп аталады.

2. Электролиттер

Кейбір сұйықтықтар электр тогын өткізуі мүмкін, ал басқалары өтпеуі мүмкін. Кейбір сұйықтықтар электр тогын өткізбейді, мысалы, таза (тазартылған) су. Кейбір сұйықтықтар, мысалы, тұздардың, сілтілердің және қышқылдардың судағы ерітінділері, олар электр өткізбейтін болса да, электр тогын жақсы өткізеді. Мұндай ерітінділер иондық өткізгіштікке ие.

Сұйықтықтардың өткізгіштігін 6.3-суретте көрсетілген қарапайым жабдықтың көмегімен анықтауға болады. Олар негізінен шыны ыдыстан және оған түсірілген екі көміртекті таяқшадан тұрады – электродтар, шамдар, ажыратқыштар, қуат көзі және қосу сымдары. Дистилденген суды электроды бар шыны ыдысқа құйып, ажыратқышты қосқанда шамның жанбай тұрғанын көреміз. Демек, тазартылған су электр тогын өткізбейді. Ажыратқышты ажыратамыз және ыдыстағы суға аздап ас тұзын (NaCl) құйып, коммутатор қосылған кезде шам жанып тұрғанын көреміз. Демек, тұзды су электр тогын өткізеді. Бұған себеп не?

Суға ас тұзын қосқанда су молекулалары ас тұзының кристалдық торының бетінде орналасқан Na^+ және Cl^- иондарын қоршайды (6.4 а-сурет). Су молекулаларының теріс зарядты жағы кристалдық тордағы Na^+ иондарына соғылады, ал су молекулаларының оң зарядты жағы Cl^- иондарына соғылып, Кулон күшімен тартады. Нәтижесінде NaCl кристалдық торы желініп, суда Na^+ және Cl^- иондары түзіледі. Олар су молекулаларының қоршауында болып, ретсіз және еркін қозғалады.

Ерітінділердегі заттың оң және теріс иондарға бөліну процесі электролиттік диссоциация деп аталады.

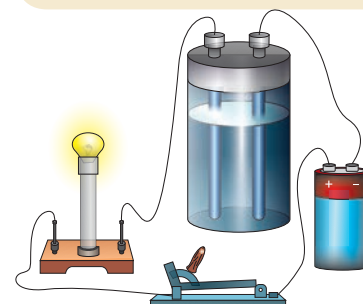
Иондар электролиттік диссоциация кезінде түзілетіндіктен, бұл процесті **иондардың генерациясы** деп те атайды. Генерация процесін ас тұзының судағы ерітіндісі мысалында келесі реакция арқылы өрнектейміз:



Жоғарыдағы 6.3-суретте көрсетілген тізбектің кілті қосылған кезде оң Na^+ иондары теріс зарядталған катодқа тартылады, сондықтан оң зарядталған иондар **катиондар** деп аталады. Теріс Cl^- иондары оң зарядталған анодқа тартылады, сондықтан теріс зарядты **аниондар** аниондар деп аталады (6.4 б-сурет). Нәтижесінде ток тізбек арқылы ағып бастайды.

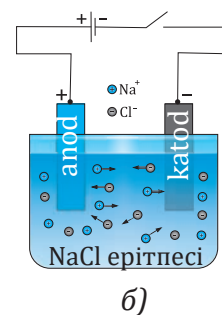
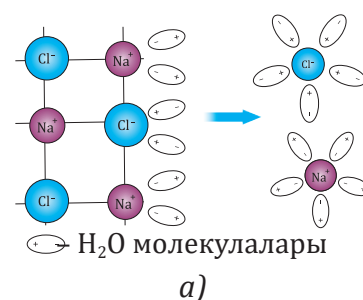
Электролиттегі иондар неғұрлым көп болса, соғұрлым ол электр тогын жақсы өткізеді.

Табиғатта көптеген заттардың иондық байланыстары болады. Бұған тұздар, сілтілер, қышқылдар мысал бола алады.



6.3-сурет

Ток көзінің оң полюсіне қосылған электрод *анод*, ал теріс полюске қосылған электрод *катод* деп аталады.



6.4-сурет

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ



Иондарға диссоциациялану нәтижесінде электр тоғын өткізетін сілтінің, қышқылдың, тұздың және басқа қосылыстардың ерітінділері электролиттер деп аталады.

Практикалық тапсырма



Мақсаты: ас тұзының судағы ерітіндісі арқылы электр тоғының өтуін зерттеу.

Қажетті құрал-жабдықтар: шыны ыдыс, тазартылған су, ас тұзы, екі электрод, контакт негізі бар шам, 9 V аккумулятор немесе гальваникалық элемент, кілт, қосу сымдары.

Практикалық тапсырманы орындау тәртібі

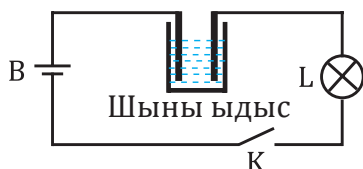
1. Берілген схема бойынша электр тізбегін құрастыр(суретті қара).

2. Шыны ыдысқа тазартылған суды құйып, кілтті қос. Шамның жанған-жанбағанын бақыла. Содан кейін кілтті өшір.

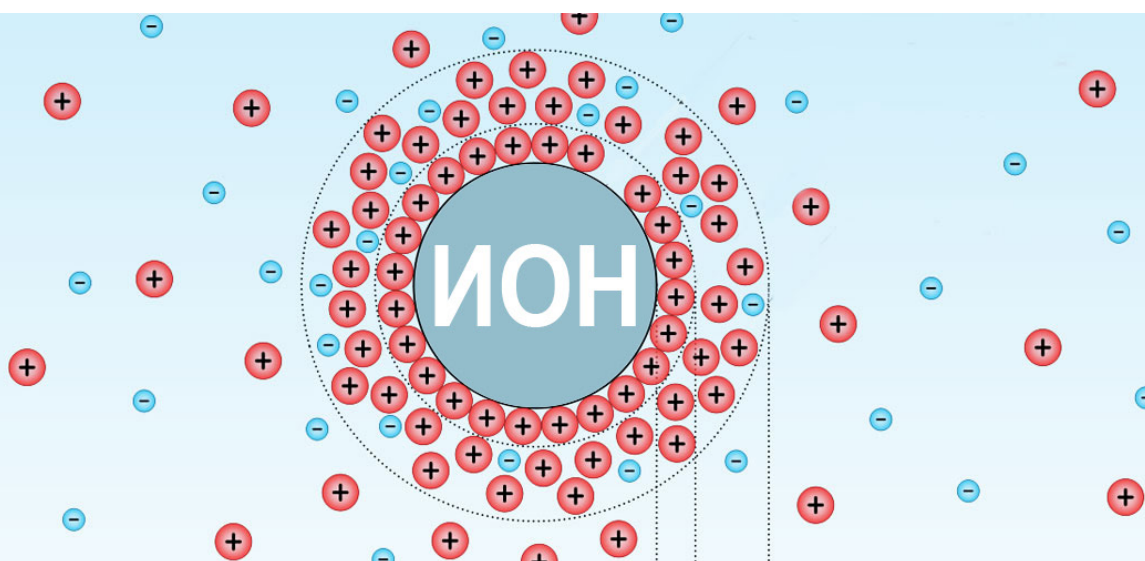
3. Су құйылған ыдысқа ас тұзын салып, кілтті қос. Шамды қадағала. Содан кейін кілтті өшір.

4. Су құйылған ыдысқа тағы да ас тұзын қосып, кілтті қос. Шамды қадағала. Содан кейін кілтті өшір.

5. (4) тармақтағы тәжірибені тағы бір немесе екі рет қайтала. Тәжірибе нәтижесі бойынша қорытынды жаса.



1. Ион мен бейтарап атомның айырмашылығы неде?
2. Иондық және электронды өткізгіштікте заттың көшуі бола ма? Жауабыңды түсіндір.
3. Иондық байланысқа мысалдар келтір.
4. Сұйық күйінде электр тоғын өткізетін заттардың барлығы электролиттер ме? Жауабыңды түсіндір.





ФАРАДЕЙДІҢ БІРІНШІ ЖӘНЕ ЕКІНШІ ЗАҢЫ

39-ТАҚЫРЫП

1. Электролиз құбылысы.
2. Фарадейдің бірінші заңы.
3. Фарадейдің екінші заңы.

Гальваникалық элемент пен аккумулятордың жұмыс істеу жағынан қандай айырмашылығы бар деп ойлайсың?



Өткен тақырыпта электролиттің түзілуімен және ол арқылы токтың өтуімен таныстық. Енді электролит арқылы ток өткенде не болатынымен танысайық.

1. Электролиз құбылысы

Шыны ыдысты алып, оған дистилденген су мен мыс сульфат тұзын (CuSO_4) құйып, электролит түзейік. Cu_2^{+} және SO_4^{2-} иондары мыс сульфаты тұзының суда еруі және оның молекулаларының иондарға бөлінуі (диссоциациялануы) нәтижесінде түзіледі. Cu_2^{+} ионы – мыс атомының сыртқы электрондық қабатында екі электронын жоғалтқан және оң элементар заряды 2 болатын ион. SO_4^{2-} ионы – қосымша 2 электрон қосылған сульфат ионы және нәтижесінде 2 теріс элементар заряды бар. Электролитке екі электродты – анод пен катодты салып, 6.6-суретте көрсетілгендей схема жасаймыз. Егер біз кілтті қоссақ, амперметр токтың электролит арқылы өтетінін көрсетеді. Cu^{2+} оң иондары катодқа, ал SO_4^{2-} теріс иондары анодқа қарай жылжиды. Cu^{2+} катиондары катодқа келіп, одан 2 электрон алып, бейтарап Cu атомдарына айналады және катодта қалады, яғни $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$. Электролит арқылы ток өткенде катодта мыс атомдары жиналады. SO_4^{2-} аниондары анодқа жеткенде, SO_4^{2-} қоршалған су молекулалары анодқа электрондарын береді. Бұл жағдайда су молекулалары бұзылып, анодта оттегі газы бөлінеді.

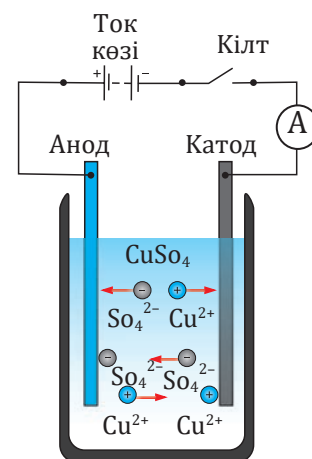
2. Фарадейдің бірінші заңы

Ағылшын физигі М.Фарадей жүргізген тәжірибелер электролиз кезінде электродта бөлінетін заттың массасы электродқа қарай қозғалатын иондар санына, яғни электролит арқылы өтетін заряд мөлшеріне байланысты екенін көрсетті.

Электролиз кезінде электролиттен бөлінген заттың массасы электролиттен өткізілген заряд мөлшеріне тура пропорционал:

$$m \sim q$$

Электролит арқылы электр тогы өткенде электродтарда заттың бөліну құбылысын электролиз деп атайды.



6.6-сурет

Электролит арқылы электр тогын өткізу арқылы аралас заттардың құрамынан таза затты (металл немесе газ) алуға болады.

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

Бұл пропорционалдық қатынасты келесі теңдеу арқылы өрнектейміз:

$$m = k \cdot q \quad (1)$$

мұнда m – электролиз кезінде бөлінетін заттың массасы, q – электролит арқылы өтетін заряд мөлшері, k – пропорционалдық коэффициенті және заттың электрохимиялық эквиваленті деп аталады.

Заттың электрохимиялық эквиваленті деп электролит арқылы бір кулон заряд өткенде электродта бөлінетін заттың массасына сан жағынан тең шаманы айтады:

$$k = m/q \quad (2)$$

ХБЖ-да электрохимиялық эквивалент бірлігі $[k] = \text{kg/C}$ қабылданған. Әр түрлі заттардың электрохимиялық эквиваленті тәжірибе жүзінде анықталды, мысалы, күміс үшін $k = 1,118 \text{ mg/C}$, хлор үшін $k = 0,367 \text{ mg/C}$, мыс үшін $k = 0,329 \text{ mg/C}$, никель үшін $k = 0,304 \text{ mg/C}$, $k = 0,094 \text{ mg/C}$ алюминий үшін.

Электролит арқылы өткен заряд мөлшерін ток күшімен (I) және токтың өту уақытымен (Δt) өрнектеп, яғни $q = I \cdot \Delta t$ екенін ескере отырып, бөлінетін заттың массасына мынадай өрнек құрамыз:

$$m = k \cdot I \cdot \Delta t \quad (3)$$

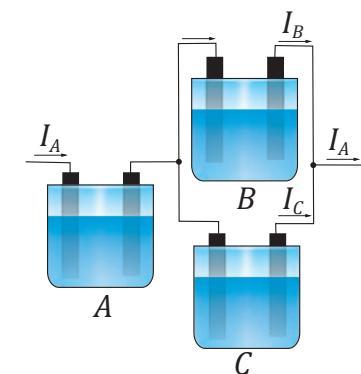
Фарадейдің бірінші заңын келесі тәжірибе негізінде тексеруге болады. Үш ванна A , B және C бірдей электролитпен толтырылған және олардың электродтары 6.7-суретте көрсетілгендей бір-бірімен қосылған. Суретке сәйкес A электролиттік ваннасынан өтетін I_A ток күші B және C электролиттік ванналары арқылы өтетін I_B және I_C токтарының қосындысына тең: $I_A = I_B + I_C$. (4) формула бойынша A , B және C электролиттік ванналарында электролиз кезінде бөлінетін заттардың массасы $m_A = k I_A \cdot \Delta t$, $m_B = k I_B \cdot \Delta t$ және $m_C = k I_C \cdot \Delta t$ үшін $m_A = m_B + m_C$ болады. Бұл тәжірибеде расталған.

3. Фарадейдің екінші заңы

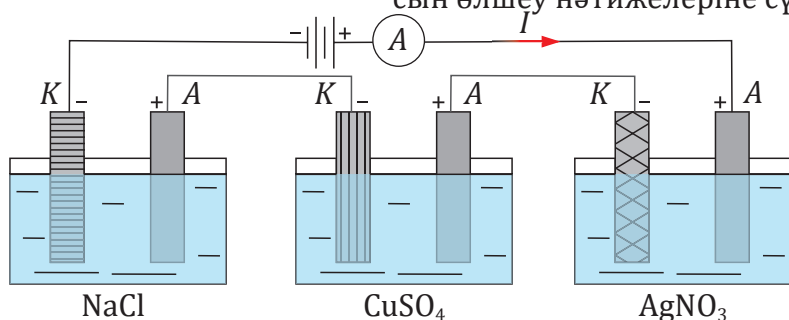
Бірқатар тәжірибелер барысында Фарадей әр түрлі электролиттерден әртүрлі мөлшердегі зарядтарды тасымалдады. Ол 1833-1834 жылдары электродтарда бөлінетін заттың массасын өлшеу нәтижелеріне сүйене отырып, электролиздің екінші заңын ашты. Осы заңмен танысу сізге химия курсынан келесі ақпаратты есте сақтау қажет.

Валенттілік (Z) – химиялық байланыс түзу қабілетін көрсететін элемент атомдарының сипаттамасы.

Зат мөлшері (ν) – заттағы бөлшектердің (атомдар немесе молекулалар) бір түрлі бөлшектер санының 0,012 kg көміртегі атомдар санына қатысын сипаттайтын физикалық шама.



6.7-сурет



6.8-сурет



Молярлық масса (M) – мөлшері 1 моль болатын заттың массасы.

Эксперименттік құрылғыға тоқталайық. Үш электролиттік ваннаны алып, біріншіге натрий хлоридінің (NaCl), екіншісіне мыс сульфатының (CuSO_4), үшіншісіне күміс нитратының (AgNO_3) тұз ерітінділерін құямыз. Электролиттерге батырылған электродтарды өткізгіш сымдармен 6.8-суретте көрсетілгендей тізбектей жалғап, токқа қосамыз. Бұл жағдайда бірінші ваннаның катодында натрий (Na) және анодта хлор (Cl_2), екінші ваннаның катодында мыс (Cu) және анодта оттегі (O_2), күміс (Ag) бөлінеді. үшінші ваннаның катодында күміс (Ag) және анодта оттегі (O_2) бөлінеді.

Ванналар тізбектей жалғанғандықтан, әрбір электролит арқылы өтетін I ток күші бірдей. Сонымен, Δt уақыт ішінде электролит арқылы өткен $q = I \cdot \Delta t$ заряд мөлшері де бірдей. Дегенмен, катодтардан бөлінетін натрий, мыс және күміс элементтердің массалары әртүрлі болады. Бұл Na , Cu және Ag молярлық массаларының және олардың валенттілігінің әртүрлі болуына байланысты.

Бұл тәжірибеде электролиз кезінде әрбір ваннадағы катодта бөлінген заттардың массалары олардың эквиваленттік салмағына $\frac{M (\text{молярлық масса})}{Z (\text{валенттік})}$ пропорционалды екенін растайды.

Заттың молярлық массасының оның валенттілігіне қатынасы $\left(\frac{M}{Z}\right)$ заттың химиялық эквиваленті дейіледі.

Бір валентті заттың химиялық эквиваленті сан жағынан оның молярлық массасына тең. Фарадейдің екінші заңы заттың электрохимиялық эквиваленті мен оның химиялық эквивалентінің арасындағы байланысты білдіреді. Ол бұл заңды тәжірибелер негізінде анықтады. Фарадейдің екінші заңы былай анықталады:

Заттың электрохимиялық эквиваленті оның химиялық эквивалентіне тура пропорционал:

$$k \sim \frac{M}{Z} \text{ н/е } k = \frac{1}{F} \frac{M}{Z} \quad (4)$$

Мұндағы $1/F$ пропорционалдық коэффициенті, ол барлық элементтер үшін тұрақты. Бұл өрнектегі F шамасы Фарадей тұрақтысы деп аталады және оның сандық мәні $F \approx 96500 \text{ С/моль}$.

Фарадейдің I және II заңдарын жалпылау үшін $m = k q$ формуласындағы k мәнін (5) теңдеудегі өрнекпен ауыстырсақ, келесі теңдеу құрылады:

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{Z} \cdot q \quad (5)$$

(5) өрнекке сәйкес, электролиз кезінде валенттілігі 1-ге тең 1 моль заттың бөлінуі үшін электролит арқылы өтетін заряд мөлшері Фарадей тұрақтысына (96500 кулон) сандық түрде тең болуы керек. Валенттілігі Z -ге тең заттың бір моль электролитте бөлінуі үшін электролит арқылы $Z \cdot 96500$ кулон заряды өтуі керек екен.

Электролиз кезінде бөлінетін заттың массасы заттың химиялық эквивалентіне және электролиз кезінде өткен заряд мөлшеріне тура пропорционал.

Электролиз кезінде бөлінетін заттың массасы ағып жатқан зарядтың мөлшеріне, зат атомдарының молярлық массасына және валенттілігіне не байланысты.

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

Мәселе шешу үлгісі

Күкірт қышқылы ерітіндісінен 0,1 А ток өткізіп, 1 g сутегін алу үшін қанша уақыт қажет? Сутектің молярлық массасы (атом түрінде) 1 g/mol, ал валенттілігі 1-ге тең.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$m = 1 \text{ g} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ $M = 1 \text{ g/mol} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ $I = 0,1 \text{ A}$ $Z = 1$ $F \approx 96500 \text{ C/mol}$ $t = ?$	$m = k \cdot q; q = I \cdot t$ $k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{Z} \quad t = \frac{F}{M} \cdot \frac{Zm}{I}$	$t = \frac{96500}{110^{-3}} \cdot \frac{1 \cdot 110^{-3}}{0,1} \text{ s} \approx$ $\approx 9.65 \cdot 10^5 \text{ s} \approx 268 \text{ сағат}$ Жауап: $t \approx 268 \text{ сағат}$.



31-жаттығу

1. Электролиттік ваннадағы тұз ерітіндісінен өтетін ток күші 4 есе артқанда, уақыт бірлігінде катодта бөлінетін заттың массасы қалай өзгереді?
2. Электролиз кезінде CuSO_4 ерітіндісінен 100 C электр заряды өтсе, катодта қанша мыс бөлінеді?
3. Металл заттарды мырыштау үшін электролиттік ваннаға массасы 0,01 kg мырыш электроды салынған. Электрод толық тұтынылуы үшін ваннадан қанша заряд өтуі керек? Мырыштың электрохимиялық эквиваленті $3,4 \cdot 10^{-7} \text{ kg/C}$.
4. Электролит арқылы өтетін токтың тығыздығы $4 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$. Электролитте 100 s ішінде бөлінген хромның қалыңдығын есептеңдер. Хромның тығыздығы $7,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, электрохимиялық эквиваленті $1,8 \cdot 10^{-7} \text{ kg/C}$ ға тең.
5. Электролизге қуаты 30 kW, кернеуі 30 V аспаптың барлық энергиясы жұмсалса, электрохимиялық эквиваленті $3 \cdot 10^{-7} \text{ kg/C}$ заттан 10 минутта қанша бөлінеді?



1. Заттың электрохимиялық эквивалентінің физикалық мағынасы қандай?
2. Мыс сульфаты тұзының ерітіндісінен электр тогы өтуінің себебі неде SO_2 - иондары анодта болатын реакцияға қатыспайды?
3. Электролиз кезінде бөлінетін заттың массасы осы заттың молярлық массасына пропорционал екендігі тәжірибе жүзінде қалай негізделген?
4. Электролиз кезінде бөлінетін заттың массасы осы заттың валенттілігіне тәуелді екенін тәжірибе жүзінде қалай тексеруге болады?



ЕСЕПТЕР ШЕШУ

40-ТАҚЫРЫП

ЕСЕПТЕР ШЕШУ

1. Бетінің ауданы 25 cm^2 темір қасықты қалыңдығы $0,08 \text{ mm}$ күміспен жабу үшін күміс тұзының ерітіндісі арқылы қанша заряд өтуі керек? Күмістің тығыздығы $10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$S = 25 \text{ cm}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ $d = 0,08 \text{ mm} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ $k = 1,118 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ $\rho = 10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ $q = ?$	$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot d;$ $m = k \cdot q;$ $q = \frac{\rho \cdot S \cdot d}{k}$	$q = \frac{10,5 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{1,118 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}} \approx 1878 \text{ C}$ Жауап: $q = 1878 \text{ C}$.

2. 42 V кернеуге есептелген пайдалы қуаты 10 kW электролиздік құрылғыда 2 сағатта қанша мыс жиналады?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$U = 42 \text{ V}$ $P = 10 \text{ kW} = 10^4 \text{ W}$ $t = 2 \text{ h} = 7,2 \cdot 10^3 \text{ s}$ $k = 0,329 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ $m = ?$	$A = q U; A = P t;$ $q = \frac{Pt}{U}; m = kq = k \frac{Pt}{U};$	$m = 0,329 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C} \cdot \frac{10^4 \text{ W} \cdot 7,2 \cdot 10^3 \text{ s}}{42 \text{ V}} = 0,564 \text{ kg}$ Жауап: $m = 0,564 \text{ kg}$.

32-жаттығу



1. 2 сағатқа созылған электролиз кезінде катодта 20 mg никель жиналса, электролиз кезінде электролит арқылы өткен ток күші қандай болды?

2. 12 V кернеуге 2 сағатқа есептелген 6 kW электролиздік құрылғыда қанша күміс жиналады?

3. Өнімді никельмен қаптау кезінде электролит арқылы 3 сағат бойы 5 A ток өткенде никель қабатының қалыңдығы $0,1 \text{ mm}$ болды. Никельмен қапталған беті қанша болды? Никельдің тығыздығы 8900 kg/m^3 .

4. Қасықты екі валентті никельмен жабу үшін электролит арқылы 20 минут бойы 15 A ток өтті. Қасықтағы никель қабатының массасын тап.

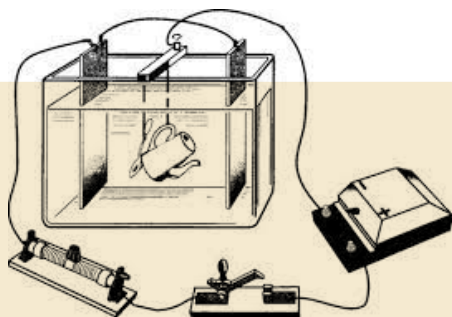
5. Электролит ретінде CuSO_4 ерітіндісі қолданылды. Мыстың электрохимиялық эквивалентін анықта.

6. Мыс сульфатының судағы ерітіндісінен тұратын электролит арқылы $12,5 \text{ C}$ заряд өтті. Электролитке батырылған катодта қанша мыс жиналады?

41-ТАҚЫРЫП

ЭЛЕКТРОЛИЗДІ ТҰРМЫСТА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯДА ҚОЛДАНУ

1. Мысты ажыратып алу.
2. Гальваностегия.
3. Гальванопластика.



Күрделі заттардың беті никель, күміс, алтын сияқты металдардың жұқа қабатымен қалай жабылады?

1. Мысты ажыратып алу

Таза мыс электротехникада кеңінен қолданылады. Мыстың электр өткізгіштігі жоғары болуы маңызды. Бірақ мыс оның құрамына аз мөлшерде басқа заттардың қосылуы электр өткізгіштігінің төмендеуіне әкеледі. Әр түрлі қоспалардан таза мыс келесі әдіспен бөлінеді.

Мыс сульфатының ерітіндісі бар үлкен көлемді электролиттік ванна толтырылады. Оған таза мыстан жасалған жұқа пластиналар параллельді түрде түсіріледі (6.9-сурет). Қуат көзінің теріс полюсіне жалғанған мұндай таза мыс пластиналары катодтар қызметін атқарады өтеді. Катодтар арасында параллель орналасқан қалың анодтық пластиналар тасталады. Анод ретінде әрекет ететін тақталар тазартылмайды мыстан жасалған. Уақыт өте катодты тақталар қалыңдайды кетеді, ал анодтық тақталар жұқа болады. Ваннадан алынған қалың табақ таза мыстан тұрады.

Мыспен қатар алюминий, магний, натрий, калий, кальций сияқты металдар да электролиз арқылы алынады. Олардың ең көп қолданылатыны алюминий болып табылады. Егер алюминий зертханалық әдіспен алынса, оның құны алтындай болар еді.

2. Гальваностегия

Темір өнімдерінің беттік тотығуы нәтижесінде олар тез тот басады. Ал тот металды және одан баяу жейді ол дайын өнімдерде тесіктерді тудырады. Әдетте, оңай тотыққан металдардан жасалған бұйымдардың беті никельді, мырышты, күмісті қоса алғанда, тотығу қиын басқа металдар, жұқа алтын қабатымен қапталған. Никель жалатылған қасық, пышақ, шәйнек сияқты түрлі ыдыстарды көп пайдаланамыз.



6.9-сурет



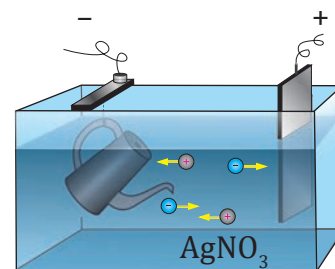
Электролиз арқылы заттардың бетін қиын тотығатын металдармен жабу *гальваностегия* деп аталады.

6.10 суретте көрсетілген электролиттік ванналардан белгілі бір уақыт ішінде ток өткізілсе, заттардың беті күміс қабатпен жабылады. Электролит ретінде күміс тұздарының ерітіндісі, ал күміс пластина анод ретінде өнімнің бетіне күмісті тұндыру үшін қолданылады. Алтын жалатуда электролит үшін алтын тұздарының ерітіндісі, ал анод үшін алтын пластина қолданылады.

3. Гальванопластика

Электролиздің көмегімен күрделі пішінді беттердің және объектілердің нақты көшірмелерін алуға болады. Мысалы, тақтаға қашалған өрнектің көшірмесін алу керек. Ол үшін графит тақтаның өрнектелген бөлігіне өте жұқа жағылады, нәтижесінде бұл бөлік өткізгіш болады. Дайындалған тақта мыс сульфатының ерітіндісіне түсіріледі. Тақта бетіндегі графит өткізгіш сым арқылы ток көзінің теріс полюсіне қосылған, яғни графит қабаты катод қызметін атқарады. Анод ретінде электролитке батырылған мыс пластина қолданылады. Графит жеткілікті қалыңдықтағы мыс қабатымен жабылғаннан кейін электролиз процесі тоқтатылады және мыс қабаты тақтадан бөлінеді. Бұл жағдайда мыс қабатының пішіні тақта бетіндегі өрнектің теріс (төңкерілген) бейнесі болып табылады. Тақтадағы терең жерлер мыс терісінде дөңес, ал терісінде дөңес аймақтар ойыс болып келеді. Теріс сурет өрнектің нақты бейнесін жасау үшін үлгі ретінде әрекет етеді.

Осылайша алынған теріс кескін матрица деп аталады. (Матрица латын сөзі ана дегенді білдіреді). Матрица – баспахана-ларда хаттардың көшірмелерін құюға, медальдар, тиындар, маркалар және т.б. жасауға арналған қалып.



6.10-сурет



Заттардың бетіне металды электролиттік әдіспен қаптау арқылы пішін қалыптастыруды *гальванопластика* деп атайды.



1. Электролиз арқылы бөлінетін таза мыс құрамында басқа заттардың атомдары болуы мүмкін бе? Жауабыңды негізде.
2. Ыдыс-аяқтың беті неге қиын тотығатын металдармен қапталған?
3. Гальваностегияда электролит ретінде қышқыл немесе сілтінің судағы ерітіндісін қолдануға бола ма?
4. Гальванопластика үшін қандай металдарды қолдану керек?

42-ТАҚЫРЫП

ГАЗДАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

1. Газдарда электр разряды
2. Газдардың иондануы
3. Газ разрядтарының түрлері.



*Жай мен найзағайдың айырмашылығы неде?
Неліктен найзағай көп қабатты үйлерге көбірек түседі?*

Газ арқылы электр тогының өту процесі газ разряды болып табылады.

Қалыпты жағдайда газ электр тогын өткізбейді, яғни ол диэлектрик болып саналады. Жылыту, күшті сәулелену, электр өрісі әсерінен газды электр өткізгіш ортаға айналдырады.

Газдардағы электр тогының ағысы металдар мен электролиттердегі ток ағынынан қалай ерекшеленеді? Газдардағы ток өткізгіш бөлшектер қандай? Күнделікті өмірде газдан электр қуатын қалай пайдалануға болады? Осы тақырыпта осындай сұрақтарға жауап табамыз.

1. Газдарда электр разряды

Жазық ауа конденсаторын алайық, оның пластинкаларын электрометрге қосып, конденсаторды зарядтайық. Бұл жағдайда электрометр көрсеткісінің көрсеткіші уақыт өте дерлік өзгермейді, яғни конденсатор қақпақтарының заряды азаймайды. Бұл электр зарядының конденсатор қақпақтары арасындағы ауа арқылы өтпейтінін көрсетеді. Сонымен, құрғақ ауаны бөлме температурасында диэлектрик деп санауға болады.

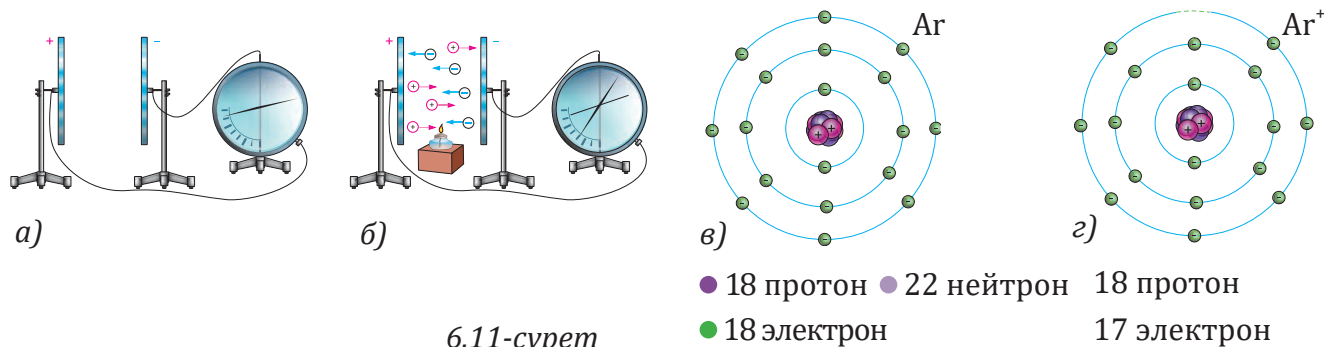
Шам жағып, конденсатор қақпақтарының арасындағы ауаны қыздырайық. Бірден электрометр көрсеткісінің көрсеткіші төмендей бастайды, яғни конденсатор қақпақтары разрядталады. Мұның себебі - конденсатор қақпақтарының арасындағы ауадан электр зарядының ағыны. Сонымен, ток қыздырылған ауа арқылы өтеді. Қыздырылған ауа өткізгіш болып қалады.

2. Газдардың иондануы

Атмосфера әртүрлі типтегі газдардың қоспасынан тұрады, ал атмосфераның төменгі қабатындағы ауаның құрамында көлемі бойынша азот (N_2) ~ 78,08%, оттегі (O_2) ~ 20,94%, аргон (Ar) ~ 0,93% және т.б. газдар бар, соның ішінде көмірқышқыл газы (CO_2), неон (Ne), гелий (He), криптон (Kr), сутегі (H_2), су буы (H_2O). Бөлме температурасында ауадағы барлық атомдар мен молекулалар бейтарап күйде болады. Ауа қызған кезде бейтарап атомдар мен молекулалар иондалады. Бұл процестің қалай жүретінін аргон инертті газының мысалында қарастырайық. Аргон атомының ядросының айналасында 18 электрон айналады. Аргонның атомдардың сыртқы электрондық қабатында 8 электроны бар, ол толық (қаныққан) қабық болып табылады (6.11 а-сурет). Аргон атомының ядросы мен электрондық қабатында сәйкесінше +18е және -18е заряд бар.



Жеке Ag атомдары электрлік бейтарап. Қыздырған кезде Ag атомының сыртқы электрондық қабатындағы электрондардың энергиясы артып, олардың біреуі атомнан шығады: $Ag^0 \rightarrow Ag^+ + e^-$. Бір электрон жоғалтқан Ag атомы оң Ag^+ ионына айналады (6.11 б-сурет). Осылайша газда оң және еркін қозғалатын электрондар пайда болады.



6.11 б-суретте көрсетілген конденсатор қақпақтарының арасындағы ауа қызған кезде Ag^+ иондары сияқты түзілген оң иондар электр өрісінің әсерінен конденсатордың теріс зарядталған қақпағына қарай жылжиды, ал теріс иондар мен атомдардан бөлінген бос электрондар. Конденсатордың оң зарядталған қақпағына қарай жылжытыңыз. Нәтижесінде ток ауа арқылы өтеді. Сондықтан газдарда электр тогын тудыру үшін оның атомдарын немесе молекулаларын ионизациялау және түзілген иондар мен бос электрондарды реттелген күйге келтіру үшін газға сыртқы электр өрісін беру қажет.

Газдардың электр өткізгіштігінде бір жағынан иондардың болуы электролиттердің электр өткізгіштігіне ұқсас болса, екінші жағынан электрондардың қатысуы металдардың электр өткізгіштігіне ұқсас.

Газдардың электр өткізгіштігі электр өрісіндегі оң және теріс иондар мен бос электрондардың электр өрісіндегі реттелген қозғалысынан тұрады.

Газдағы бос электрондар мен оң иондардың қосылуы нәтижесінде бейтарап атомдар да түзілуі мүмкін.

Газды иондаушы сыртқы әсерді тоқтатқанда зарядталған бөлшектердің рекомбинациясына байланысты газдағы иондар бейтарап бөлшектерге айналады және газ қайтадан диэлектрикке айналады. Газ атомдары тек қыздыру арқылы ғана емес, сонымен қатар жарық немесе күшті электр өрісінің әсерінен де иондануы мүмкін. Газ атомдарын немесе молекулаларын электр өрісісіз иондандыратын сыртқы көзді *сыртқы ионизатор* деп атайды.

3. Газ разрядтарының түрлері

Газ разрядының сипаты бойынша тәуелсіз және тәуелсіз разрядтар болып бөлінеді.

Тәуелді разряд электр өрісінің кернеулігі төмен электр өрістерінде, ал тәуелсіз разряд электр өрісінің кернеулігі жоғары электр өрістерінде болады.

Электрондар мен оң зарядталған иондардың қосылуы нәтижесіндегі бейтарап атомдар түзілу процесі газдардағы зарядтың рекомбинациясы деп аталады.

Газда қыздырудың, күшті сәулеленудің, электр өрісінің әсерінен оң және теріс иондар мен бос электрондар түзіледі. Бұлар газдардағы электр зарядын тасымалдаушы бөлшектер саналады.

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ



Сыртқы ионизатордың әсерінен ғана болатын және сыртқы ионизатордың әсері тоқтаған кезде сөнетін газ разрядын тәуелді разряд, ал сыртқы ионизатордың әсерінен де болатын газ разрядын тәуелсіз разряд деп атайды.



a)



b)

6.12-сурет

Газ разрядының пайда болу шарттарына сәйкес тәуелсіз разряд бірнеше түрде көрінеді: жарқыл разряды, ұшқын разряды, тәжді разряд, доғалық разряд.

Жарқыл разряд. Біз жабық шыны түтікшені алып, оның ішіне екі электродты – анод пен катодты орнатамыз. Біз электродтарға бірнеше жүз вольт кернеуін береміз. Түтіктегі ауа қысымы атмосфералық қысымға тең болғанда ($\sim 10^5$ Pa), электр тогы газ арқылы өтпейді. Сораптың көмегімен құбыр ішіндегі ауаны біртіндеп сорып, газ қысымын 10 есе ($\sim 10^4$ Pa) төмендеткен кезде газ разряды сезіліп, газ арқылы ток өте бастайды. Газ қысымы 20 есе төмендеген кезде ($\sim 5 \cdot 10^3$ Pa) катод пен анод арасында ағын сымы пайда болады. Қысым 250–350 есе (~ 300 – 400 Pa) төмендеген кезде жыпылықтайтын шам электродтар арасындағы түтіктің бүкіл көлемін жабады. Сондықтан мұндай разрядты жарқыл разряд деп атайды. Жарқын разрядта газ арқылы өтетін ток тығыздығы 1 – 5 mA/cm² шамасында болады. Әр түрлі газдар әртүрлі түсті жыпылықтайтын разрядты тудырады (6.12 а-сурет). Түнгі жарнамалық шамдарда жарқыл разряд қолданылады (6.12 б-сурет).

Ұшқын разряды. Ауада бір-бірінен бөлінген екі электродты алып, оларды жоғары кернеу көзіне қосамыз. Кернеуді арттырсақ, оның белгілі бір мәнінде электродтар арасында жарқыл пайда болады (6.13-сурет). Мұндай жарқыл ұшқын разряды деп аталады. Ұшқын разряды кезінде сықырлаған дыбыс естіледі және жарқын жарық шығады.

Қалыпты жағдайда ұшқын разряды ауадағы электродтар арасында электр өрісінің кернеулігі $30\,000$ V/cm жеткенде пайда болады.

Ұшқын разряды табиғи түрде бұлттар арасында (6.14-сурет) немесе осы люта мен жер беті арасында (6.15-сурет) найзағай түрінде болады. Бұлттар арасындағы кернеу $100\,000\,000$ V-тан асуы мүмкін. Найзағай кезінде мұндай бұлттардың арасында ауа арқылы өтетін ток $10\,000$ A-ға жетеді. Ұшқын разрядының ұзақтығы 1 – 20 ms диапазонында.

Тәж разряды. Электр өрісінің кернеулігі күрт өзгеретін өткір ұшты электродтардың айналасында тәж разряды пайда болады (6.16-сурет). Корона разрядтары - бұл найзағай немесе дауылды күні табиғи түрде биік ғимараттардың басына орна-



6.13-сурет



6.14-сурет



6.15-сурет



ластырылған өткір металл заттар айналасында (6.17-сурет), теңізде жүзетін кеме мачтасының үшкір бөліктерінің айналасында (6.18-сурет), ұшу кезіндегі ұшақтың үшкір бөліктерінің айналасында (6.19-сурет). Тәж разрядты тек өткір электродтардың айналасында ғана емес, сонымен қатар жоғары вольтты электр желілерінде орнатылған өткізгіштердің айналасында да байқауға болады.



6.16-сурет



6.17-сурет



6.18-сурет

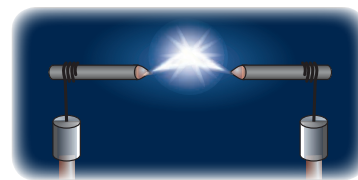
Тәж разрядының пайда болуының негізгі шарты: электродтың өткір ұшының айналасында құрылған электр өрісінің кернеулігі электродтардың айналасындағы қоршаған ортаның қалған бөлігінен әлдеқайда үлкен мәнге ие болуы керек. Ауа үшін қалыпты жағдайда, кернеудің 30 000 V/cm мәнінен электродтың өткір ұшының айналасында тәж тәрізді жарқырау пайда бола бастайды. Мұндай разрядта иондану процесі тек тәж электродының жанында жүреді, ал екінші электрод тәж разрядын түзбейді.

Доғалық разряд. Екі көміртекті электродты алып, оларға 40-50 V кернеу берейік. Олардың ұштарын бір-біріне тигізейік, содан кейін оларды сәл алға жылжытайық. Бұл жағдайда электродтардың ұштарының арасында көздің жауын алатын жарқын жарқырау – электр доғалық разряд пайда болады (6.20-сурет).

Электр доғасының разряды өте қуатты жарық көзі болып табылады. Мұндай электр доғалары проекторларда, маяктарда, проекциялық құрылғыларда (6.21-сурет) және басқа құрылғыларда қолданылады. Доғалық разрядының температурасы өте жоғары болғандықтан, металдарды балқыту және дәнекерлеу үшін қолданылады (6.22-сурет). Жоғары сапалы болат алу үшін қуатты электр доғасы қолданылады.

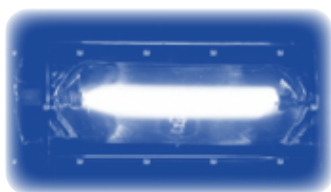


6.19-сурет



6.20-сурет

Газ арқылы электр тогының өтуі газ разряды деп аталады. Пайда болу жағдайларына байланысты газ разрядтары екі түрге бөлінеді: тәуелді және тәуелсіз газ разрядтары. Тәуелсіз газ разрядтары бірнеше формада пайда болады: жарқыл разряды, ұшқын разряды, тәжді разряд, доғалық разряд.



6.21-сурет



6.22-сурет

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

Мәселе шешу үлгісі

Кернеуі 6 kV ток көзіне жалпақ конденсатор қосылған. Егер ауаның иондануы өріс кернеулігінің 3 MV/m әсер ету нәтижесінде басталса, пластиналар арасындағы қашықтық қандай?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$U = 6 \text{ kV} = 6 \cdot 10^3 \text{ V}$ $E = 3 \text{ MV/m} = 3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$	$E = \frac{U}{d}$ $d = \frac{U}{E}$	$d = \frac{6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^6} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2 \text{ mm}$
$d = ?$		Жауап: $d = 2 \text{ mm}$.



33-жаттығу

1. Электродтары бар шыны түтікше сирек аргон газымен толтырылған. Аргон атомын иондау үшін оны соққан электронның энергиясы $\approx 2,5 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ болуы керек. Ар атомын иондау үшін электродтарға берілген кернеудің әсерінен қозғалатын электрон қандай потенциалдар айырмасын кесіп өтуі керек?

2. Найзағайдың ұзақтығы 1 ms, бір жарқылда тасымалдатын заряд мөлшері 20 C және кернеу 2 GV-ға тең болды. Бір жарқылдағы найзағайдың ток күші мен күші қандай? Найзағай 5 жыпылықтаудан тұрса, қанша энергия бөлінеді?

3. Бұлтты күнде қысқа мерзімді найзағай кезінде ауадағы газ разрядының ағымдағы күші $5 \cdot 10^3 \text{ A}$ -ға жетті. Берілген заряд 6 C болса, найзағайдың ұзақтығын тап.

4. Вакуумде орналасқан катод пен анод электродтарына берілген кернеудің әсерінен анодқа секунд сайын $4 \cdot 10^{16}$ электрон жетсе, анодтық ток қанша ампер болады?



1. Газдарда электр тогының пайда болу табиғатын түсіндір.

2. Газ атомдары немесе молекулалары қалай иондануы мүмкін?

3. Газ разряды өмірде және технологияда қандай мақсатта қолданылады?

4. Тәуелді және тәуелсіз разрядтардың табиғатын түсіндір.

5. Газ разряды Ом заңына бағынады ма? Өз пікіріңді дәлелде.



ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ МЕТАЛДАРДАН АЙЫРМАШЫЛЫҒЫ

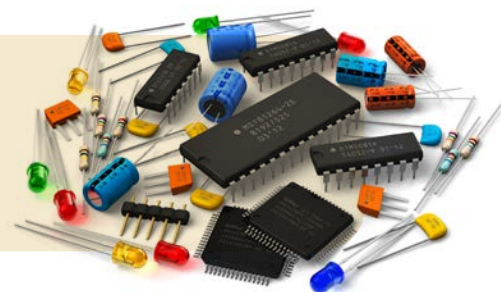
43-ТАҚЫРЫП

1. Жартылай өткізгіштердің металдардың айырмашылығы.

2. Жартылай өткізгіш заттар.

1. Температура жоғарылағанда металдардың кедергісі неге артады?

2. Температура жоғарылағанда жартылай өткізгіштердің кедергісінің төмендеуінің себебі неде деп ойлайсыңдар?



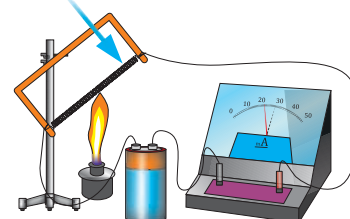
Жартылай өткізгішті заттардың электр өткізгіштігінің табиғатын білу үшін олардың қандай заттар екенін, олардың құрылысы қандай, ток өткізгіш бөлшектер неден тұратынын және олардың электр өткізгіштігі неге байланысты екенін білуіміз керек.

1. Жартылай өткізгіштер мен металдардың айырмашылығы

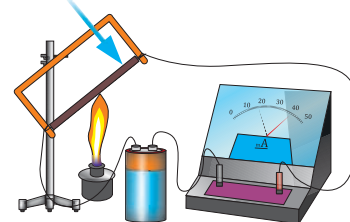
Табиғатта мұндай заттар бар: оларда қалыпты жағдайда зарядты тасымалдаушы бос электрондардың концентрациясы, яғни көлем бірлігіне келетін бос электрондар саны өткізгіштермен салыстырғанда өте аз, бірақ диэлектриктермен салыстырғанда өте үлкен (изоляторлар). Сондықтан олардың электр өткізгіштігі өткізгіштерге қарағанда әлдеқайда аз, бірақ диэлектриктерге қарағанда әлдеқайда үлкен. Мұндай заттарды *жартылай өткізгіштер* деп атайды. Жартылай өткізгіш заттар металдардан электр өткізгіштігінің табиғаты мен қасиеттері бойынша ерекшеленеді. Сыртқы әсерлер, мысалы, қыздыру, жарықтың әсері немесе құрылымға басқа химиялық элементтердің атомдарын енгізу жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштігін күрт өзгертуі мүмкін. Мұндай әсерлерге металдардың сезімталдығы өте төмен. Жартылай өткізгіштердің сыртқы әсерлерге сезімталдығы жоғары болғандықтан, олар әртүрлі электронды құрылғылар, соның ішінде диодтар, транзисторлар, микросұлбалар, басқару элементтер, терморезисторлар – фотоэлементтер, фотосенсорлар, фоторезисторлар, жарық диодтары және ұқсас құрылғылар шығарылады.

Металдар мен жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштігі температураға тәуелді екенін 6.26-суретте көрсетілген құрылғы арқылы тексере аламыз. Ол үшін металл өткізгіштер мен жартылай өткізгіштерді миллиамперметр арқылы аккумуляторға қосып, қыздырамыз. Металды қыздырған кезде контурдағы миллиамперметрдің көрсетуі азаяды, ал жартылай өткізгішті қыздырғанда миллиамперметрдің көрсетуі артады. Сондықтан қыздырған кезде металдың электр өткізгіштігі төмендейді, ал жартылай өткізгіштікі жоғарылайды.

Металл



Жартыөткізгіш



6.23-сурет

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

2. Жартылай өткізгіш заттар

Қазіргі уақытта жартылай өткізгішті электронды құрылғылар өндірісінде кеңінен қолданылатын материалдардың бірі кремний диоксиді болып табылады. Өйткені кремний табиғатта кең таралған және жер қыртысының $\sim 27,6\%$ құрайды. Сонымен қатар кремний улы зат емес, оны технологиялық өңдеу оңай.

Жартылай өткізгіш материалдар негізінде күнделікті өмірде қолданылатын компьютерлер, ұялы телефондар, смартфондар, электронды сағаттар, лазерлер, радио, теледидар, электронды басқару құрылғылары жасалған. Жартылай өткізгішті материалдарсыз заманауи технологияның дамуын елестету мүмкін емес.



Практикалық тапсырма

Мақсаты: жартылай өткізгіш фотоэлементтің жұмысын зерттеу.

Қажетті құрал-жабдықтар: фотоэлемент, миллиамперметр, электр шамы, түрлі түсті бөтелкелер, жалғау сымдары.

Жұмыс тәртібі

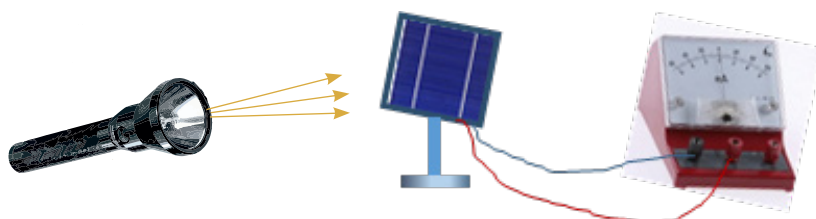
1. Фотоэлементтерді негізге орнатыңыз және жалғастырығыш сымдар арқылы миллиамперметрге қос (суретті қара). Миллиамперметр тапсырмаларының «+» және «-» полюстерінің фотоэлементтердің қапсырмаларымен үйлесімділігіне назар аудар.

2. Фонарды (жарық көзі) қосып, фотоэлементтің бетін жарықтандыр.

3. Фотоэлементтің бетін күшті және әлсіз жарық сәулелерімен жарықтандырып, миллиамперметрдің көрсетуін бақыла.

4. Фотоэлементті түрлі түсті сәулелермен жарықтандыр (ол үшін жарық жолына түрлі түсті бөтелкелерді қоюға болады), миллиамперметрдің көрсеткішін қадағала.

Тәжірибе нәтижелері бойынша қорытынды жаса.



түсті шишалар



1. Температура өскен сайын жартылай өткізгіштің электр кедергісі қалай өзгереді? Жауабыңды негізде.

2. Жартылай өткізгіштердің металдардан электрлік қасиеттері бойынша ерекшеленуінің себебі неде?

3. Қандай қасиеті бойынша кейбір заттарды жартылай өткізгіштер деп атайды?



ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТЕРДІҢ ЭЛЕКТР ӨТКІЗГІШТІГІ

44-ТАҚЫРЫП

1. Электрондық өткізгіштік.
2. Кеукті өткізгіштік.
3. Аралас жартылай өткізгіштер.

Электрондық аспаптар (калькулятор, смартфондар, ноутбуктерде) жартылай өткізгіш элементтері қандай міндеттерді орындайды.

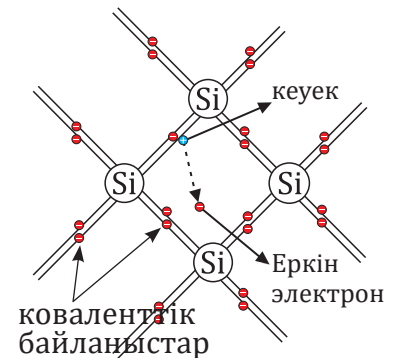
1. Электрондық өткізгіштік

Кремний атомындағы коваленттік байланыстар күшті, ал төмен температурада ондағы электрондар атомдармен қоршалған. Сондықтан төмен температурада бос электрондар кремнийде жоқтың қасы, соның салдарынан кремний электр тогын өткізбейді. Температура жоғарылағанда коваленттік байланыстағы электрондардың кинетикалық энергиясы артады. Кейбір коваленттік байланыстар үзіле бастайды. Электрондар атомдардан бөлініп, еркін қозғалатын электрондарға айналады (6.24-сурет). Еркін электрондар белгілі бір атомға жатпайды, бірақ бүкіл кристалдық торға жатады және бүкіл көлем бойынша еркін қозғала алады. Электр өрісі болмаған кезде бос электрондар көлем бойынша ретсіз қозғалады. Егер кремнийге сыртқы электр өрісі берілсе, өрістің әсерінен бос электрондардың реттелген миграциясы жүреді және электр тогын тудырады (6.25-сурет). Жартылай өткізгіштердегі бос электрондардың миграциясына байланысты токтың пайда болуын **электронды өткізгіштік** немесе **n-типті өткізгіштік** (лат. negativus - теріс) деп атайды.

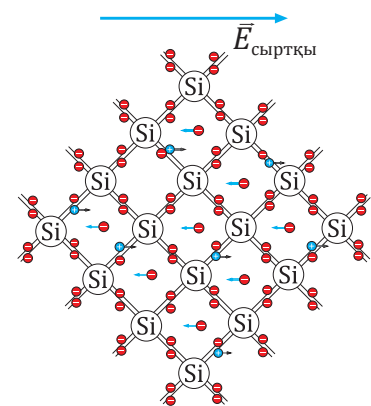
2. Кеукті өткізгіштік

Кремнийдің коваленттік байланысындағы электрон жұбының біреуінің жойылуы нәтижесінде бос кеңістік – тесік пайда болады (6.33-сурет). Теріс зарядталған электронның бейтарап атомнан кетуі нәтижесінде пайда болған тесік оң заряд алады. Тесік зарядының мөлшері (q_p) элементар зарядтың шамасына тең: $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ С. Осылайша, қуыс жартылай өткізгіштің коваленттік байланысы электрон алатын кеңістік болып табылады. Жаңадан пайда болған саңылауды басқа коваленттік байланыстың электроны толтырады және тесік қозғалады. Осылайша, тесік жартылай өткізгіштің бүкіл көлемі бойынша қозғалады. Электр өрісі болмаған кезде кеуктердің бұл миграциясы тұрақты емес түрде жүреді. Жартылай өткізгішке сыртқы электр өрісі әсер еткенде, саңылаулар өріс бағытымен қозғалып, электр тогын тудырады (6.34-сурет). Жартылай өткізгіштерде кеуктері бар электрөткізгіштік қуысты өткізгіштік немесе p-типті өткізгіштік (лат. positivus - оң) деп аталады.

Осылайша, таза (ешқандай қоспаларсыз) жартылай өткізгіштерде бос электрондардың қозғалысымен байланысты электронды өткізгіштік және кеуктердің қозғалысымен байланысты саңылау өткізгіштік болады. Таза жартылай өткізгіштерде бір бос электрон пайда болған кезде бір тесік те пайда болады. Демек, таза жартылай өткізгіштердегі бос электрондар саны кеуктер санына тең.



6.24-сурет



— Еркін электрондардың ретті қозғалу бағыты

— Кеуктердің ретті қозғалу бағыты

6.25-сурет

Жартылай өткізгіштерде заряд тасымалдаушы бөлшектер электрондар кеуктер болып саналады.

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

Жартылай өткізгіш арқылы өтетін ток (I) электрондар (I_e) және тесіктер тудыратын ток күштерінің қосындысына тең:

$$I = I_e + I_k \quad (1)$$

Таза жартылай өткізгіштерде бос электрондар мен кеуектердің саны аз болғандықтан, олардың электр өткізгіштігі де аз.

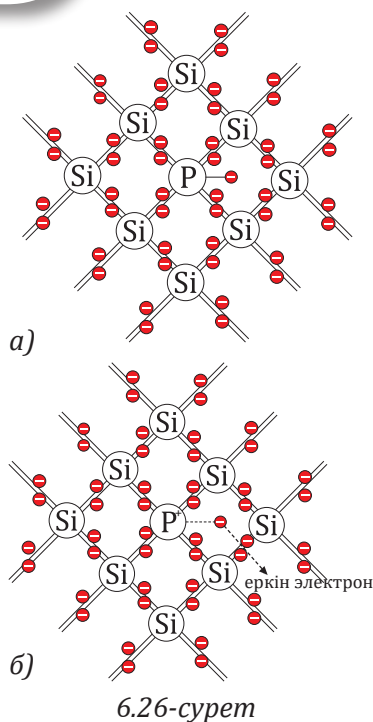
Қоспасыз таза жартылай өткізгіштегі электр өткізгіштік меншікті өткізгіштік деп аталады.

3. Аралас жартылай өткізгіштер

Донорлық қосылыстар. Енді таза кремнийге кейбір қоспаларды қосамыз. Алдымен кремний кристалдық торына химиялық элементтердің периодтық жүйесінің бесінші тобына жататын фосфор (P) элементінің атомдарын енгізейік. Фосфор атомының сыртқы электрондық қабатында 5 валенттік электрон бар. Фосфор атомын кремнийдің кристалдық торына енгізгенде, ол тордың түйінінде орналасады және 4 көршілес кремний атомдарымен қаныққан ковалентті байланыстар түзеді (6.26 а-сурет). Бұған фосфордың 4 валенттік электроны қатысады, ал бесінші электрон химиялық байланысқа қатыспай бос қалады да атомнан шығады. Бұл электрон көлем бойынша қозғалатын еркін электронға айналады (6.26 б-сурет). Бір электронын жоғалтқан фосфор атомы оң ионға айналады. Фосфор иондары кремний атомдарымен күшті коваленттік байланыста болғандықтан бір жерден екінші жерге ауыспайды және ток өткізуге қатыспайды. Сондықтан мұндай кіріс атомдары тек бос электрондарды шығарады. Кристалл торының құрылымына көптеген фосфор атомдарын қоссақ, кремнийдегі бос электрондардың саны саңылаулар санына қарағанда күрт артады. Ал жартылай өткізгіштің кедергісі күрт төмендейді.

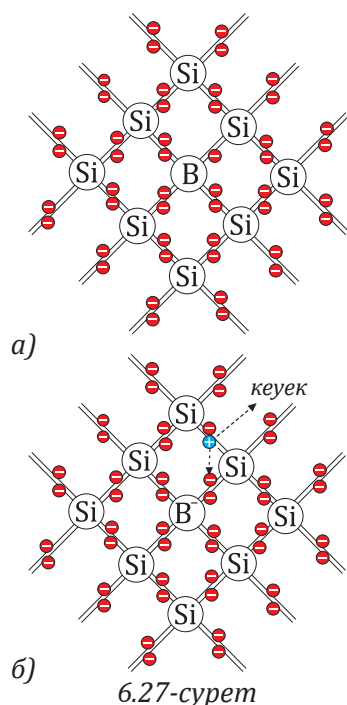
Химиялық элементтердің периодтық жүйесінің V тобының атомдары (P, As, Sb, Bi) кремний мен германий үшін донор қоспасы қызметін атқарады. Донорлық қосылысы бар жартылай өткізгіштердегі негізгі ток өткізгіш бөлшектер электрондар болғандықтан, оларды n-типті жартылай өткізгіштер деп атайды.

Акцепторлық қосылыстар. Акцепторлық қосылыстар. Бор (B) элементінің атомдарын таза кремнийге енгізейік. Бор элементі периодтық жүйенің III тобында орналасқан, ал атомының сыртқы электрондық қабатында 3 валенттік электрон бар. Кремнийдің кристалдық торына бор атомын енгізгенде, ол тордың түйінінде орналасады және 4 көршілес кремний атомдарымен ковалентті байланыс түзеді. Бірақ барлық байланыстар жұп электрондармен қаныққан болуы үшін бор атомында бір электрон жетіспейді (6.27 а-сурет). Ол жетіспейтін электронды бор атомын қоршап тұрған кремний атомдарынан алады. Нәтижесінде кремний атомдарында тесік пайда болады (6.27, б-сурет). Бір электрон қосып алған бор атомы теріс ионға айналады. Кристалл торының түйіндерінде орналасқан мұндай иондар заряд тасымалдауға қатыспайды, өйткені олар қозғалмайды. Демек, бор атомдары тек кеуектердің санын көбейтеді, ал бос электрондар саны өзгеріссіз қалады. Кремнийге бор атомдары неғұрлым көп қосылса, соғұрлым көп кеуектер пайда болады.



6.26-сурет

Жартылай өткізгіш құрамына енгізгенде электронын беретін қоспаға донорлық қоспа делінеді.



6.27-сурет



Жартылай өткізгішке қосылған кезде кеуекті өткізгіш түзетін қосылыстар акцепторлық қосылыстар деп аталады.

Химиялық элементтердің периодтық жүйесінің III тобының атомдары (B, Al, Ga, In) кремний мен германий үшін акцепторлық қосылыс қызметін атқарады. Акцепторлы аралас жартылай өткізгіштерде бос электрондарға қарағанда кеуектер көп. Сондықтан мұндай жартылай өткізгіштерде саңылаулар негізгі заряд тасымалдаушылар, ал электрондар негізгі емес заряд тасымалдаушылар болып табылады. Негізгі заряд тасымалдаушылары кеуектер болатын құрама жартылай өткізгіштер р-типті жартылай өткізгіштер деп аталады.

Әр түрлі химиялық элементтердің атомдарын қосу арқылы жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштігін бақылауға болады.



1. Қоспалары жоқ таза жартылай өткізгіштер өткізгіштіктің қандай түріне ие?
2. Жартылай өткізгіштерде электрон мен кеуек кездескенде не болады?
3. Жартылай өткізгіш негізінен тесік өткізгіштікке ие. Кристалда қандай қосылыс бар?
4. Германий құрамында мышьяк атомдары бар. Қандай заряд тасымалдаушылар негізгі болып табылады?

Практикалық тапсырма

Мақсаты: жартылай өткізгіштің электр кедергісінің температураға тәуелділігін зерттеу.

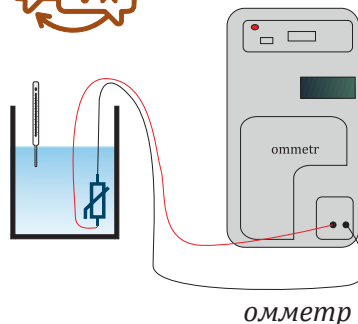
Қажетті құрал-жабдықтар: терморезистор (жартылай өткізгіш), омметр, шыны ыдыс, термометр, қосу сымдары.

Жұмыс тәртібі

1. Шыны ыдысқа аздап су құй. Термометр мен терморезисторларды суға түсір.
2. Терморезисторды омметрге қос.
3. Термометр мен омметрлердің көрсеткіштерін қадағала
4. Ыстық суды бірінен соң бірі шыны ыдысқа құй, содан кейін температура жоғарылағанда термометр мен омметрлердің көрсеткіштері қалай өзгеретінін бақыла.
5. Шыны ыдыстағы суды суық сумен ауыстыр.
6. Шыны ыдыстағы терморезисторды металл өткізгішпен ауыстыр (мысалы, қыздыру пластинасының спиралі).
6. Шыны ыдыстағы суға ыстық су құйыңыз және су қызған кезде термометр мен омметрлердің көрсеткіштері қалай өзгеретінін бақыла.

Ескерту. Жартылай өткізгіш пен металл өткізгіштердің температурасы шыны ыдыстағы судың температурасына тең болатындай тәжірибені баяу орында.

Тәжірибе нәтижелері бойынша қорытынды жаса.



омметр



терморезистор



Терморезистордың белгіленуі

45-ТАҚЫРЫП

ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯДА ҚОЛДАНЫЛУЫ

1. Жартылай өткізгіштерде p - n өтуі.
2. Жартылай өткізгішті диод.
3. Транзистор туралы түсінік.
4. Интегралды микросұлбалар.

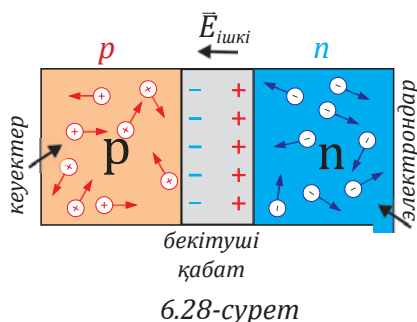
Жартылай өткізгіштерден дайындалған жиназдар қыстың суық әрі жаздың ыстық күндерінде бір түрлі жұмыс жасайды ма?

Қазіргі уақытта жартылай өткізгіш материалдар негізінде электроника мен радиокомпоненттердің негізгі элементтері шығарылады. Мұндай элементтер қалай жұмыс істейді? Олардағы электрондық процестерді орындайтын бөлшектердің құрылымы қандай? Біз осы тақырыпта осындай сұрақтарға тоқталамыз.

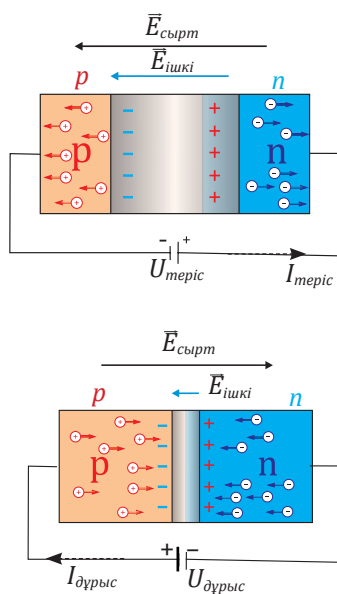
1. Жартылай өткізгіштерде p - n өтуі

Қатты жартылай өткізгішті кристалдың бір бөлігінде n -типті өткізгіштік өрістерін, ал екінші бөлігінде p -типті өткізгіштік өрістерін құрайық (6.28-сурет). Еркін электрондар p және n салаларының өзара тұтасқан шекара бөлігінде бос электрондар кеуектерді толтырады, яғни электрон-кеуек рекомбинациясы жүреді. Нәтижесінде жартылай өткізгіштің бұл бөлігінде заряд тасымалдаушылары дерлік жоқ аймақ пайда болады, оның қасиеттері диэлектриктікіне ұқсас. Бұл өріс бос электрондардың p өрісіне, ал кеуектердің n өрісіне өтуіне жол бермейді. Сондықтан бұл аймақ жабын қабаты деп аталады. Тығыздағыш қабаттағы p -типті жартылай өткізгіш бөлігінде еркін қозғала алмайтын теріс зарядты акцепторлық атомдар және n -типті жартылай өткізгіш бөлігінде оң зарядты донор атомдар ішкі электр өрісін ($E_{\text{ішкі}}$) жасайды. Ішкі электр өрісінің күш сызықтары n -типті жартылай өткізгіштен p -типті жартылай өткізгішке бағытталған (6.28-сурет).

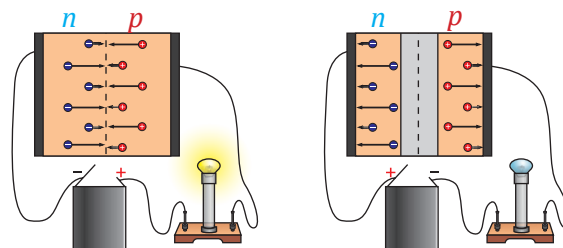
Осы жартылай өткізгішті ток көзіне қосамыз. Алдымен жартылай өткізгіштің p облысын көздің теріс полюсіне, n аймағын көздің оң полюсіне қосамыз (6.29 а-сурет). Бұл жағдайда электрондар көздің оң полюсіне, ал кеуектер көздің теріс полюсіне тартылады. Нәтижесінде тығыздағыш қабаты кеңейіп, оның кедергісі артады. Жартылай өткізгіш арқылы дерлік ток өтпейді. Мұндай жағдайды теріс pn өтуі деп атайды.



6.28-сурет



6.29-сурет



6.30-сурет



Енді тар көздің оң полюсін жартылай өткізгіштің p ауданына, ал теріс полюсін n ауданына қосамыз. Бұл жағдайда электрондар ток көзінің теріс полюсінен итеріліп, оң полюске қосылған p өрісіне тартылады. Ал тесіктер оң полюстен итеріліп, n өріске тартылады. Нәтижесінде жабын қабаты тарылып, оның кедергісі азаяды және одан ток өте бастайды (6.29 б-сурет). Мұндай жағдай *тура $p-n$ өтуі* деп аталады. Тура $p-n$ өткелінде жартылай өткізгіштің электр кедергісі инверттелген $p-n$ өтуіне қарағанда бірнеше ондаған, кейде бірнеше жүз есе аз. $p-n$ өтуі бар жартылай өткізгіште электр тогы 6.30-суретте көрсетілген тізбекті пайдаланып бір бағытта ғана ағуы мүмкін. 6.30 а-суретте $p-n$ өтуі дұрыс бағытта жалғанған және электр шамы арқылы тізбекте токтың болуын анықтаймыз. Ал 6.30 б-суретте $p-n$ өтуі қарама-қарсы бағытта жалғанған және жартылай өткізгіш арқылы ток өтетінін электр шамының жанбауынан көреміз.

Жартылай өткізгішті құрылғыларда $p-n$ өту жартылай өткізгіштерінің электр тогының бір жақты берілу қасиеті қолданылады.

2. Жартылай өткізгішті диод

Жартылай өткізгіштерде $p-n$ өтуін қалыптастыру үшін өткізгіштігі p және n типті екі жартылай өткізгішті механикалық қосу жеткіліксіз. Өйткені бұл жағдайда олардың арасындағы қашықтық үлкен болады. p және n шарлар арасындағы қалыңдығы атом аралық қашықтыққа тең болуы үшін жеткілікті аз болуы керек. Ол үшін донор қоспасы бар n -типті қатты жартылай өткізгішті, мысалы, германий ($n-Ge$) монокристалын алайық. Химиялық элементтердің периодтық жүйесінің III топ элементтерінің кішкене бөлігін орналастырамыз, мысалы, германийде p -типті өткізгіштік тудыратын индий (In) (6.31 а-сурет). Содан кейін оны вакуум жағдайында 400-500°C температура диапазонында қыздырамыз (In балқу температурасы 157°C, ал Ge балқу температурасы 938°C-қа тең). Үлгіні салқындатқанда германий монокристалына In атомдарының енуіне байланысты германий In -мен жанасатын аймақтың айналасында p -типті германий ($p-Ge$) қабаты түзіледі (6.31 б-сурет). Индий атомдары қосылмаған германий монокристалының ауданы бұрынғыдай n -типті өткізгіштікке ие болады. Нәтижесінде $p-Ge$ және $n-Ge$ қабаттары арасында $p-n$ түйісу аймағы пайда болады (6.31 б-сурет).

Жалғыз $p-n$ өтуі бар жартылай өткізгішті құрылғы жартылай өткізгіш диод деп аталады.

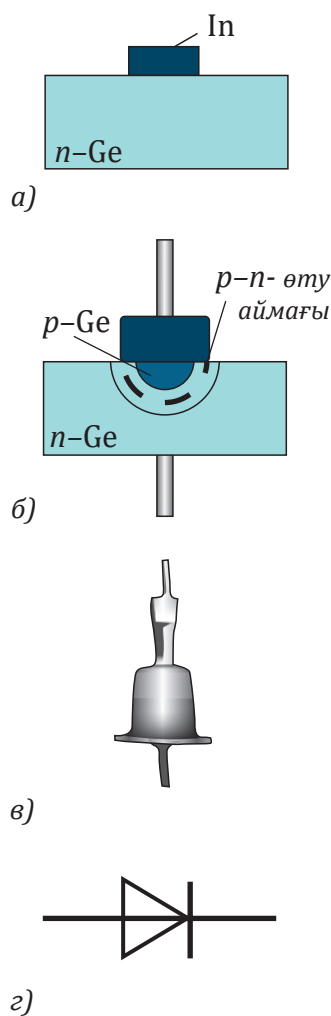
Жартылай өткізгіш диодқа жарық, ауа, сыртқы электр және магнит өрістерінің әсерін азайту үшін германий кристалын герметикалық жабылған металл қабықшаға салады (6.31 в-сурет).

Жартылай өткізгішті диодтың шартты таңбасы 6.31 г-суретте көрсетілген.

Жартылай өткізгіш диод – бір бағытта ток өткізетін $p-n$ өтпелі электронды құрылғы болып табылады.

$p-n$ өтуі бар құрылым бір жақты ток беру сипаттамасына ие.

Жартылай өткізгішті диод - бір бағытта ток өткізетін $p-n$ өтуі бар электрондық құрылғы



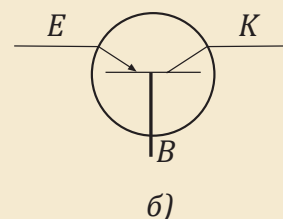
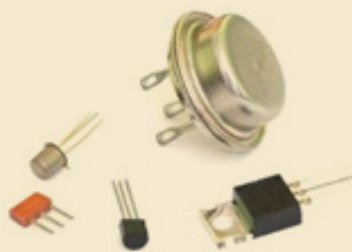
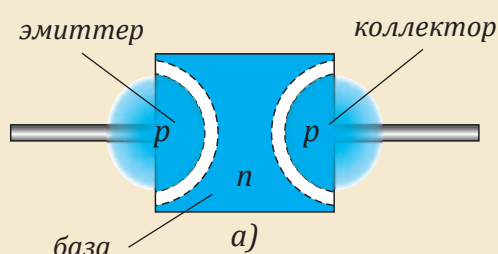
6.31-сурет

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

3. Транзистор туралы түсінік

Екі p - n өтуі бар жартылай өткізгіш жүйені **транзистор** деп санауға болады. Айнымалы электрлік сигналдар күшейтіледі, электрлік дірілдер жасалады және транзистордың көмегімен басқарылады.

Транзистор жасау үшін индий электронды өткізгіштігі бар германий кристалының қарама-қарсы жақтарына қойылады. p -Ge қабаттары n -Ge екі жағында жартылай өткізгіш диодты дайындауға ұқсас вакуумда қыздыру арқылы алынады. Германий кристалының қалыңдығы өте аз (бірнеше микрометр). Бұл қабат **транзистордың негізі** деп аталады (6.32 а-сурет). Оның кеуекті өткізгіштігі бар екі ұшы **эмиттер** және **коллектор** деп аталады. Транзистордың бұл түрі p - n - p құрылымы бар транзистор деп аталады (6.32 а-сурет).



6.32-сурет

Транзистор – электрлік сигналдарды генерациялау, күшейту және басқару міндеттерін орындайтын екі p - n өткелінен тұратын үш электродты (эмиттер, негіз, коллектор) электрондық құрылғы.

Транзистордың эмиттер аймағындағы кеуектердің концентрациясы базадағы бос электрондардың концентрациясынан бірнеше есе көп. p - n - p құрылымы бар транзистордың шартты таңбасы 6.32 б-суретте көрсетілген. Сыртқы әсерлердің алдын алу үшін транзисторлар әр түрлі корпустармен сырттан қорғалған (6.32 в-сурет).

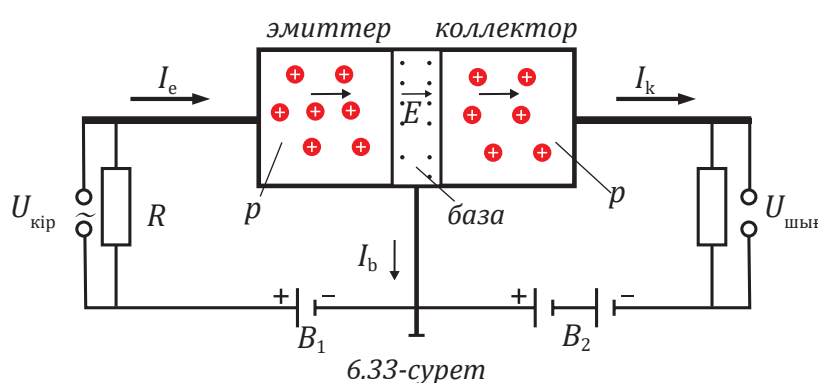
Транзистордың жұмысымен танысайық (6.33-сурет). Эмиттер-база саңылауына қосылған B_1 аккумулятор кернеуі дұрыс p - n өткелін жасайды және эмиттерлік ток (I_e) шығарады. Базалық коллектор Диапазондағы B_2 батареясы кері p - n өтуін құрайды. Сонда коллекторда ток қалай пайда болады? Кеуектер эмиттер-база саңылауына қолданылатын кернеуге байланысты негізге кіреді. Негіздің қалыңдығы өте аз және ондағы бос электрондардың концентрациясы төмен болғандықтан, кеуектердің аз ғана бөлігі электрондармен қосылып, бейтарап болады. Кеуектердің көпшілігі коллектор аймағына өтеді.

B_2 батареясының теріс полюсі коллекторға қосылғандықтан, оған тесіктер тартылып, коллекторлық ток (I_k) пайда болады. Эмиттер-база тізбегіндегі ток (I_b) эмиттер-коллектор бағытындағы токтан әлдеқайда аз. Эмиттер-базалық бағыттағы ток күші (I_b) өзгерген сайын эмиттер-коллектор бағытында (I_k) өтетін ток та осылай өзгереді. Эмиттер-базалық бағыттағы ток (I_b) тізбектің кіріс бөлігіне берілетін айнымалы шағын



кернеумен ($U_{\text{кпр}}$ - кіріс кернеуі) басқарылады. Тізбектің шығысында айнымалы үлкен шығыс кернеуі ($U_{\text{шыф}}$) пайда болады. Тиісінше, транзистордан айнымалы ток сигналдары нығайтуда қолданылады.

Транзистор жасау үшін негіз ретінде p -типті жартылай өткізгішті де қолдануға болады. Бұл жағдайда эмиттер және коллектор аймақтары n -типті жартылай өткізгіштерден жасалған. Мұндай транзисторды $n-p-n$ құрылымдық транзистор деп атайды. Транзистордың бұл түрінің жұмыс принципі $p-n-p$ транзисторынан еш айырмашылығы жоқ. Тек оларда ток коллектордан эмитентке бағытталады.



6.33-сурет



а)



б)

6.34 -сурет

Интегралды микросұлбалар

Өткен ғасырдың 70-ші жылдары диаметрі 1 см болатын жартылай өткізгіш пластиналарға мыңдаған микроскопиялық транзисторлар орналастырылған микросұлбалар ашылды. Оларды *интегралды микросұлбалар* деп атайды, өйткені оларда транзисторлармен бірге диодтар, конденсаторлар, резисторлар және басқа радиоэлектрондық элементтер орналастырылған. 6.34 а-суретте микросұлбалардың сыртқы түрі, ал 6.34 б-суретте электронды құрылғы тақтасына орнатылған әр түрлі микросұлбалар көрсетілген. Интегралды микросұлбалардың ашылуы күрделі схемаларды шағын көлемде орналастыруға және стационарлық компьютерлерді жасауға мүмкіндік берді. Бастапқыда радиоэлементтер жартылай өткізгіш пластинаның бетінде жасалды, ал кейінірек олар пластинаның бүкіл көлемінде жасала бастады. Олар **микрочиптер** деп аталды. Микрочиптерге негізделген ұялы телефондар, портативті компьютерлер (ноутбуктар) т.б. миниатюралық радиоэлектрондық құрылғылар жасалуда. Бүгінде жүздеген миллион транзисторлар мен радиоэлементтер тиын өлшеміндегі микрочипке орналастырылған. Бұл радиоэлементтің өлшемі $\sim 10^{-9}$ m дегенді білдіреді. 10^{-9} m бір нанометрге тең. Тиісінше, мұндай микросұлбаларды құрастыру және жасаумен айналысатын сала нанотехнология деп аталады.

Микросұлбалар, микрочиптер қазіргі компьютерлердің, электронды басқару құрылғыларының негізі болып табылады.

VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ



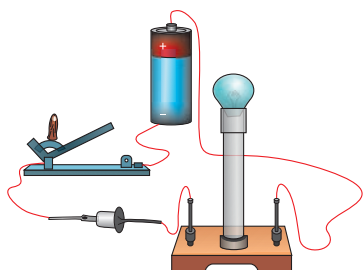
Практикалық тапсырма

Мақсаты: жартылай өткізгіш диодтың бір бағытты өткізгіштігін бақылау.

Қажетті құрал-жабдықтар: жартылай өткізгіш диод, қуат көзі, электр шамы, кілт, қосу сымдары.

Жұмыс тәртібі

1. Құрылғыларды пайдаланып, суретте көрсетілгендей тізбекті жаса.
2. Бастапқы күйде кілт - өшірулі болады.
3. Кілтті қосып, шамды бақыла.
4. Кілтті өшіріп, тізбекке қосылған қуат көзінің полярлығын өзгерт.
5. Кілтті қосып, шамның жануын қадағалаңыз. Тәжірибе нәтижелері бойынша қорытынды жаса.



1. *p-n* өту кезінде зарядты қандай бөлшектер тасымалдайды?
2. *p-n* өту кедергісі берілген кернеуге қалай тәуелді?
3. Оң және теріс *p-n* өткелдері транзистордың қай аймақтарында орналасқан?
4. *p-n-p* және *n-p-n* типті транзисторлардың айырмашылығы неде?
5. Жартылай өткізгішті диодтың жұмыс принципі қандай?
6. Транзистор қалай құрастырылады?
7. Интегралдық схемалар туралы не білесің? Олар пайдаланылатын салаларды айт.



ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ ДИОДТЫҢ ВОЛЬТ-АМПЕРЛІК СИПАТТАМАЛАРЫН БАҚЫЛАУ.

44-ТАҚЫРЫП

Жұмыстың мақсаты: жартылай өткізгішті диод арқылы өтетін токтың оған берілген кернеуге тәуелділігін зерттеу.

Қажетті құралдар: жартылай өткізгіш диод (блокта); тәуелсіз қуат көзі (36–42 V); кілт; өткізгіш сымдар; миллиамперметр; реостат; вольтметр (1-сурет).

Жұмыстың орындалуы:

1. Қажетті құралдарды жинап, 2-суреттегі сызба бойынша электр тізбегін жина. Сызбада келесі белгілеулер бар:

M - дербес ток көзі; R – реостат; V – вольтметр; mA – миллиамперметр; D – диод; K - кілт.

2. Ашық (ажыратылған) күйге келтіріледі.

3. Реостат сырғытпасын сырғыт және вольтметрді 0 V мәніне қой.

4. Кілт қосылады.

5. Реостат сырғытпасын жылжыту арқылы сыртқы тізбекке берілетін кернеу жоғарылайды. Вольтметр мен миллиамперметрдің көрсеткіштері жазылады.

6. Өлшеу нәтижелері төмендегі кестеге енгізілген.

U, V									
I, mA									

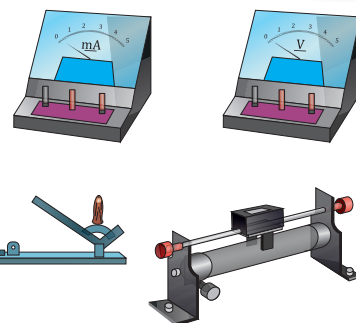
7. Кілт ашық (тізбек ажыратылған) күйге қойылады.

8. Ток көзінің полюстері ауыстырылады және қосылады және жоғарыдағы 3-6 нұсқау бойынша тәжірибе қайталанады.

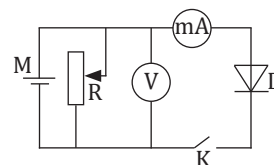
9. Нәтижелері бойынша жартылай өткізгіш диод арқылы өтетін токтың берілген кернеуге тәуелділігінің графигі сызылады.

10. Жартылай өткізгішті диод арқылы тура $p-n$ өту және теріс $p-n$ өту бағытында өтетін токтың берілген кернеуге тәуелділігі 3-суреттегі графикте көрсетілген.

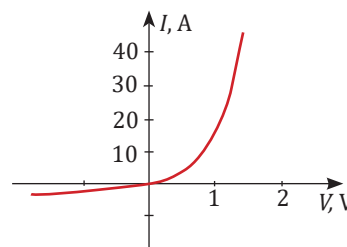
Кері кернеу диодқа берілгенде, диод паспортында жазылған мәннен жоғары кернеуді қолдану мүмкін емес.



1-сурет



2-сурет



3-сурет

1. Диод дұрыс жалғанған кезде токтың қолданылған кернеуге тәуелділігі түзу емес екенін ескеріңіз және оның себебін түсіндіруге тырыс.

2. Қандай себеппен кері бағытта кернеу берілсе, ол арқылы аздаған ток болса да өтеді?

3. Алынған мәліметтерді пайдаланып, тура және теріс өту бағыттары үшін диодтың электр кедергісін тап.





VI ТАРАУ. ТҮРЛІ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТР ТОҒЫ

VI ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ОРЫНДАУҒА
АРНАЛҒАН МӘСЕЛЕЛЕР

1. Мырыш сульфаты ерітіндісін 1 сағат электролиздегенде одан 2,45 g мырыш бөлінді. Электролиттік ваннамен тізбектей жалғанған резистордағы кернеудің төмендеуі 6 V-ға тең болса, осы кедергінің шамасын табыңыз. Мырыштың электрохимиялық эквиваленті $0,338 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$.

2. Судағы CuSO_4 тұз ерітіндісінің электролизі кезінде анодқа 10^{20} электрон жетсе, бөлінген оттегінің массасын анықта.

3. ZnSO_4 ерітіндісінен мырыш алу үшін 2 kW·h энергия жұмсалды. Электродтар арасындағы потенциалдар айырымы 2 V-ға тең болса, электродта мырыштың қанша массасы бөлінеді?

4. Екі бөлек ваннада мыс пен күміс бір токта электролиттік жалатылады. Күміс қабатының массасы 40,78 g болса, мыс қабатының массасы қанша?

5. Екі сағатта 8,049 g күміс бөлінуі үшін электролит арқылы өтетін ток қандай болуы керек? Күмістің электрохимиялық эквиваленті $1,118 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ -ке тең.

6. Жер мен бұлт арасындағы потенциалдар айырымы 10^8 V , ал разряд энергиясы $2 \cdot 10^9 \text{ J}$ болса, разряд кезінде өткен заряд мөлшерін тап

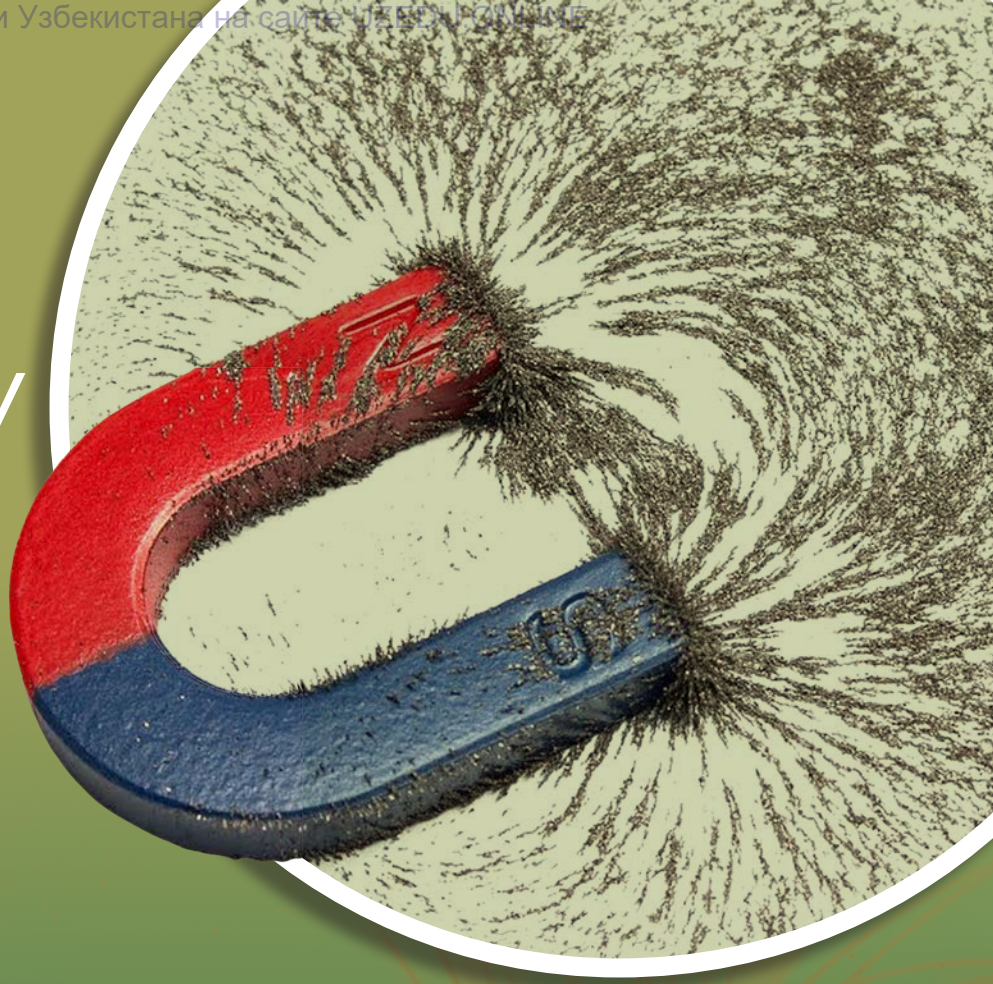
7. Гелий атомының иондану потенциалы 24,5 V. Гелий атомын иондау үшін электронға қанша джоуль энергия қажет? 1 V потенциалдар айырмасынан өткен электронның энергиясы $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

8. Азот атомын иондау үшін электрон қандай ең аз жылдамдыққа ие болуы керек. Азот атомының иондану энергиясы $23,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Электронның массасы $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ тең

9. Криптон атомының иондану энергиясы $22,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ -ға тең. Криптон атомын иондау үшін электр өрісінде үдететін электрон қандай потенциалдар айырмасынан өтуі керек?

10. Кедергілері бірдей екі термистор тұрақты ток көзіне параллель қосылған. Термистордың біреуін суытқанда тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі ток күші 1,5 есе азайса, оның (термистордың) кедергісі неше есе өзгерді?

VII ТАРАУ



МАГНИТ ӨРІСІ

Сіз бұл тарауда келесі тақырыптар бойынша ақпарат аласыз:

- магнит өрісінің индукциясы. Ток өткізгіштердің магниттік өрісі;
- магнит өрісінің ток өткізгішке әсері;
- ток өткізгіштердің өзара әрекеттесуі;
- магнит өрісінде ток өткізгішін жылжытқанда орындалған жұмыс;
- зарядталған бөлшектің магнит өрісіндегі қозғалысы;
- тұрақты ток электр қозғалтқышы;
- электромагниттік индукция;
- тоқтың магнит өрісі энергиясы. Заттардың магниттік қасиеттері.

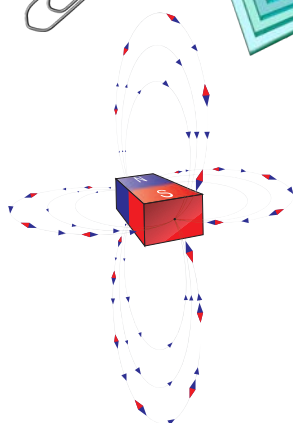
47-ТАҚЫРЫП

МАГНИТ ӨРІСІНІҢ ИНДУКЦИЯСЫ. ТОК ӨТКІЗГІШТЕРДІҢ МАГНИТТІК ӨРІСІ

1. Магнит өрісінің индукциясы.
2. Түзу ток өткізгішінің магнит өрісі индукциясы.
3. Дөңгелек ток өткізгішінің центріндегі магнит өрісі индукциясы.
4. Ток катушкасының магнит өрісі индукциясы.
5. Тогы бар тороидтың магниттық өрісі индукциясы.



Суретте көрсетілген қандай заттар магнитке тар-тылады?



7.1-сурет

1. Магнит өрісінің индукциясы

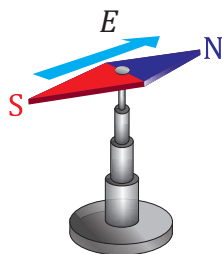
Тұрақты магниттер мен ток өткізгіштер арасында өзара әрекеттесу күштері болатыны белгілі. Магнит өрісіне немесе ток өткізгішке орналастырылған магнит өрісіне күшпен әсер етеді. Магнит өрісіне орналастырылған магниттік жебелер белгілі бір бағытта орналасады (7.1-сурет).

Магнит өрісі магнит өрісінің индукциясы және магнит ағыны сияқты физикалық шамалармен сипатталады.

Магнит ағынымен кейінгі тақырыптарда танысасың.

Магнит индукциясы векторлық шама болып, магнит өрісінің күш характеристикасы саналады.

Магнит өрісіне енгізілген 1 А ток күшіне ие болған 1 м ұзындықтағы түзу өткізгішке өріс жақтан әсер етуші максималды күшке сандық жақтан тең болған шама *магнит индукциясы* дейіледі.



7.2-сурет

Магнит өрісінің индукция векторы B әрпімен белгіленеді. Индукция векторының бағытын магнит өрісіне енгізілген еркін қозғалатын магниттік жебенің орнын пайдаланып анықтауға болады.

Магнит өрісінің индукция векторының бағыты ретінде магниттік жебенің еркін қозғала алатын солтүстік полюсінің бағыты алынады (7.2-сурет).

Тұрақты магнит өрісінің индукциялық сызықтары магниттің солтүстік полюсінен (N) және оңтүстік полюсіне (S) бағытталған (7.3 а-сурет).

Магнит өрісінің ерікті нүктесінде индукция векторы өріс күш сызықтарының бағытында болады (7.3 б-сурет).



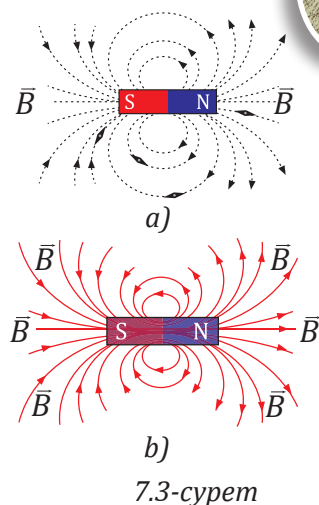
Магнит өрісінің индукциясының бірлігі үшін Tesla (Т) ХБЖ-де серб физигі Никола Тесланың құрметіне қабылданды.

Егер индукция векторы магнит өрісінің барлық нүктелерінде бірдей тұрақты мәнге ие болса, мұндай магнит өрісі біртекті магнит өрісі деп аталады.

Түзу ток өткізгішінің магнит өрісі индукциясы

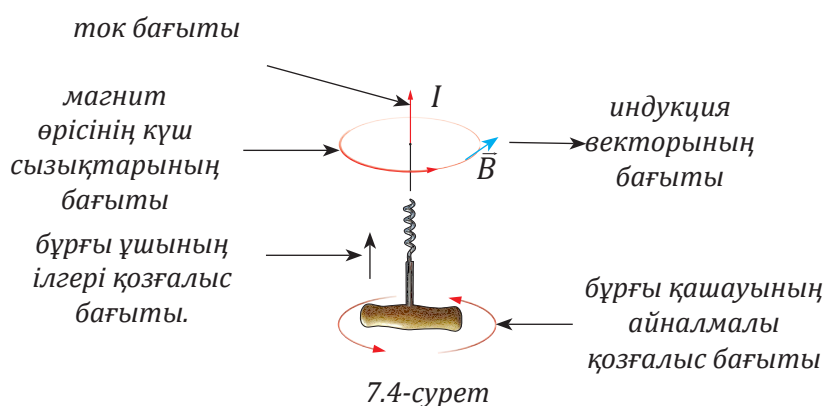
Токты түзу өткізгіштің магнит өрісінің сызықтарының бағыты бұrandаның оң жақ ережесі арқылы анықталады.

Түзу ток тудырған магниттік индукция векторының (B) бағыты шеңбер болып табылады және күш сызықтары бойымен бағытталған (7.4-сурет). Шексіз ұзын түзу өткізгіштен d қашықтықта орналасқан нүктедегі магнит индукциясының сандық мәні өткізгіштегі токқа тура пропорционал және қашықтыққа кері пропорционал және келесі өрнек арқылы анықталады:

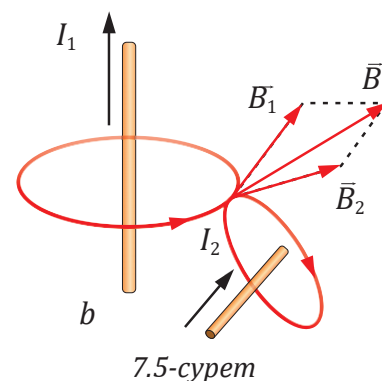


7.3-сурет

Бұрғы ұшының алға жылжуы ток бағытымен бірдей болса, бұрғылау білігінің айналу бағыты магниттік индукция сызықтарының бағытын көрсетеді (7.4-сурет).



7.4-сурет



7.5-сурет

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \quad (1)$$

Мұнда μ_0 , **вакуумдық магниттік тұрақты** деп аталатын скаляр шама, оның сандық мәні $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$.

Көп жағдайда магнит өрісін бір өткізгіш емес, екі немесе одан да көп ток өткізгіштер жүйесі жасайды (7.5-сурет). Мұндай жағдайларда кеңістіктегі нүктедегі өріс индукциясы осы нүктедегі әрбір ток өткізгішінің магнит өрісінің индукцияларының векторлық қосындысына тең, яғни:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n \quad (2)$$

Бұл тұжырым магнит өрісі үшін **суперпозиция принципі** деп аталады. Сонымен, магнит өрісінің суперпозиция принципі электр өрісінің суперпозиция принципімен бірдей.

3. Дөңгелек ток өткізгішінің центріндегі магнит өрісі индукциясы

Дөңгелек ток өткізгіште магнит өрісінің күш сызықтары өткізгішті қоршап тұрған тұйық сызықтардан тұрады. Шеңбердің центрі арқылы өтетін күш сызықтарының бағыты Бұрғы ережесі арқылы анықталады. Магнит өрісінің айалу бағыты. Бұрғы тұтқасы – өткізгіштегі токтың бағытымен бірдей, бұрғы ұшының алға жылжу бағыты индукция векторының бағытын көрсетеді (7.6 а, б-суреттер).

Дөңгелек ток өткізгіштің центріндегі магнит өрісінің индукциясының сандық мәні келесі өрнек арқылы анықталады:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R} \quad (3)$$

Мұнда: R – дөңгелектің радиусы, I – ток күші.

4. Ток катушкасының магнит өрісі индукциясы

Өткізгішті спиральға орап, орамды жасайық (7.7 а-сурет). Ток катушкадан өткенде оның әрбір орамы магнит өрісін жасайды. Орамның көптеген орамаларының арқасында катушка ішіндегі пайда болатын магнит өрісі оқшауланған бір өткізгіштің магнит өрісінен бірнеше есе күшті.

Ток катушкасының магнит өрісінің күш сызықтары катушканың ішкі бөлігіндегі параллель түзу сызықтардан тұрады. Оң жақ бұранда ережесі негізінде күш сызықтарының бағытын анықтауға болады. Егер бұрғы тұтқасының айалу бағыты орамдағы ток бағытымен бірдей болса, онда бұрғы ұшының алға жылжу бағыты күш сызығының, яғни индукция векторының бағытында болады (7.7 б-сурет).

Катушканың ұзындығы l , орамасының саны N , ал диаметрі d оның ұзындығынан бірнеше есе кіші $d \ll l$ (7.8-сурет). Бұл жағдайда ток катушкада пайда болған магнит өрісін біртекті магнит өрісі ретінде қарастыруға болады. Катушканың центріндегі магнит өрісінің индукциялық доғасының сандық мәні келесі өрнек арқылы анықталады: $B = \mu_0 \frac{IN}{l}$ (4)

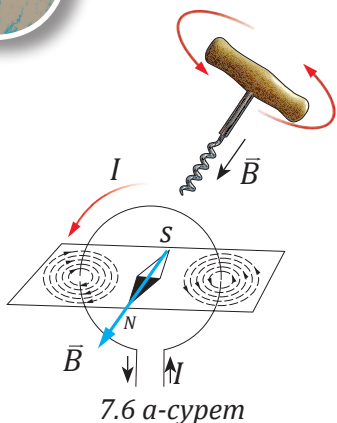
Тоғы бар тороидтың магнит өрісі индукциясы

Сақина тәрізді өзекке оралған спиральды өткізгіштен тұратын жүйе *тороид* деп аталады (7.9-сурет).

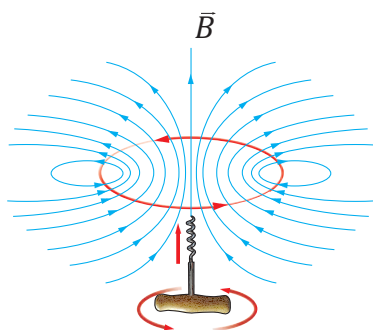
Тороидке ток берілгенде оның ішінде және сыртында магнит өрісі пайда болады. Тороидтың ішінде магниттік күш сызықтары центрі бір нүктеде орналасқан өзара параллель шеңберлерден тұрады. Тороид ішіндегі магнит өрісінің индукциясының сандық мәні келесі өрнек арқылы анықталады:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R} \quad (5)$$

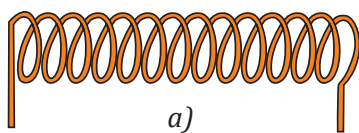
Мұнда: N – орамдар саны, I – ток күші, R – тороид радиусы.



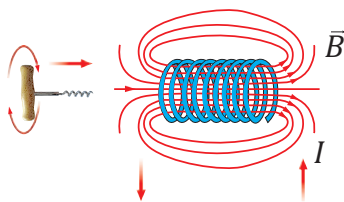
7.6 а-сурет



7.6 б-сурет

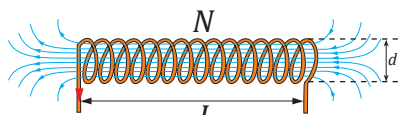


а)



б)

7.7-сурет



7.8-сурет



Мәселе шешу үлгісі

Радиусы 15 см тороид арқылы өтетін ток орамасының саны 2000, ал ток күші 3 А болса, тороид осінде жатқан нүктелердегі магнит индукциясының сандық мәнін тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$N=2000$ $R = 0,15 \text{ m}$ $I = 3 \text{ A}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ $B = ?$	$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$	$B = \frac{2000 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 0,15} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ Жауап: $B = 8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$

34-жаттығу



1. Ауадағы шексіз ұзын өткізгіш арқылы 14 А ток өтсе, өткізгіштен 10 см қашықтықтағы нүктедегі магнит өрісінің индукциясының сандық мәнін есептеңдер.

2. Радиусы 6,28 см дөңгелек өткізгіштің центрінде индукцияланған магнит өрісі $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ -ке тең болса, өткізгіштен өтетін ток күшін тап.

3. Кеңістік аймағында индукция векторының сандық мәні 3 мТ және оңтүстіктен солтүстікке бағытталған магнит өрісі және индукция векторы 4 мТ және батыстан шығысқа бағытталған магнит өрісі қосылады. Пайда болған магнит өрісінің индукция векторының шамасы мен бағытын анықта.

4. Радиусы 5 см дөңгелек өткізгіш арқылы 2 А ток өтеді. Осы орамның центріндегі нүктеде пайда болған магнит өрісінің индукция векторының сандық мәнін тап.



1. Магнит өрісінің индукциясы дегенді қалай түсінесің және ол қалай өлшенеді?

2. Түзу және таға тәріздес магниттерінің магнит өрісінің сызықтарының пішіні қандай?

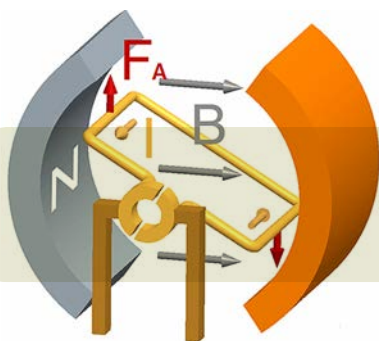
3. Ток бағыты бірдей және қарама-қарсы параллель түзу шексіз ұзын өткізгіштерден пайда болған магнит өрісінің күш сызықтарын сыз.

4. Саған бірі тұрақты магнит, екіншісінің өлшемі дәл осындай темір бөлігі беріледі. Тек қана берілген заттарды ғана пайдалана отырып, олардың қайсысы магнитті, қайсысы темір екенін қалай анықтауға болады?

48-ТАҚЫРЫП

МАГНИТ ӨРІСІНІҢ ТОК ӨТКІЗГІШТІККЕ ӘСЕРІ

1. Ампер күші.
2. Сол қол ережесі.
3. Біртекті магнит өрісінде ток жақтауын айналдыратын момент.
4. Электрлік өлшеуіш аспаптар.

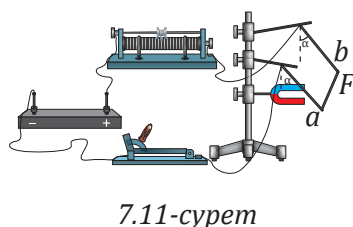
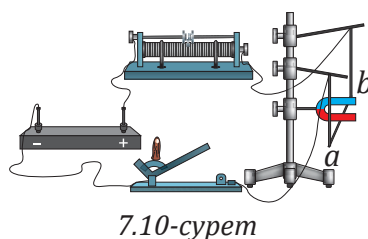


Қандай күш магнит өрісінде орналасқан ток жақтауын қозғайды?

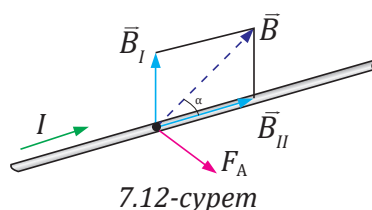
1. Ампер күші

1820 жылы Ампер тәжірибеде магнит өрісінің ток өткізгішке әсерін анықтады.

Тәжірибені бақылау үшін штативте еркін ілулі тұрған түзу өткізгіш жылқы магнитінің ортасына қойылады. Байланыстырушы сымдарды пайдалана отырып, ab өткізгіші ток көзіне коммутатор арқылы қосылып, тұйық тізбек қалыптасады. Бұл жағдайда магнит өрісінде орналасқан өткізгіш бөлігінің ұзындығы Δl -ге тең болуы керек. Тізбек сақина болған кезде, ab өткізгіш ілулі тұрған сым тік күйде болады (7.10-сурет). Тізбектегі қосқыш қосылған кезде өткізгіш қозғалады және ол магнитті болдырмайды (7.11-сурет). Өткізгіш арқылы ток өткенде магнит оған F күші әсер етеді. Аспалы сым вертикальдан a бұрышына ауытқиды. Егер магниттің полюстері кезектесіп тұрса, өткізгішке әсер ететін күш оның бағытын өзгертеді, нәтижесінде өткізгіш жылқы магнитіне тартылады. Өткізгіштегі токтың бағыты магниттің орнын өзгертпей өзгертілсе, онда өткізгішке әсер ететін күштің бағыты да қарама-қарсы бағытта өзгереді.



Осы өрісте орналасқан тогы бар өткізгіштің бір бөлігіне магнит өрісі әсер ететін күш (F) ток күшімен (I), өткізгіштің ұзындығымен (Δl), магнит индукциясымен (B) және ток бағытымен индукция векторы бағыты арасындағы бұрыш α синусының мәніне тура пропорционал (7.12-сурет).



$$F = I \cdot l B \sin \alpha \quad (1)$$

Бұл өрнек арқылы анықталатын күш Ампер күші дейіледі.

(1) өрнек біртекті магнит өрісі үшін жарамды, яғни индукция векторының сандық мәні мен бағыты өткізгіштің барлық нүктелерінде бірдей болатын жағдай үшін жарамды. Егер индукция векторы ток бағытына перпендикуляр болса ($\alpha = 90^\circ$), ток өткізгішіне әсер ететін Ампер күші өзінің ең үлкен мәніне



жетеді, яғни $F_{\max} = I\Delta l B$. Бұл жағдайда магниттік индукция үшін келесі өрнек бар:

$$B = \frac{F_{\max}}{I \cdot l} \quad (2)$$

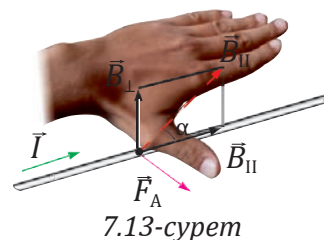
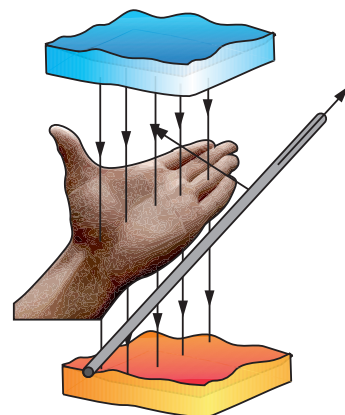
Осы өрнек бойынша магнит индукциясының физикалық мағынасын сипаттауға болады: магнит индукциясы – біртекті магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр орналасқан ұзындығы 1 м және ток күші 1 А тұрақты өткізгішке магнит өрісінің әсер ететін күшіне сандық түрде тең шама.

$$[B] = \frac{1\text{Н}}{1\text{А} \cdot 1\text{м}} = 1\text{Т} \quad (\text{Тесла}).$$

2. Сол қол ережесі

Магнит өрісі арқылы ток өткізгішке әсер ететін күштің бағытын сол қол ережені пайдаланып анықтауға болады (7.13-сурет).

Магнит өрісіне сол қолымызды магнит өрісінің сызықтары алақанға кіретіндей етіп қоямыз. Төрт саусақ ұшының бағыты өткізгіштегі ток бағытына сәйкес келген кезде, 90° -қа бұрылған бас бармақ өткізгішке әсер ететін амперлік күштің бағытын көрсетеді.



3. Біртекті магнит өрісінде ток жақтауын айналдыратын момент

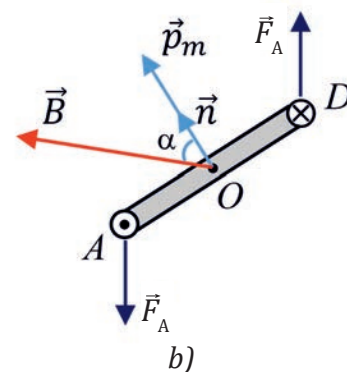
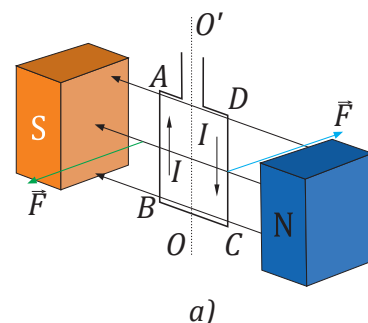
Егер магнит өрісіне ток рамкасы енгізілсе, оның бұрышқа ауытқығанын байқауға болады (7.14-сурет). Неліктен ток кадры магнит өрісінде бұрылады?

Тік бұрышты жақтаудың беті магнит өрісінің күш сызықтарына параллель болсын. Егер жақтау ұзындығы l ($l = AB = DC$) АВ және тұрақты жақтарынан ағып жатқан ток I -ге тең болса (7.14 а-сурет), онда біртекті магнит өрісінің осы бөліктерге әсер ететін Ампер күшінің мәні келесіге тең:

$$F_A = I \cdot B \cdot l. \quad (3)$$

Бұл күштің бағыты сол қол ережесі арқылы анықталады. АВ және DC бөліктеріне әсер ететін күштердің модульдері тең және қарама-қарсы бағытта бағытталған. Сондықтан магнит өрісі ток рамкасына қосарлы күш түсіреді. Жұп күштердің әсерінен жақтауы бұрылады. Бұл күштер жұп рамканың OO' айналу осіне қатысты моменттерді жасайды.

7.14-а суретте жақтау жазықтығы магниттік индукция векторына параллель болған кезде жақтаудың АВ және DC бөліктеріне әсер ететін күштердің иығы $d/2$ ($d=AD=BC$) тең болатыны көрсетілген. Егер жақтау бір бұрышқа бұрылса, күштердің



7.14-сурет

VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

иығы өзгереді. Күш иығындағы өзгерісті анықтау үшін күш жақтауының жазықтығына перпендикуляр қалыпты (n) векторын тасымалдаймыз (7.14 б-сурет, жақтаудың жоғарғы жағынан көрінетін проекция). n векторы мен B индукция векторының арасындағы бұрыш α -ға тең болсын. Бұл жағдайда жұп күштер иығы $d/2 \cdot \sin \alpha$ тең. Жақтауды айналдыру күшінің моменті келесі өрнекпен анықталады:

$$M_1 = M_2 = F_A \cdot \frac{d}{2} \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

Жақтауды айналдыратын толық момент M_1 және M_2 моменттерінің қосындысына тең:

$$M = M_1 + M_2 = F_A \cdot d \cdot \sin \alpha = IBl \cdot d \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Жақтаудың беті $S = l \cdot d$ екенін есепке алсақ,

$$M = I \cdot S \cdot B \cdot \sin \alpha \quad (6)$$

Егер $\alpha = \pi/2$ болса, магнит өрісі индукциясы келесідегіге тең болады:

$$B = \frac{M_{\max}}{IS} \quad (7)$$

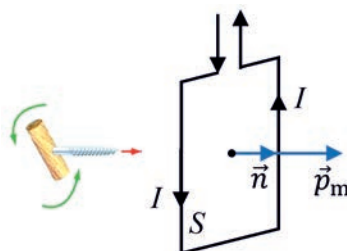
Жақтаудағы токкүшінің жақтау жасайтын бетке көбейтіндісі (p_m) ток жақтауының магниттік моменті деп аталады:

$$p_m = I \cdot S. \quad (8)$$

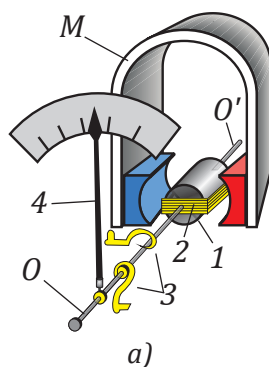
Тоғы бар жақтаудың магниттік моменті векторлық шама болып табылады және оның бағытын оң жақ бұрғы ережесіне сүйене отырып табуға болады. Егер бұрғы тұтқасының айналу бағыты жақтаудағы ток бағытымен бірдей болса, бұрғы ұшының алға жылжу бағыты ток жақтауының магниттік моментінің бағытын көрсетеді (7.15-сурет). Жақтау жазықтығына берілген қалыпты вектордың (n) бағыты жақтаудың магниттік моменті p_m векторының бағытымен бірдей (7.15-сурет). Тоғы бар жақтаудың магниттік моменті ХБЖ $[p_m] = A \cdot m^2$ өлшенеді.

4. Электрлік өлшеуіш аспаптар

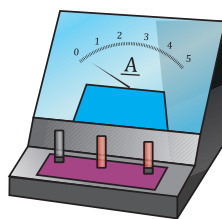
Көптеген электр құрылғыларының жұмысы ток өткізгіш пен тұрақты магниттің өзара әрекеттесуіне негізделген. Осындай бір электрлік өлшеуіш құрылғының құрылымы 7.16 а-суретте көрсетілген. Күшті магниттің (M) полюстерінің арасына темір өзек (1) бекітіліп, оған сым жақтау (2) қойылады. Сым жақтауы OO' осіне бекітілген. Бұл ретте OO' осіне металл серіппелер (3) және жебе (4) бекітіледі. Бұл сым жақтауына көрсеткіші және серіппелерді тұтастай алғанда OO' осінің айналасында бір уақытта айналдыруға мүмкіндік береді. Электр тогы сым жақтауға серіппелер арқылы беріледі. Бұл серіппелер жақтау қуатсыз болған кезде көрсеткішті шкала бойынша нөлде ұстай-



7.15-сурет



а)



б)

7.16-сурет



ды. Құрал электр тізбегіне қосылған кезде ток сым жақтау арқылы өтеді және магнит өрісінің әсерінен ауытқиды. Раманың ауытқуы мен жебенің иілісі серіппенің серпімділік күші мен Ампер күштері тең болғанша жалғасады. Аспапты электр тізбегіне тізбектей қосқанда жебенің айналу бұрышы ток күшіне пропорционал болады, өйткені шынжыр мен аспап катушкасы арқылы өтетін ток күштері бір-біріне тең. Бұл жағдайда құрылғы амперметр ретінде пайдаланылады (7.16 б-сурет).

Қазіргі уақытта сандық сигналдармен жұмыс істейтін электрлік өлшеу құралдары кеңінен қолданылады. Олар жартылай өткізгіш р-п өткелдері негізіндегі микросұлбалар арқылы аналогтық сигналдарды цифрлық сигналдарға түрлендіру принципіне негізделген. Мұндай құрылғылар көп функциялы және бір құрылғы айнымалы және тұрақты ток күшін, кернеуді, тұтынушы шығаратын ток күшін, электр кедергісін, электр қуатын, жиілікті және т.б. өлшеуге қабілетті. Оларды мультиметрлер деп те атайды. 7.17-суретте осындай бір құрылғының сыртқы түрі көрсетілген.



7.17-сурет



1. Неліктен біртекті магнит өрісіне ток енгізілген түзу өткізгіш алға жылжиды, ал тогы бар жақтау айналады?
2. Біртекті магнит өрісінде орналасқан ток жақтауына әсер ететін күш қалай анықталады?
3. Неліктен айналу моменті магнит өрісіне енгізілген ток кадрына әсер етеді?
4. Автокөлік рулінің мысалы арқылы қатты жақтауға әсер ететін жұп күш моментін түсіндір.
5. Магнит өрісінің ток жақтауға әсер етуіне негізделген жұмыс істейтін құрылғыларға мысалдар келтір.

Мәселе шешу үлгісі

Магнит өрісіне бетінің ауданы 20 cm^2 және 100 орамы бар сым жақтау орналастырылған. Жақтау арқылы 2 А ток өткенде $0,5 \text{ mN}\cdot\text{m}$ максималды момент пайда болады. Магнит өрісінің индукциясын анықта.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$S = 20 \text{ cm}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $N = 100$ $I = 2 \text{ A}$ $M_{\max} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$ $B = ?$	$M_{\max} = N \cdot I \cdot B \cdot S$ $B = \frac{M_{\max}}{N \cdot I \cdot S}$	$B = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}}{100 \cdot 2 \text{ A} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T} = 1,25 \text{ mT}$ Жауап: $B = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T}$



35-жаттығу

1. Біртекті магнит өрісі күш сызықтарына 30° бұрышта орналасқан ұзындығы 25 см түзу өткізгішке 3 N күш әсер етеді. Өткізгіштегі ток күші 30 A болса, магнит өрісі индукциясының сандық мәнін табыңыз. Есептің сызбасын сыз және векторлық шамалардың бағыттарын көрсет.

2. Біртекті магнит өрісінде тұрған бетінің ауданы 1 cm^2 рамаға әсер ететін максималды момент $2 \text{ mN}\cdot\text{m}$ -ге тең. Қозғалтқыш арқылы өтетін ток күші 0,5 A. Магнит өрісі индукциясының сандық мәнін тап.

3. Біртекті магнит өрісіне орналастырылған ұзындығы 0,4 m тұрақты ток өткізгішке $9 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ Ампер күш әсер етеді. Өткізгіштегі ток күші 10 A және өріс индукциясы $7,6 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ болса, ток бағыты мен магнит өрісінің индукциясы векторының бағыты арасындағы бұрышты анықта.

4. Индукциясы $2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ біртекті магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр ұзындығы 0,5 m өткізгішке 0,15 N күш әсер етсе, одан өтетін токты тап.





ТОК ӨТКІЗГІШТЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІ

49-ТАҚЫРЫП

1. Түзу параллель ток өткізгіштердің әсері.
2. Параллель токтардың өзара әрекеттесу күші.

Электр желілеріндегі өткізгіштер арасында өзара әрекеттесу күштері бар ма?

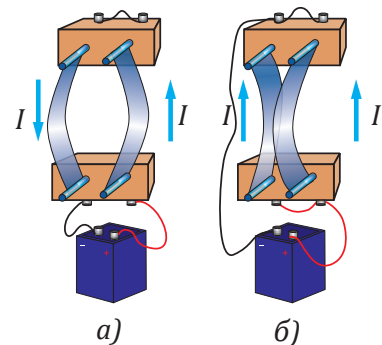
Бұл күштер қандай, егер бар болса және бұл өзара әрекеттесу сипаты қандай?



1. Түзу параллель ток өткізгіштердің әсері

Электр зарядтары сияқты ток өткізгіштер арасында өзара әрекеттесу күштері бар. Бірақ электростатикалық күштер мен магниттік күштердің табиғаты әртүрлі. Мұны тәжірибеде байқау үшін біз екі серпімді өткізгішті алып, оларды тік күйде тірекке бекітеміз.

Өткізгіштердің жоғарғы бөлігін сыммен қосатын болсақ, ток өткізгіштер арқылы қарама-қарсы бағытта өтеді (7.18 а-сурет). Нәтижесінде өткізгіштер бір-бірінен итеріліп, олардың арасындағы қашықтық артады. Токтың өткізгіштер арқылы бір бағытта өтуін қамтамасыз етсек, өткізгіштер бір-бірін тартады (7.18 б-сурет).



7.18-сурет

2. Параллель токтардың өзара әрекеттесу күші

Ампер заңын пайдаланып, вакуумдегі шексіз ұзын параллель ток өткізгіштер арасындағы әсерлесу күшінің бағыты мен шамасын анықтайық.

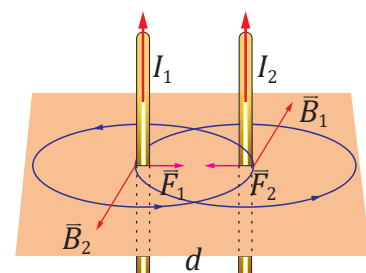
Бір-бірінен d қашықтықта орналасқан екі параллель түзу өткізгіш арқылы I_1 және I_2 токтары бір бағытта өтсін (7.19-сурет). Өткізгіштер арқылы өтетін I_1 және I_2 токтарының магнит өрісінің индукция векторының сызықтары концентрлік шеңберден тұрады.

Егер I_1 ток төменнен жоғарыға қарай, екінші өткізгіште жатқан нүктелерде, B_1 векторы (бұрғылау ережесі бойынша) бізден кітап жазықтығына қарай бағытталады. B_1 векторы өткізгішке перпендикуляр. Екінші ток өткізгішінің ұзындығына Δl бірінші токтың магнит өрісі арқылы көрсетілетін F_2 күшінің бағыты бірінші өткізгішке бағытталған және Ампер заңы бойынша оның шамасы мынаған тең:

$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot \Delta l \quad (1)$$

Бұл формулаға түзу ток магниттік индукция $B_1 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi d}$ өрнегін қойып (d – өткізгіштер арасындағы қашықтық), келесі формуланы аламыз:

$$F_2 = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l \quad (2)$$



7.19-сурет



VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

Демек, шексіз ұзын параллель ток өткізгіштердің бірлік ұзындығына әсер ететін әрекеттесу күші олар арқылы өтетін токтардың көбейтіндісіне пропорционал, ал олардың арасындағы қашықтыққа кері пропорционал. Сондай-ақ, бірінші ток өткізгішінің ұзындығы бойынша Δl екінші токтың магнит өрісі арқылы көрсетілетін F_1 күшінің бағыты екінші өткізгішке бағытталған және оның сандық мәні өрнекке ұқсас өрнек болып табылады (2) анықталады:

$$F_1 = \mu_0 \frac{I_2 \cdot I_1}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l \quad (3)$$

Параллель түзу токтардың өзара магниттік әсерінің негізінде ХБЖ-дегі ток бірлігі ампер (А) болып табылады.

1 Ампердің анықтамасы: шексіз ұзын параллель өткізгіштердің арақашықтығы 1 м болғанда және өткізгіштердің әрбір метр ұзындығы $2 \cdot 10^{-7}$ N күшпен әрекеттескенде, осы өткізгіштер арқылы өтетін ток күші 1 А-ға тең деп есептеледі.



1. Параллель ток өткізгіштер арасындағы әрекеттесу күшінің бағыты қалай анықталады?
2. Қарама-қарсы бағытта өтетін I_1 және I_2 токтары бар екі параллель өткізгіштердің өзара әрекеттесу күшін түсіндір.
3. Бағандардағы сымдар бір-бірімен әрекеттесе ме?

Мәселе шешу үлгісі

Қашықтығы 1,6 м қос (екі) сымды қозғалмайтын электр беру желісі сымдарының әрбірі метр ұзындығына сәйкес келетін өзара әрекеттесу күшін тап. Өткізгіштер арқылы өтетін токтың мәнін 40 А-ға тең етіп ал.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$d = 1,6 \text{ м}$ $I_1 = I_2 = 40 \text{ А}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$ $\Delta l = 1 \text{ м}$ $F = ?$	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ $[F] = \frac{\text{Н}}{\text{А}^2} \cdot \frac{\text{А} \cdot \text{А}}{\text{м}} \cdot \text{м} = \text{Н}$	$F = 4\pi 10^{-7} \cdot \frac{40 \cdot 40}{2\pi \cdot 1,6} \cdot 1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ (Н)}$ Жауап: $F = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Н}.$

**36-жаттығу**

1. Ұзындығы 5 м екі сымды желінің параллель сымдарындағы ток күші 500 А. Токтар қарама-қарсы бағытта. Егер сымдардың арақашықтығы 25 см болса, олар бір-біріне қандай күш түсіреді?
2. Екі сымды электр беру желісінің әрбір өткізгішінен 5 А ток өтеді. Егер сымдар арасындағы қашықтық 40 см болса, әрбір сымға ұзындық бірлігіне әсер ететін күшті тап.
3. Индукциясы 0,1 Т біртекті магнит өрісі күш сызықтарына перпендикуляр ұзындығы 25 см өткізгішке 0,5 Н күш түсіреді. Өткізгіш арқылы өтетін ток қандай?



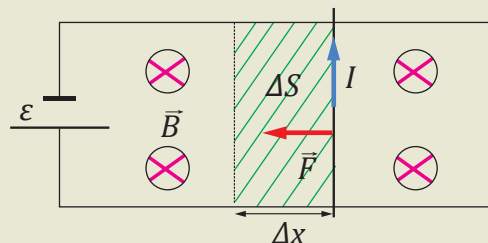
МАГНИТ ӨРІСІНДЕГІ ТОК ӨТКІЗГІШІН КӨШІРГЕНДЕ ОРЫНДАЛҒАН ЖҰМЫС

50-ТАҚЫРЫП

1. Магниттік өріс ағыны.

2. Түзу ток өткізгішті магнит өрісінде көшіруде жасалған жұмыс.

Магнит өрісінде ток өткізгіш Ампер күшінің әсерінен бір жерден екінші орынға ауысқанда жұмыс орындалады. Бұл жұмыс қандай энергияны алады?



Тоғы бар өткізгішті магнит өрісінде жылжытқанда атқарылатын жұмысты анықтамас бұрын, магнит өрісінің ағынымен танысайық.

1. Магниттік өріс ағыны

Бетті қиып өтетін магнит өрісінің күш сызықтарының санын сипаттау үшін магнит ағыны деп аталатын шама енгізіледі. Бет арқылы өтетін магнит ағыны магнит өрісінің индукциясы векторымен анықталады.

Магниттік индукция шамасының шамасы индукция векторының бағыты мен бет арқылы бетке берілген қалыпты n вектор арасындағы (α) бұрыштың косинус шамасының көбейтіндісіне тең (7.20 а-сурет), ол S -ке тең өтпелі магнит ағыны деп аталады. Магнит ағыны F әрпімен белгіленеді.

Анықтама бойынша магнит ағынының өрнегін былай жазамыз:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha. \quad (1)$$

Егер магнит өрісінің индукция сызықтары бетке перпендикуляр болса ($\alpha = 0$) (7.20 б-сурет), бет арқылы өтетін магнит ағыны:

$$\Phi = B \cdot S. \quad (2)$$

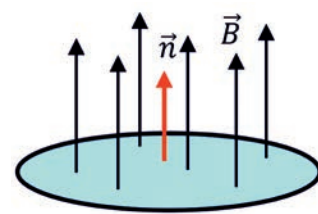
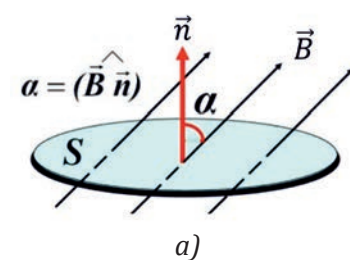
ХБЖ-де магнит ағынының өлшем бірлігі неміс физигі Д.Вебердің құрметіне қабылданған Вебер (Wb) болып табылады. (2) теңдеуден алынған магнит ағынының бірлігі:

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2 \text{-қа тең болады.}$$

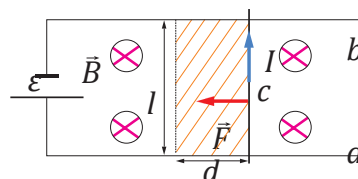
Магнит өрісінің индукциясы 1 Т-ге тең магнит өрісінің индукция сызықтарына перпендикуляр 1 m^2 бетті кесіп өтетін магнит ағыны 1 Wb тең.

2. Түзу ток өткізгішті магнит өрісінде көшіруде жасалған жұмыс

Екі параллельді тегіс металл сым a және b бір-бірінен l қашықтықта орналастырылған және олардың үстіне жеңіл c металл өткізгіш қойылған жағдайды қарастырайық (7.21-сурет). Өткізгіштер жүйесі $\vec{B}$ магниттік индукциясы бар біртекті өрісте орналасқан. 7.21-суретте ($\otimes$) белгісі магнит өрісі индук-



7.20-сурет



7.21-сурет



VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

ция вектор бізден кескін жазықтығына тік бағытты көрсетеді. Ток көзіне a және b өткізгіштері қосылғанда, в өткізгіші арқылы ток өте бастайды. Бұл жағдайда ұзындығы l ток өткізгішке магнит өрісі әсер етеді, ол $F = IBl$ өрнегімен анықталады. Ток бағыты мен магнит өрісі индукциясының бағыты арасындағы бұрыш 90° болатынын біле отырып, күштің бағыты сол жақ ережесі бойынша анықталады. Бұл күш, 7.21-суретке сәйкес, с өткізгішті d қашықтыққа жылжитқанда солға бағытталған.

$$A = Fd = IBld \quad (3)$$

жұмыс орындайды. Бұл өрнектегі $l \cdot d$ туынды өткізгіштің қозғалысы кезінде жүргізген тікбұрышты бетінің сандық мәніне тең, яғни: $\Delta S = l \cdot d$. Өткізгіштің қозғалысы кезінде жүргізген пішіннің бетін кесіп өтетін магнит ағыны $\Delta F = B \cdot \Delta S$ тең болғандықтан:

$$A = I \cdot \Delta \Phi \quad (4)$$

келесі өрнекті аламыз. Айта кету керек, бұл жұмысты магнит өрісі емес, тізбекті токпен қамтамасыз ететін көз орындайды.

Сонымен, ток өткізгішті магнит өрісінде көшіргенде, ампер күшінің жұмысы өткізгіш арқылы өтетін ток пен магнит ағынының өзгеруінің көбейтіндісіне тең болады.

Ток өткізгішті магнит өрісінде көшіргенде орындалатын жұмыс тәжірибеде кеңінен қолданылады. Ол көлік, тұрмыстық техника және электроника салаларында қолданылуына байланысты маңызды. Бұған бүгінгі күні кеңінен қолданылып жүрген электронды құрылғылар мысал бола алады.



1. Ток өткізгішті магнит өрісінде көшіргенде қандай жұмыс атқарылады?

2. Ток бағыты мен магнит өрісінің индукциясы бір бағытта болса, орындалған жұмыс неге тең?

3. Ток өткізгішті магнит өрісінде көшіргендегі жұмыс ненің есебінен орындалды?

Мәселе шешу үлгісі

Ұзындығы 30 см өткізгіш арқылы 2 А ток өтеді. Өткізгіш индукциясы 1,5 Т біртекті магнит өрісінің индукция сызықтарына 30° бұрышта орналасқан. Өткізгіш Ампер күші бағытымен 4 см қозғалғанда қандай жұмыс атқарылады?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$l = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$ $I = 2 \text{ A}$ $B = 1,5 \text{ T}$ $\alpha = 30^\circ$ $d = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $A = ?$	$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin \alpha$	$A = 2 \text{ A} \cdot 1,5 \text{ T} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 1/2 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$ Жауап: $A = 18 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$



37-жаттығу



1. Магниттік индукциясы $0,5 \text{ Т}$ біртекті магнит өрісіндегі күш сызықтарына 60° бұрыш жасап, 25 см^2 бет арқылы өтетін магнит индукциясы ағынын тап.

2. Бетінің ауданы 25 см^2 сым жақтауын біртекті магнит өрісінде ілу кезінде жақтауды кесіп өтетін магнит ағыны $\Phi = 5 \cdot 10^{-4} \cos(2\pi t) \text{ (Wb)}$ заңына сәйкес өзгереді. Магнит өрісі индукциясының сандық мәнін тап.

3. Ұзындығы 20 см түзу өткізгіш индукциясы $0,1 \text{ Т}$ біртекті магнит өрісінде 5 м/с жылдамдықпен қозғалған. Өткізгіштің қозғалыс бағыты мен магниттік күш сызықтарының бағыты арасындағы бұрыш 90° , ал өткізгіштегі ток күші 50 А болса, магнит күшінің күші неге тең?

4. Индукциясы $0,5 \text{ Т}$ біртекті магнит өрісінде ұзындығы 10 см түзу өткізгіш түзу қозғалып, одан өтетін ток күші 2 А -ға тең. Өткізгіш магнит өрісіне перпендикуляр бағытта 2 м/с жылдамдықпен қозғалады. Өткізгішті 10 с көшіру үшін атқарылған жұмысты және осы қозғалысқа жұмсалатын қуатты анықта.

5. Ұзындығы $0,1 \text{ м}$ түзу өткізгіш арқылы 12 А ток өтеді. Бұл өткізгіш индукция сызықтарына 30° бұрышпен $0,4 \text{ Т}$ индукциясы бар біртекті магнит өрісіне орналастырылды. Ампер тогының көмегімен өткізгішті $0,02 \text{ м}$ қашықтыққа көшіргенде қандай жұмыс атқарылады?



51-ТАҚЫРЫП

ЗАРЯДТАЛҒАН БӨЛШЕКТИҢ МАГНИТ ӨРІСІНДЕГІ ҚОЗҒАЛЫСЫ

1. Лоренц күші.

2. Зарядталған бөлшектің біртекті магнит өрісінде қозғалысы.



Полярлық жсауын-шашын қалай пайда болады? Неліктен полярлық жсауын-шашын тек полюсте байқалады?

1. Лоренц күші

Магнит өрісіне орналастырылған ток өткізгішке магнит өрісінің әсер ететін амперлік күшін магнит өрісі арқылы өткізгіште ток түзетін әрбір зарядталған бөлшекке әсер ететін күштердің қосындысы ретінде қарастыруға болады. Ұзындығы l ток өткізгішінде тәртіппен қозғалатын барлық зарядталған бөлшектердің саны N -ге тең болса, магнит өрісінде қозғалатын бір бөлшекке әсер ететін күш.

$$F = F_A / N = (I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha) / N \quad (1)$$

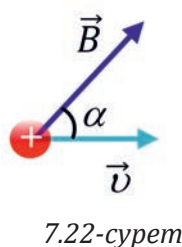
болады. Өткізгіш арқылы өтетін ток күшін бос электрондардың n концентрациясы арқылы өрнектейміз:

$$I = e \cdot n \cdot v \cdot S \text{ va } N = n \cdot S \cdot l, \quad (2)$$

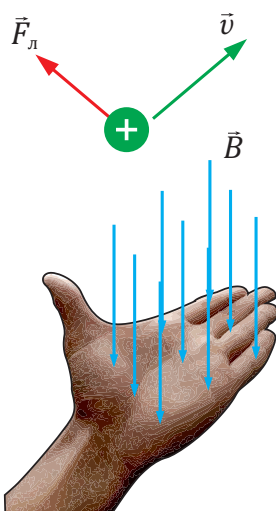
мұнда e – электрондық заряд модулі, v – электрондардың реттелген қозғалыс жылдамдығы, S – өткізгіштің көлденең қимасының беті. Бұл өрнектерді (1) теңдеуге келтірсек, бір электронға әсер ететін күштің өрнегі келесідей болады:

$$F = evB \sin \alpha \quad (3)$$

Магнит өрісінде орналасқан өткізгішке әсер ететін Ампер күшінің өрнегін пайдаланып (3) теңдеуді шығардық. Бұл өрнек индукциясы B -ге тең біртекті магнит өрісінде v жылдамдығымен қозғалатын заряды q -ға тең ерікті зарядталған бөлшек үшін жарамды. Магнит өрісінде қозғалатын зарядталған бөлшекке әсер ететін күш **Лоренц күші** деп аталады және ол келесідей анықталады:



7.22-сурет



7.23-сурет

Біртекті магнит өрісінде қозғалатын зарядталған бөлшекке әсер ететін F күші бөлшектің зарядына q , оның қозғалыс жылдамдығы v , магнит өрісінің индукциясы B және жылдамдық векторы мен магнит өріс индукциясы векторлары арасындағы бұрыш синусының көбейтіндісіне тең (7.22 – сурет).

$$F_L = qvB \sin \alpha \quad (4)$$

Лоренц күшінің бағыты сол қол ережесінің көмегімен анықталады (7.23-сурет). Егер магниттік индукция векторы сол қолдың алақанына тігінен түссе, ал жайылған сұқ саусақтардың бағыты оң зарядтың қозғалыс бағытымен бірдей болса, онда 90° ашылған бас бармақ Лоренц күші бағытты көрсетеді.



Сол қол ережесі бойынша 7.24-суретте көрсетілген магнит өрісіне ұшатын протонға әсер ететін Лоренц күші оңға, ал электронға әсер ететін Лоренц күші солға бағытталған. Өрістегі электронның қозғалысын (теріс зарядты) анықтау кезінде біз төрт саусақты электрон қозғалысының бағытына қарама-қарсы орынға қоямыз. Бұл жағдайда электронға әсер ететін Лоренц күші солға бағытталған (7.24-сурет). Егер зарядталған бөлшек магниттік индукция сызықтары бойымен қозғалса ($\alpha = 0$ болғанда), магнит өрісі оған күш түсірмейді.

2. Зарядталған бөлшектің біртекті магнит өрісіндегі қозғалысы

Енді зарядталған бөлшектің қозғалысына Лоренц күшінің әсерін қарастырайық. Бөлшек біртекті магнит өрісінің күш сызықтарына вертикаль бағытта ұшсын (7.25-сурет). Бұл жағдайда бөлшек жылдамдығының бағыты мен индукция сызықтары арасындағы бұрыш 90° , ал бөлшекке әсер ететін Лоренц күші максималды $F_L = qvB$ болады.

Магнит өрісінде қозғалатын бөлшектің Лоренц күші қозғалыс бағытына перпендикуляр бағытталғандықтан, ол центрге тежеуші күш ретінде әрекет етеді. Нәтижесінде зарядталған бөлшектің қозғалыс бағыты үздіксіз өзгереді, ал қозғалыс траекториясы үздіксіз қисық және шеңберден тұрады. Лоренц күші ешқандай жұмыс істемегендіктен, айналмалы қозғалыста пайда болған центрден тепкіш күштің сандық мәні Лоренц

$$\text{күшіне тең, яғни: } \frac{mv^2}{R} = qvB \quad (5)$$

Біртекті магнит өрісіндегі зарядталған бөлшектің қозғалыс траекториясы шеңберден тұрады, оның радиусы келесі өрнекпен анықталады:

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (6)$$

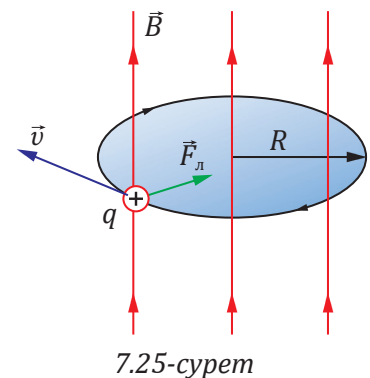
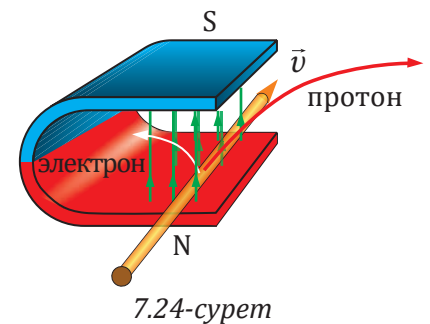
Бөлшектің бір толық шеңбер жасауға кеткен уақытын, яғни айналу периодын анықтайық. Ол үшін бөлшектің бір толық айналу кезіндегі қашықтығын (шеңбер ұзындығы $2\pi R$) бөлшектің жылдамдығына (v) бөлеміз:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad (7),$$

(6) Өрнектен пайдаланып (7) өрнекті келесідей жазамыз:

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (8)$$

Ол тәжірибеде магнит өрісінде қозғалатын зарядталған бөлшектің траекториясының қисаюы құбылысын қолданады. Магниттік және электрлік өрістердің әсерінен вакуумде қозғалатын зарядталған бөлшектерді массасына қарай құрамдас бөліктерге бөлетін құрылғы масс-спектрометр деп аталады. Масс-спектрометрлер химиялық элементтердің изотоптарын анықтау және заттардың химиялық талдауы үшін қолданылады.



VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ



1. Сол қол ережесіне сүйене отырып, Лоренц күшінің бағытын түсіндір.
2. Зарядталған бөлшекті біртекті магнит өрісінде шеңбер бойымен қозғалтатын күшті түсіндір.
3. Зарядталған бөлшек магнит өрісіне қай бағытта енгенде Лоуренц күші әсер етпейді?
4. Лоренц күші негізінде жұмыс істейтін қандай құрылғыларды білесің?
5. Егер зарядталған бөлшек күш сызықтарына сүйір бұрыш жасап біртекті магнит өрісіне түссе, оның траекториясы қандай болады?

Мәселе шешу үлгісі

Егер электрон магнит өрісі индукциясы 12 мТ болатын өріс индукциясы сызықтарына еніп, радиусы 4 см шеңбер бойымен қозғалуды жалғастырса, өріске қандай жылдамдықпен кіреді?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$B = 12 \text{ мТ} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ Т}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ С}$ $R = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\alpha = 90^\circ$; $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $v = ?$	$F_L = qvB \sin \alpha$ $F_{ц.ма} = \frac{mv^2}{R} \quad F_L = F_{ц.ма};$ $v = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$	$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ С} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \text{ Т} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} = 8,4 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ Жауап: $v = 8,4 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$.

**38-жаттығу**

1. 1000 В үдеу потенциалдарының айырмасынан өтетін электрон индукция күшінің сызықтарына перпендикуляр бағытта біртекті магнит өрісіне ұшады. Магниттік индукция 10^{-3} Т -ға тең болса, электронның айналмалы траекториясының радиусы неге тең?
2. Магниттік индукциясы 1 Т циклотронда протондардың энергиясы 5 MeV болу үшін олар радиусы қандай траектория бойынша қозғалуы керек? Протонның массасы $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ -ға тең, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ал.
3. Зарядталған бөлшек біртекті магнит өрісінде 10^6 м/с жылдамдықпен шеңбер бойымен қозғалады. Магнит өрісінің индукциясы 0,3 Т, шеңбердің радиусы 4 см. Бөлшектің кинетикалық энергиясы 12 keV-қа тең болуы үшін оның заряды қандай болуы керек?
4. Электрон біртекті магнит өрісіне индукция сызықтарына перпендикуляр бағытта ұшады. Электронның жылдамдығы $4 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. Магнит өрісінің индукциясы 10^{-3} Т . Электронның центрге тартқыш үдеуін тап.
5. Индукциясы 0,2 Т біртекті магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр бағытта 10 Мм/с жылдамдықпен қозғалатын протонға қандай центрден тепкіш күш әсер ететінін тап.

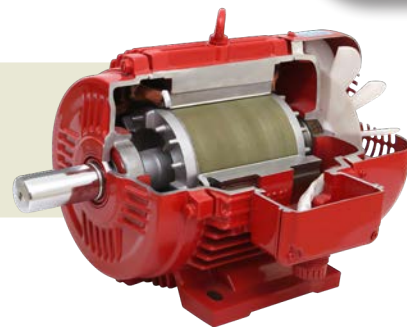


ТҰРАҚТЫ ТОК ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ

52-ТАҚЫРЫП

1. Электр қозғалтқышының құрылымы.
2. Электр қозғалтқышының жұмыс істеу принципі.

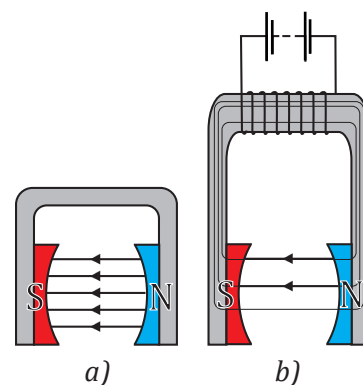
Электр қозғалтқышының білігінің айналу себебін түсіндір.



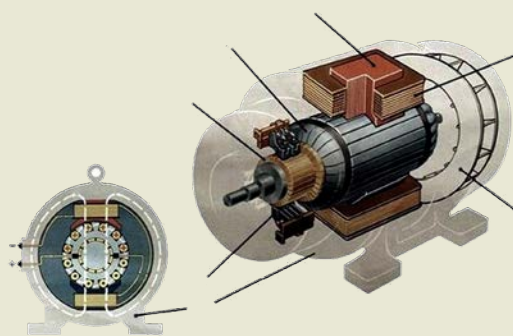
1. Электр қозғалтқышының құрылымы.

Тұрақты ток электр қозғалтқышы – бұл екі негізгі бөліктен – статор мен ротордан тұратын, тұрақты токтың электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін құрылғы.

Статор – латын сөзі, «бекітілген» дегенді білдіреді. Статор қозғалтқыш корпусына бекітілген тұрақты магниттен (7.26 а-сурет) немесе электромагниттен (7.26 б-сурет) тұрады. «Ротор» латын сөзі «бұрылу» дегенді білдіреді. Ротор – қозғалтқыштың айналатын бөліктері. Ротордың негізгі бөлігі бір немесе бірнеше катушкалы жақтау, яғни зәкірден (1) (7.27-сурет) және коллектордан (2) тұрады. Зәкір сымдардың ұштары коллекторлық сақиналарға қосылады. Коллектор арматурамен бірге айналады. Екі көміртекті щеткалар (3) коллектор сақиналарының сыртында қозғалмайтын түрде бекітілген. Зәкірдегі сымдардың ұштары коллекторлық сақиналарға қосылады. Олар арнайы серіппелердің көмегімен коллекторлық сақиналарға мықтап басылады. Тізбектегі электр тогы осы щеткалар арқылы коллекторлық сақиналарға өтеді.



7.26-сурет



7.27-сурет

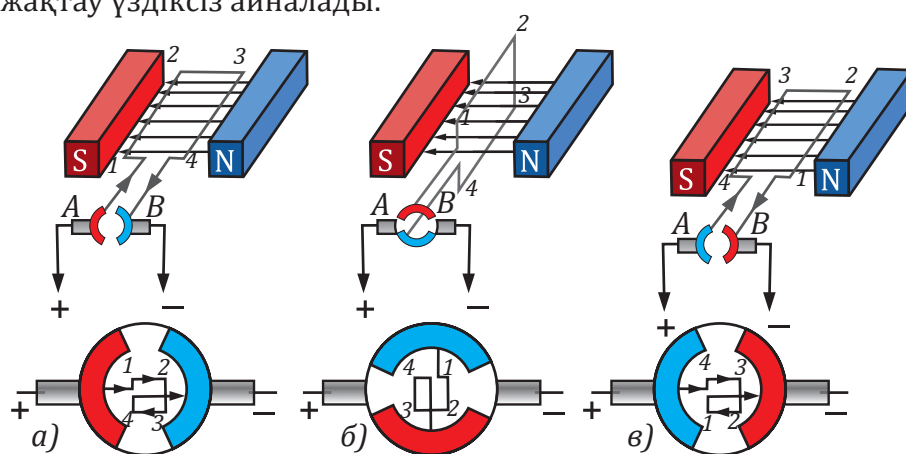
1. Зәкір (темір өзегі бар жақтаулар).
2. Коллектор.
3. Щеткалар.
4. Электромагниттік полюстің өзегі.
5. Электромагниттік полюсті орамдар.
6. Статор.
7. Желдеткіш.
8. Білігі.

2. Электр қозғалтқышының жұмыс істеу принципі

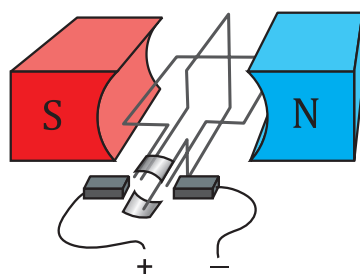
Ыңғайлы болу үшін бір жақтаулық ротордан тұратын ең қарапайым қозғалтқыштың жұмыс істеу принципін қарастырайық (7.28-сурет). Қозғалтқыштың коллекторы екі жартылай сақи-

VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

надан тұрады, оларға А және В щеткалары бекітілген. Ток көзінің екі полюсынан келетін сымдар щеткаларға қосылады. Ток көзінен келетін ток щетка, коллектор және жақтау арқылы А-1-2-3-4-В бағытында өтеді (7.28 а-сурет). Магнит өрісінің әсерінен рамка магниттік күш сызықтарына перпендикуляр орналасуға тырысады. Жақтаудың жазықтығы магниттік күш сызықтарына перпендикуляр болған кезде, А және В щеткалары коллектор сақиналарына тимейді және ток жақтау арқылы өтпейді (7.28 б-сурет). Бірақ жақтау өзінің инерциясымен айналуын жалғастырады және магниттік күш сызықтарына параллель болып қалады (7.28 в-сурет). Бұл жағдайда щеткалар коллектор сақиналарына тиіп, ток А-4-3- 2-1- В бағытында жақтау арқылы өтеді. Магнит өрісінің әсерінен жақтау перпендикуляр күйге оралуға тырысады. Осылайша процесс жалғасады және жақтау үздіксіз айналады.



7.28-сурет



7.29-сурет

Іс жүзінде бір жақтаулық ротордан тұратын қозғалтқыштар пайдаланылмайды. Өйткені оларда жақтаудың айналуы біркелкі емес, ал жақтаудың қуаты ротор осін (білігін) айналдыруға жеткіліксіз. 7.29-суретте екі жақтаулы электр қозғалтқышының құрылымы көрсетілген. Бұл жағдайда жақтаулар бір-біріне перпендикуляр бір оське бекітіледі. Коллектордың екі емес, төрт қаппағы болады. Екі жақтаулы роторда ток магниттік күш сызықтарына параллель орналасқан бірінші жақтау арқылы өткенде магнит өрісінің әсерінен перпендикуляр күйде болуға тырысады. Бірінші жақтау перпендикуляр күйде болғанда, ток параллель қалыпта екінші жақтау арқылы өтеді және ол перпендикуляр күйге келуге тырысады және жақтаудың біркелкі қозғалысын қамтамасыз етеді.



1. Тұрақты ток электр қозғалтқышында энергия бір түрден екінші түрге қалай түрленетінін түсіндір.
2. Электр қозғалтқышының құрылысын түсіндір.
3. Электр қозғалтқышының жұмыс принципін сипатта.
4. Электр қозғалтқышының артықшылықтары қандай?
5. Электр қозғалтқышын пайдалану туралы не білесің?



ЕСЕПТЕР ШЕШУ

53-ТАҚЫРЫП

Мәселе шешу үлгісі

1. Екі параллельді шексіз ұзын түзу өткізгіш вакуумде бір-бірінен 40 см арақашықтықта орналасқан. Егер олардың біреуі арқылы 12 А, екіншісі арқылы 18 А ток өтсе, сымдардың бірлік ұзындығына әсер ететін F/l күшін тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$I_1 = 12 \text{ A}$ $I_2 = 18 \text{ A}$ $d_0 = 0,4 \text{ m}$ $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ $F/l = ?$	$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d_0}$ $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d_0}$	$\frac{F}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 \cdot 12 \text{ A} \cdot 18 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,4 \text{ m}} = 1,08 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{m}}$ Жауап: $F/l = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}$.

2. Индукциясы 0,4 Т магнит өрісіндегі күш сызықтарының бағытына 45° бұрыш жасай орналасқан ұзындығы 0,5 м өткізгішке 0,42 Н күш әсер етсе, тоқтың күшін тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$B = 0,4 \text{ T}$ $\alpha = 45^\circ$ $F_A = 0,42 \text{ N}$ $l = 0,5 \text{ m}$ $I = ?$	$F_A = IB l \sin \alpha$ $I = \frac{F_A}{B l \sin \alpha}$	$I = \frac{0,42 \text{ N}}{0,4 \text{ T} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 0,7} = 2,97 \text{ A}$ Жауап: $I = 2,97 \text{ A}$.

3. Индукциясы 10^{-3} T біртекті магнит өрісіндегі магнит өрісінің сызықтарына перпендикуляр бағытта радиусы 1,5 см шеңбер бойымен қозғалатын электронның жылдамдығын тап. Электронның массасы $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, заряд модуль $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ -қа тең.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$B = 1 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $R = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\alpha = 90^\circ$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $v = ?$	$F_L = e v B \sin \alpha$ $F_{\text{ц.ме.}} = \frac{m v^2}{R}$ $F_L = F_{\text{ц.ме.}}$ $v = \frac{e B R \sin \alpha}{m}$	$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 1}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 2,64 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Жауап: $v = 2,64 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.



39-жаттығу

1. Радиусы 4 см сым контуры арқылы 0,8 А ток өтеді. Сақинаның центріндегі магнит индукциясын анықта.

2. Ұзындығы 10 см, ток күші 0,5 А түзу өткізгіш индукциясы 0,1 Т біртекті магнит өрісінде индукция сызықтарына параллель орналастырылған. Магнит өрісінің өткізгішке әсері қандай?

3. Ұзындығы 0,15 м, ток күші 8 А түзу өткізгіш индукциясы 0,4 Т біртекті магнит өрісінде өріс сызықтарына перпендикуляр орналастырылған. Өткізгішті Ампер тогының бағытымен 0,025 м қашықтыққа көшіргендегі жұмысты тап.

4. Индукциясы 0,2 Т біртекті магнит өрісінде орналасқан беткейі 2 м² болған бет арқылы өтетін магнит индукциясы тогы 0,2 Вб болса, бетке өткізілген нормал және индукция векторы арасындағы бұрышты есептеңдер.

5. Магнит өрісінің индукция сызықтарына перпендикуляр 1 км/с жылдамдықпен қозғалатын заряды 0,4 С бөлшекке 4 Н-ге тең Лоренц күші әсер етеді. Магнит өрісінің индукциясын тап.

6. Индукциясы 4 Т біртекті магнит өрісінде 10⁷ м/с жылдамдықпен индукция сызықтарына перпендикуляр бағытта ұшатын электронға әсер ететін күштің модулі неге тең?

7. Протон индукциясы 0,167 Т біртекті магнит өрісінде радиусы 10 см шеңбер бойымен қозғалса, оның жылдамдығы қандай? Протонның массасын $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг деп алайық.

8. 40 мТ индукциясы бар протон $2 \cdot 10^6$ м/с жылдамдықпен өріс сызықтарына перпендикуляр біртекті магнит өрісіне енгенде, ол қандай радиусты жүргізеді? .

9. Біртекті магнит өрісінің сызықтарына вертикаль бағытта ұшатын электронның айналу периоды $20 \cdot 10^{-12}$ с болса, магнит өрісінің индукциясын анықта. Электронның массасын $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг деп алайық.

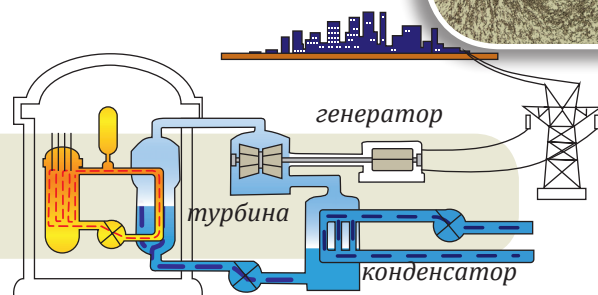


ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ИНДУКЦИЯ

54-ТАҚЫРЫП

1. Электромагниттік индукция құбылысы.
2. Индукциялық электр қуаты. Фарадей заңы.

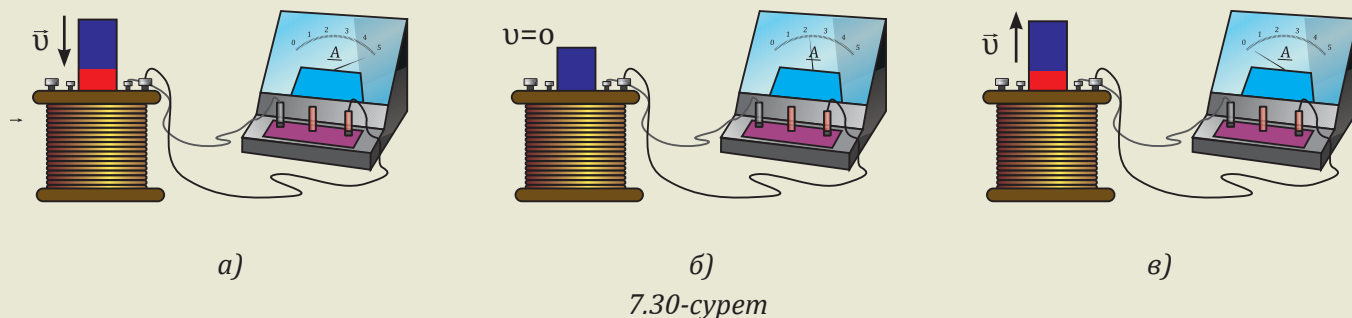
Электр энергиясы қандай өндіріледі?



1. Электромагниттік индукция құбылысы

1820 жылы дат ғалымы Г. Эрстед токтың магниттік әсерін ашқаннан кейін ағылшын ғалымы Майкл Фарадей магнит өрісі арқылы электр тогын құруды алдына мақсат етіп қойды. Ол бұл мәселемен 10 жылдан астам жұмыс істеп, 1831 жылы мақсатына жетті.

Фарадей катушка мен гальванометрді тізбектей қосып, тұйық контур құрады (7.30-сурет). Катушка ішіне тұрақты магнитті салғанда гальванометр инесінің ауытқуы байқалады. Бұл жағдайда орамда ток пайда болады (7.30 а-сурет). Егер магнитті катушка ішінде қозғалтпай ұстаса, гальванометр көрсеткішінде нөл көрсетіледі, яғни катушкадағы токтың жоғалғаны байқалады (7.30 б-сурет). Магнит катушкадан алынғанда, катушкада қайтадан ток пайда болатыны байқалады. Бұл жағдайда гальванометрдің көрсеткісі қарама-қарсы бағытта ауытқиды (7.30 в-сурет). Бұл құбылысты магнит тыныштықта болса да, катушка қозғалысқа келтірсе де байқаймыз.



7.30-сурет

Өзінің тәжірибелерінің нәтижелерін талдай отырып, Фарадей мынадай қорытындыға келді: тұйық контурда индукциялық ток өткізгіштің тізбегімен шектелген бет арқылы өтетін магниттік индукциялық ток өзгергенде ғана пайда болады, яғни магниттік ток өзгерген кезінде ғана қолжетімді болады. Бұл тұжырым *электромагниттік индукция заңы* деп те аталады.

2. Индукциялық электр қуаты. Фарадей заңы.

Электр тізбегінде ток ұзақ уақыт болуы үшін тізбектің кейбір бөлігінде электр қозғаушы күш (ЭҚК) болуы керек екені белгілі. Контурдағы магниттік токтың тұрақты өзгеруі

VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

нәтижесінде пайда болған ЭҚК индукциялық токты тудыратын сыртқы көз ретінде әрекет етеді. Индукциялық ток тудыратын ЭҚК индукциялық электр күші деп аталады. Тұйық контурда пайда болатын индукциялық электр күші осы контурды кесіп өтетін магнит ағынының өзгеруіне сандық түрде тең және таңбасына қарама-қарсы:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -\Delta\Phi/\Delta t. \quad (1)$$

Бұған *электромагниттік индукция* немесе *Фарадей – Максвелл заңы* деп аталады.

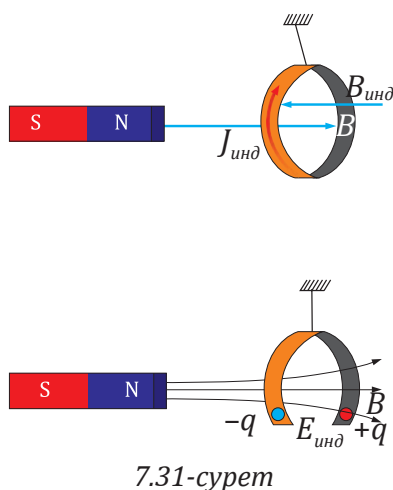
(1) өрнектегі (–) таңбасы контурдағы индукциялық токтың бағытымен байланысты, ол Ленц ережесі бойынша түсіндіріледі.

ХБЖ-дегі индукциялық ток бірлігіне вольт (V) қабылданды.

Егер контур N орамнан тұрса, контурда пайда болған индукция ЭҚК келесі өрнек арқылы есептеледі:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -N \frac{\Delta}{\Delta t} \quad (2)$$

Орыс ғалымы Х.Ленц индукциялық токтың бағытын анықтау мақсатында мынадай тәжірибе жүргізді. Бірі бүтін, екіншісі кесілген жеңіл алюминий сақиналарды жіпке байлап, тірекке іліп қояды (7.31-сурет). Егер магнитті бүкіл сақинаға жақындатса, индукциялық ток пайда болады. Сонымен бірге бұл ток сақинаның ішінде өзінің магнит өрісін жасайды. Алынған магнит өрісі магниттің сақинаға жақындауына қарсы тұрады және оны болдырмайды (7.31 а-сурет). Егер магнитті сақинадан алыстата бастасақ, сақина магнитке тартылып, оның соңынан ереді. Магнит кесілген сақинаға жақын немесе одан алыстатылған кезде магниттің сақинаға әсері байқалмайды. Мұның себебі контурда тұйықталмайтын контурға байланысты индукциялық ток пайда болмайды (7.31 б-сурет). Тәжірибе нәтижелері бойынша Ленц индукциялық токтың бағытын анықтау ережесін тапты. Бұл ереже оның құрметіне Ленц ережесі деп аталады және келесідей анықталады: тұйық контурда пайда болатын индукциялық ток өзінің магнит өрісімен осы токты тудыратын сыртқы магнит ағынының өзгеруіне қарсы тұратындай бағытқа ие.



7.31-сурет



1. Электромагниттік индукция құбылысының табиғатын түсіндір.
2. Неліктен магнитті кесілген сақинаға жақындатқанда олар өзара әрекеттеспейді?
3. Ленц ережесінің мәнін түсіндір.
4. Электромагниттік индукция құбылысы тәжірибеде қалай қолданылады?



Мәселе шешу үлгісі

Өткізгіш сақина арқылы өтетін магнит ағыны $0,2 \text{ s}$ ішінде 5 mWb өзгерді. Егер контурдың электр кедергісі $0,25 \Omega$ болса, контурдағы индукциялық токты тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$ $\Delta \Phi = 5 \text{ mWb} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$ $R = 0,25 \Omega$ $v = ?$	$\varepsilon_{\text{инд}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ $I = \frac{\varepsilon_{\text{инд}}}{R} = \frac{\Delta \Phi}{R \cdot \Delta t}$	$I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 0,2} = 0,1 \text{ A}$ Жауап: $I = 0,1 \text{ A}$.

40-жаттығу



1. 100 орамнан тұратын соленоидта магнит ағыны $0,005 \text{ s}$ ішінде $5 \cdot 10^{-3}$ -тең $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$ -қа дейін біркелкі өзгерді. Соленоидтағы индукцияланған ЭҚК-ін тап.

2. Өткізгіштің контурымен шектелген бетті кесіп өтетін магнит ағыны $0,8 \text{ Wb}$ -қа біркелкі өзгергенде, контурдағы индукциялық ЭҚК $1,6 \text{ V}$ -қа тең. Магнит ағынының өзгеру уақытын тап. Өткізгіштің кедергісі $0,32 \Omega$ болса, индукциялық ток неге тең болды?

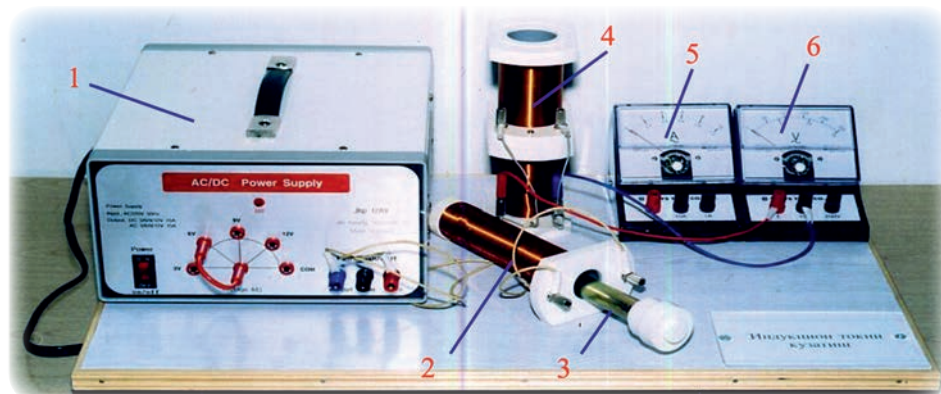
3. 500 айналымнан тұратын соленоидта магнит ағыны 5 ms ішінде 7 mWb -тан 9 mWb -қа дейін бірқалыпты өзгерді. Соленоидтағы индукцияланған ЭҚК шамасын тап.

4. 2000 орамдағы соленоидта 120 V индукциялық ЭҚК оянғанда (түзілген) магнит ағынының өзгеру жылдамдығын тап.

5. Жерден және бір-бірінен оқшауланған темір сымның рельстеріне милливольтметр қосылады. Пойыз 180 km/h жылдамдықпен темір жол арқылы өткенде милливольтметр (V) нені көрсетеді? Жердің магнит өрісінің индукциясының вертикаль құраушы бөлігі $B = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$, рельстердің ара қашықтығы 1 m .

55-ТАҚЫРЫП

ПРАКТИКАЛЫҚ САБАҚ

ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ИНДУКЦИЯ ҚҰБЫЛЫСЫН
ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың мақсаты: индукциялық токтың және индукциялық электр қозғаушы күшінің түзілуін бақылау, индукциялық токтың магниттік токқа тәуелділігін зерттеу.

Қажетті құралдар мен жабдықтар: айнымалы токтың қуат көзі, айнымалы ток амперметрі және вольтметр, қимасы әр түрлі катушкалар, темір өзек және жалғау сымдары.

Құрылғының құрылымы мен жұмысы

Құрылғының жалпы көрінісі осы тақырыптағы 1-суретте сипатталған. Құрылғы айнымалы ток көзінен (1), катушкалардан (2 және 4), темір өзекшеден (3), айнымалы ток амперметрінен (5) және вольтметрден (6) тұрады. Орамдардың көлденең қимасының әртүрлі беттері бар және олар бір-бірінің ішіне толығымен салынуы мүмкін. Көлденең қимасының ауданы аз бірінші катушка (2) айнымалы ток көзіне жалғау сымдары арқылы тізбектей жалғанады. Көлденең қимасының ауданы үлкен екінші катушка (4) амперметр мен вольтметрге кезекпен қосылады. Құрылғы айнымалы ток электр желісіне қосылу арқылы іске қосылады. Бірінші катушка айнымалы ток желісіне қосылғандықтан, катушканың айналасында айнымалы магнит өрісі пайда болады. Бірінші катушканы екінші катушкаға салғанда, екінші катушкаға қосылған амперметр (немесе вольтметр) онда индукцияланған ток (немесе индукцияланған ЭҚК) пайда болғанын көрсетеді.

Жұмыс тәртібі

1. Кішігірім қима ауданы бар бірінші катушканы оның айнымалы ток көзінің терминалдарына қосыңыз. Бұл жағдайда бірінші катушканы екінші катушканың ішіне қоюға болмайды.

2. Екінші катушканы амперметрмен тізбектей жалға. Бұл жағдайда амперметр 0 мәнін көрсетеді.





3. Қуат көзін электр желіге қос.
4. Ток көзінің сыртқы тізбекке беруші кернеуін 3 V-қа дейін реттеңіз.
5. Бірінші катушканы екінші катушкаға түсір.
6. Амперметрдің көмегімен екінші катушкадағы индукциялық токтың мәнін жазып ал.
7. Бірінші катушкаға темір өзегін толығымен салыңыз және амперметр көрсеткішін қайтала.
8. Сыртқы тізбектегі ток көзінің кернеуін 6 V етіп реттеп, тәжірибені жоғарыдағыдай қайтала.
9. Сыртқы тізбектегі ток көзінің кернеуін бірінен соң бірін 9 V және 12 V етіп реттеу арқылы тәжірибені қайтала.
10. Екінші орамды амперметрден ажыратып, оны вольтметрге қос және темір өзегі жоқ және ішіндегі темір өзегі бар корпустар үшін 3 V, 6 V, 9 V және 12 V бірінші катушкаға берілген кернеулерге тәжірибе жаса. Екінші катушкада пайда болған индукциялық ЭҚК мәндерін жаз.
11. Алынған нәтижелер бойынша келесі кестені толтыр.

№	Темір өзегі жоқ			Темір өзегі бар		
	Бірінші катушкаға берілген кернеу U , (V)	Екінші катушкадағы индукциялық ток $I_{\text{инд}}$, (A)	Екінші катушкадағы индукциялық ЭҚК $\mathcal{E}$, (V)	Бірінші катушкаға берілген кернеу U , (V)	Екінші катушкадағы индукциялық ток $I_{\text{инд}}$, (A)	Екінші катушкадағы индукциялық ЭҚК $\mathcal{E}$, (V)
1						
2						
3						

Тәжірибе нәтижелерінен қорытынды жаса.

1. Электромагниттік индукция құбылысы бойынша Эрстед пен Фарадей тәжірибелерін сипатта.
2. Индукциялық токтың пайда болуын түсіндір.
3. Электромагниттік индукция заңын түсіндір және оның математикалық өрнегін жаз.

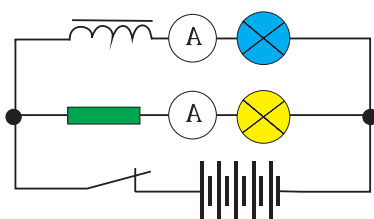


56-ТАҚЫРЫП

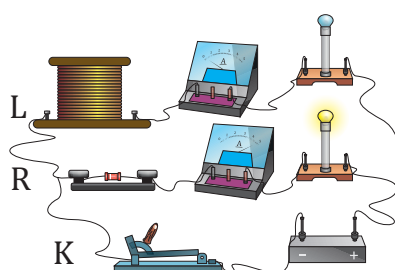
ӨЗДІК ИНДУКЦИЯ. ИНДУКТИВТІЛІК

1. Өздік индукция құбылысы.
2. Индуктивтілік.
3. Өздік индукцияның электр қозғаушы күші.

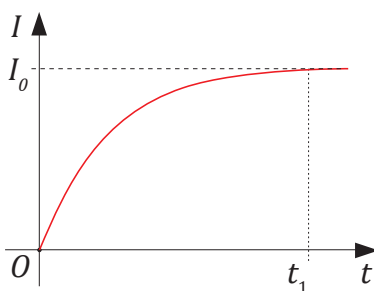
Кейбір радиоларды ажыратқанда, олар шығаратын дыбыс кенеттен өшпейді, бірақ бірте-бірте жоғалады. Неліктен бұл орын алады?



а)



б)



в)
7.32-сурет

1. Өздік индукция құбылысы

Кез келген контурдан өтетін ток осы контурмен шектелген бетті кесіп өтетін магнит ағынын жасайды. Егер контур арқылы өтетін ток өзгерсе, ол жасайтын магнит ағыны да өзгереді. Нәтижесінде контурда индукциялық ЭҚК пайда болады. Бұл құбылыс өздік индукция құбылысы деп аталады.

Өздігінен индукция құбылысын байқауға болатын электр тізбегі 7.32 а-суретте көрсетілген. Схема екі бірдей шамдардан, кедергіден R , көп орамды орамнан, ажыратқыштан және тұрақты ток көзінен тұрады. Шамдардың бірі темір өзегі бар катушка арқылы R резисторы арқылы ток көзіне қосылған. Ажыратқыш қосылған кезде контурға катушка арқылы қосылған шам аздап кешіктіріліп, R кедергісі арқылы қосылған екінші шам коммутатор қосылғаннан кейін бірден жанатынын көреміз (7.32 б-сурет). Өйткені коммутатор қосылған бойда катушка арқылы өтетін ток t_1 уақытында нөлден I_0 -ге дейін өзгереді (7.32 в-сурет). Осы уақыт ішінде катушкада өздігінен индукциялық ток пайда болады, ол ток көзі тудыратын токқа қарама-қарсы. Бұл бірінші шамның кейінірек жануын тудырады.

Сондай-ақ, кілт өшірілгенде, екінші шам бірден сөнеді, бірақ бірінші шам баяу сөнеді.

2. Индуктивтілік

Катушкада пайда болатын магнит ағыны қандай физикалық шамаларға тәуелді?

Тәжірибе нәтижелерін қорытындылай келе, келесі қорытындыға келеміз: ток өткізгіштің жасаған магнит ағыны одан өтетін ток күші мен катушканың қасиеттеріне де байланысты, яғни:

$$\Phi = L \cdot I \quad (1)$$

мұндағы L – катушканың геометриялық өлшемдеріне және катушка орналасқан ортаның магниттік қасиеттеріне байланысты (катушаның өзегі) пропорционалдық коэффициенті және ол катушка индуктивтілігі деп аталады.

ХБЖ-де индуктивтіліктің бірлігі өзін-өзі индукция құбылысын алғаш байқаған америкалық ғалым Дж. Генридің құрметіне Генри (Henri) (H) деп аталады.



3. Өздік индукцияның электр қозғаушы күші

(1) өрнекке сәйкес катушкада пайда болған өздік индукциялық электр қозғаушы күштің өрнегін былай жазамыз:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -\Delta\Phi/\Delta t = -L \Delta I/\Delta t \quad (2)$$

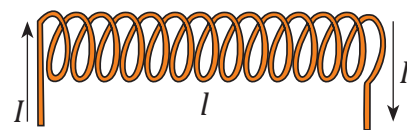
Бұл өрнектен келесі қорытынды шығады: өздік индукциялық ток қозғаушы күштің шамасы контурдағы токтың өзгеру жылдамдығына тура пропорционал ($\Delta I/\Delta t$).

(2) индуктивтіліктің келесі физикалық мағынасы және бірлігі (немесе өзіндік индуктивтілік коэффициенті) теңдіктен шығады: егер ЭҚК өздігінен индукцияның бір вольтты ток күші 1 А/с өзгеру жылдамдығымен тізбекте орын алса, индуктивтілік тізбектің 1 Н-қа тең, яғни: $1\text{Н} = \frac{1\text{В}}{1\text{А/с}} = \frac{1\text{В}\cdot\text{с}}{1\text{А}}$

Ұзындығы l , көлденең қимасының ауданы S және орамалардың саны N болатын ұзын катушканың немесе соленоидтың индуктивтілігі (7.33-сурет) келесі өрнек арқылы анықталады:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot S}{l} \quad (3)$$

Мұнда: μ_0 – коэффициент – вакуумның магниттік тұрақтысы, μ – соленоид ішіндегі ортаның магниттік өткізгіштігі.



7.33-сурет

Өздік индукция құбылысы механикадағы инерция құбылысына ұқсас болуы мүмкін. Инерция жағдайында индуктивтілік дененің массасы сияқты маңызды. Яғни, масса неғұрлым көп болса, дене соғұрлым инертті, ал индуктивтілік неғұрлым көп болса, контурдағы токтың өзгеруі баяу (инерттік) болады. Жоғарыда келтірілген мысалда (7.32-сурет) орамға тізбектей жалғанған шамды қосу және өшірудің біртіндеп процесін, анағұрлым инертті объектінің баяу қозғалуын және оның кететтен тоқтауын көруге болады.



1. Өздік индукция құбылысының мәнін түсіндір.
2. өздік индукция құбылысы байқалатын электр тізбегін сызып түсіндір.
3. Индуктивтілік – физикалық шама, оның физикалық мағынасын айт.
4. өздік индукциялық токтың бағыты қандай?
5. Өздік индукция құбылысына мысалдар келтір.



VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

Мәселе шешу үлгісі

Катушкадағы ток күші 0,2 s ішінде нөлден 3 А-ға дейін бірқалыпты өзгеріп, 1,5 V өздік индуктивтілік ЭҚК пайда болса, катушканың индуктивтілігі неге тең?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$ $\Delta I = 3 \text{ A}$ $\varepsilon_{\text{инд}} = 1,5 \text{ V}$ $L = ?$	$\varepsilon_{\text{инд}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $L = \frac{\varepsilon_{\text{инд}} \cdot \Delta t}{\Delta I}$	$L = \frac{1,5 \cdot 0,2}{3} \text{ H} = 0,1 \text{ H}$ Жауап: $L = 0,1 \text{ H}$.



41-жаттығу

1. Индуктивтілігі 0,8 H, көлденең қимасының ауданы 200 см² катушка арқылы 2 А ток өтеді. Егер катушка 50 айналымнан тұрса, оның ішіндегі магнит өрісінің индукциясы неге тең?

2. Катушка арқылы өтетін токты біркелкі 0,1 s ішінде нөлден 5 А-ға дейін арттырғанда, 50 V өзіндік индукциялық ЭҚК түзіледі. Катушканың индуктивтілігін тап.

3. Индуктивтілігі 0,12 H катушкада 6 V өзіндік индукциялық ЭҚК түзілсе, ток күші қаншалықты жылдам өзгереді?

4. Индуктивтілігі 2 H катушкадан өтетін ток күші 0,2 s ішінде 1 А-дан 5 А-ға дейін тұрақты өссе, катушкадағы индукциялық ЭҚК (V) неге тең?

5. 20 mWb магнит ағынын құру үшін индуктивтілігі 10 mH катушка арқылы қанша ток өтеді?





ЕСЕПТЕР ШЕШУ

57-ТАҚЫРЫП

Мәселе шешу үлгісі

1. Егер соленоидтағы токтың өзгеру жылдамдығы $\Delta I/\Delta t = 50 \text{ A/s}$ -ке тең болса және оның ұштарында $0,075 \text{ V}$ өзіндік индукциялық ЭҚК түзілсе, соленоидтың индуктивтілігін тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 50 \frac{\text{A}}{\text{s}}$	$\varepsilon_{\text{өз.ин.}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$L = \frac{0,075}{50} \text{ H} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$
$\varepsilon_{\text{өз.ин.}} = 0,075 \text{ V}$	$L = \frac{\varepsilon_{\text{өз.ин.}}}{\left \frac{\Delta I}{\Delta t} \right }$	Жауап: $L = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$.
$L = ?$		

42-жаттығу



1. Ұзындығы 20 см, диаметрі 3 см орамда 400 айналым бар және 2 А ток өткізеді. Катушканың индуктивтілігін және катушканың көлденең қимасы арқылы өтетін магнит ағынын тап.

2. Диаметрі 4 см катушканың индуктивтілігі 0,001 Н болуы үшін диаметрі 0,6 мм сымнан оны бір қабат тығыз етіп неше орамды орау керек?

3. Катушкадан өтетін токты біркелкі 0,1 с ішінде нөлден 5 А-ға дейін арттырғанда 50 В өзіндік индукциялық ЭҚК түзіледі. Катушканың индуктивтілігін тап.

4. 250 айналымы бар катушкада магнит ағыны 0,4 с ішінде 2 Wb өзгерді. Катушкадағы индукцияланған ЭҚК-ін тап.

5. Егер соленоидтағы ток күші 5 А болса және онда 50 mWb магнит ағыны түзілсе, соленоидтың индуктивтілігі неге тең?

6. Ток күші 2 А болғанда индуктивтілігі 0,4 Н контурдан өтетін магниттік ток қанша веберге тең болады?

7. 5 ms-те соленоидтағы магнит ағыны 3 mWb-тан 9 mWb-қа дейін өзгереді. Соленоидта пайда болған ЭҚК кернеуі 60 В болса, соленоидтағы орамалардың саны қанша болады?

8. Магнит өрісінің индукция векторына перпендикуляр жазық контур арқылы 0,6 Wb магнит ағыны өтеді. Магниттік индукция 0,2 Т тең болса, контурдың бетіні неге тең?

9. Егер магнит өрісінің индукциясы векторына перпендикуляр бетінің ауданы 2 м² болатын жазық контур арқылы 1 Wb-қа тең магнит ағыны өтсе, магнит индукциясы қанша тесла болады?

10. Индуктивтілігі 2 мН контурда 10 mWb магнит ағыны түзілсе, контурдан өтетін ток күші неге тең (А)?

58-ТАҚЫРЫП

ТОКТЫҢ МАГНИТ ӨРІСІНДЕГІ ЭНЕРГИЯСЫ.
ЗАТТАРДЫҢ МАГНИТТІК ҚАСИЕТТЕРІ

1. Ток өткізгіштің магнит өрісі энергиясы.
2. Заттардың магниттік қасиеттері.
3. Ортаның магниттік өткізгіштігі.



Магниттің темір заттарды тартатынын, бірақ резеңке, ағаш, шыны сияқты заттарды тартпайтынын байқадың. Неліктен бұлай деп ойлайсың?

1. Ток өткізгіштің магнит өрісі энергиясы

Зарядталған денеде электр өрісінің энергиясы болатыны сияқты, ток өткізгіштің айналасында пайда болған магнит өрісінің де энергиясы болады. Магнит өрісінің энергиясын есептеуді келесі мысалда қарастырамыз. Индуктивтілігі L катушка реостат арқылы ток көзіне тізбектей жалғанады (7.34-сурет).

Катушка арқылы өтетін электр тогының энергиясының бір бөлігі ондағы магнит өрісін құруға жұмсалады. Энергияның сақталу заңына сәйкес, токпен өндірілген энергия магнит ағынын өндіруге арналған жұмысқа тең, яғни: $W_{\text{маг}} = A$.

Біз реостат сырғытпасын жылжытамыз және катушка арқылы өтетін токты арттырамыз. Орамда пайда болатын магнит ағыны ($\Phi = L \cdot I$) одан өтетін токқа тура пропорционал, яғни ток күшейген сайын магнит ағыны да сызықты түрде өседі (7.35-сурет). Сызбада берілген үшбұрыштың бетінің геометриялық мағынасы орындалған жұмысты түсіндіреді. Бұл беттің сандық мәні:

$$A = (I \cdot \Phi) / 2 \quad (1)$$

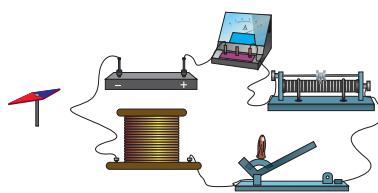
Бұл жағдайда ток өткізгіштің айналасында жасалған магнит өрісінің энергиясын есептеу формуласы келесідей болады:

$$W_{\text{маг}} = A = \frac{I \cdot \Phi}{2} = \frac{L \cdot I^2}{2} \quad (2)$$

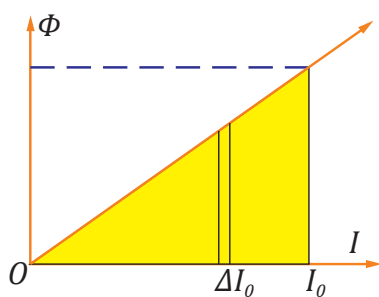
Сонымен, ток тізбегінің магнит өрісінің энергиясы оның индуктивтілігінің көбейтіндісінің жартысына және контурдан өтетін токтың квадратына тең.

Ток соленоидының магнит өрісі энергиясының негізгі бөлігі соленоидта бейнеленген. Соленоид ішіндегі өрісті біртекті магнит өрісі деп санауға болады. Соленоидтың ішіндегі біртекті: магнит өрісі энергиясының соленоидтың ішкі көлеміне қатынасымен анықталатын шама магнит өрісінің энергия

тығыздығы деп аталады:

$$\bar{w}_{\text{маг}} = \frac{W_{\text{маг}}}{V} = \frac{W_{\text{маг}}}{SI} \quad (3)$$


7.34-сурет



7.35-сурет



Мұнда S – соленоидтың көлденең қимасының ауданы, ал l – соленоидтың ұзындығы. ХБЖ-дегі магнит өрісінің энергия тығыздығы J/m^3 -пен өлшенеді.

теңдеуден көрініп тұрғандай, токтың магнит өрісі энергиясының өрнегін қозғалатын дененің кинетикалық энергиясының өрнегімен салыстыру $E_k = (m \cdot v^2)/2$, индуктивтіліктің физикалық шама екенін көреміз. механикада массаға ұқсас, ал ток күші жылдамдыққа ұқсас. Жоғарыда айтылғандай, механикада дененің массасы оның жылдамдығын өзгертуде қандай рөл атқарса, контурдағы токты өзгертуде индуктивтілік те рөл атқарады.

Электромагниттер күшті магнит өрісін құру үшін қолданылады. Электромагниттің негізі – соленоидты катушкалар. Соленоидқа енгізілген ферромагниттік өзек оның индуктивтілігін күрт арттырады. Нәтижесінде электромагниттік катушка айналасындағы магнит өрісі де артады және ол ауыр жүктерді оңай көтереді. Ауыр жүктерді көтеруге қабілетті электромагниттік крандар халық шаруашылығының әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады (7.36-сурет).



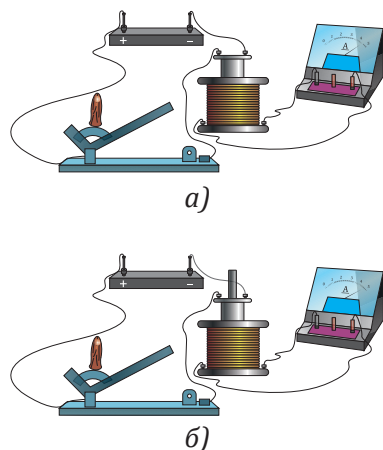
7.36-сурет

2. Заттардың магниттік қасиеттері

Көптеген заттар (мысалы, темір, никель, кобальт) магнит өрісіне қойылғанда немесе олар арқылы ток өткенде магниттеледі. Олар айналасында тұрақты магнит сияқты магнит өрісін жасайды. Магнит өрісінің әсерінен магниттелетін мұндай заттарды магниттер деп атайды.

47-тақырыпта тогы бар катушка ішінде пайда болған магнит өрісі катушкadan өтетін токқа пропорционал екенін көрдік. Катушка ішіндегі магнит өрісін бағалау үшін келесі тәжірибені жүргізуге болады. Көрсетілім құрылғының жалпы көрінісі 7.37 а-суретте берілген. Көрсетілім құрылғы айнымалы ток көзінен, көлденең қималары әртүрлі екі катушкadan, әр түрлі материалдардан жасалған өзектерден, амперметрден және ажыратқыштан тұрады. Кішкене қимасы бар бірінші орамды ажыратқыш арқылы қуат көзіне қосамыз және оны екінші катушкаға саламыз. Екінші катушканы гальванометрге қосамыз. Ажыратқышты қосатын болсақ, гальванометрдің көрсеткіші бойынша электромагниттік индукция құбылысына байланысты екінші катушкада индукция ЭҚК пайда болғанын анықтаймыз.

Катушкадағы кернеуді өзгертпей бірінші орамға әр түрлі табиғаттағы металл өзектер кезекпен енгізіледі, ал тәжірибе қайталансаоның ішіндегі магнит өрісінің индукциясы гальванометр инесінің ауытқуында әртүрлі өзгерістерді көреміз (7.37 б-сурет) (осы тәжірибені жасап көріңіз). Осылайша, әр түрлі заттар катушкада әртүрлі магнит өрістерін жасайды.



7.37-сурет

3. Ортаның магниттік өткізгіштігі

Катушка ішінде пайда болатын магнит өрісінің индукциясы оған енгізілген заттың табиғатына байланысты, яғни:

$$B = \mu \cdot B_0 \quad (4)$$

Демек, ортадағы ток катушкасы тудыратын магнит өрісінің индукциясы (B) оның вакуумде жасаған магнит өрісінің индукциясына (B_0) тура пропорционал және де ортаның түріне байланысты. (4) өрнектен μ -ді тапсақ:

$$\mu = B/B_0 \quad (5)$$

Бұл теңдеудегі μ ортаның магниттік өткізгіштігі деп аталады. Ол тек ортаның табиғатына байланысты және ортадағы өріс индукциясының вакуумдағы магнит өрісі индукциясынан қанша есе ерекшеленетінін көрсетеді.

Табиғатта кездесетін барлық заттар магниттік сіңіру қабілетіне қарай үш түрге бөлінеді. Олар: диамагнитті, парамагнитті және ферромагнитті.

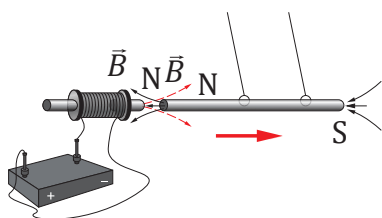
Магниттік өткізгіштік бірліктен ($\mu < 1$) аз заттар диамагниттік деп аталады. Алтын, күміс, висмут, мыс, мырыш және кейбір газдар диамагнитті. Диамагнетиктер магнит өрісін әлсіретеді. Мұндай заттарға магнит өрісін жақындатқанда олар өрістен алыстайды (7.38-сурет).

Магниттік өткізгіштік бірліктен сәл артық ($\mu > 1$) заттар парамагниттік деп аталады.

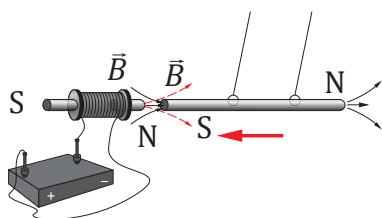
Парамагниттік заттарға платина, алюминий, хром, марганец, оттегі жатады. Магниттік өріске енгізілген парамагнетиктер өрісті ішінара күшейтеді.

Магниттік өткізгіштік бірліктен ($\mu \gg 1$) артық режимдер ферромагниттік деп аталады. Темір, никель, кобальт және олардың кейбір қорытпалары ферромагниттік болып табылады. Магнит өрісіне енгізілген ферромагнетиктер оны күшейтеді. Мұндай заттардан жасалған заттар магнит өрісіне орналастырылған кезде өріске тартылады (7.39-сурет).

Ферромагнетиктер табиғатта көп болмаса да, қазіргі техникада кеңінен қолданылады. Мысалы, трансформаторлардың, ток генераторларының, электр қозғалтқыштарының және басқа құрылғылардың өзектері ферромагниттік материалдардан жасалған. Соңғы уақытта тұрақты магниттер медицинада кеңінен қолданылады. Олардан қан қысымын төмендететін құрал ретінде тағуға болатын білезік жасалуда.



7.38-сурет



7.39-сурет



1. Катушка арқылы өтетін токтың энергия шығынын түсіндір.
2. Магнит өрісінің энергиясын түсіндір.
3. Магнит өрісінің энергиясы негізінде жұмыс істейтін қандай құрылғыларды білесің?
4. Магнитке сипаттама бер?
5. Магниттік өткізгіштіктің физикалық мағынасын түсіндір.
6. Магнит өткізгіштік қабілетіне қарай табиғатта қандай заттар бар түрлерге бөлінеді?



Мәселе шешу үлгісі

Магнит өрісінің индукциясы 0,5 Т болатын өзексіз катушкаға магниттік өткізгіштігі 60 ферромагнетик енгізілді. Катушкада магнит өрісінің индукциясы қаншаға өзгереді?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$B_0 = 0,5 \text{ Т}$	$B = \mu \cdot B_0$	$\Delta B = 60 \cdot 0,5 - 0,5 = 29,5 \text{ Т}$
$\mu = 60$	$\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	Жауап: $\Delta B = 29,5 \text{ Т}$
$\Delta B = ?$		

43-жаттығу



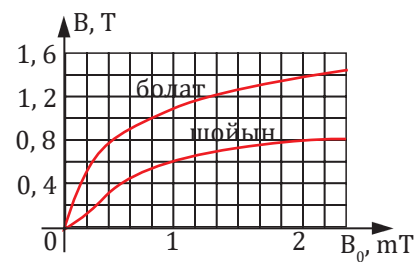
1. Катушкadan 2 А ток өткенде пайда болатын магнит өрісінің энергиясы 2 J болса, катушканың индуктивтілігі неге тең?

2. Өріс энергиясы 1 J-ге тең болу үшін индуктивтілігі 0,5 Н дроссельдік орамадағы ток күші қандай болуы керек?

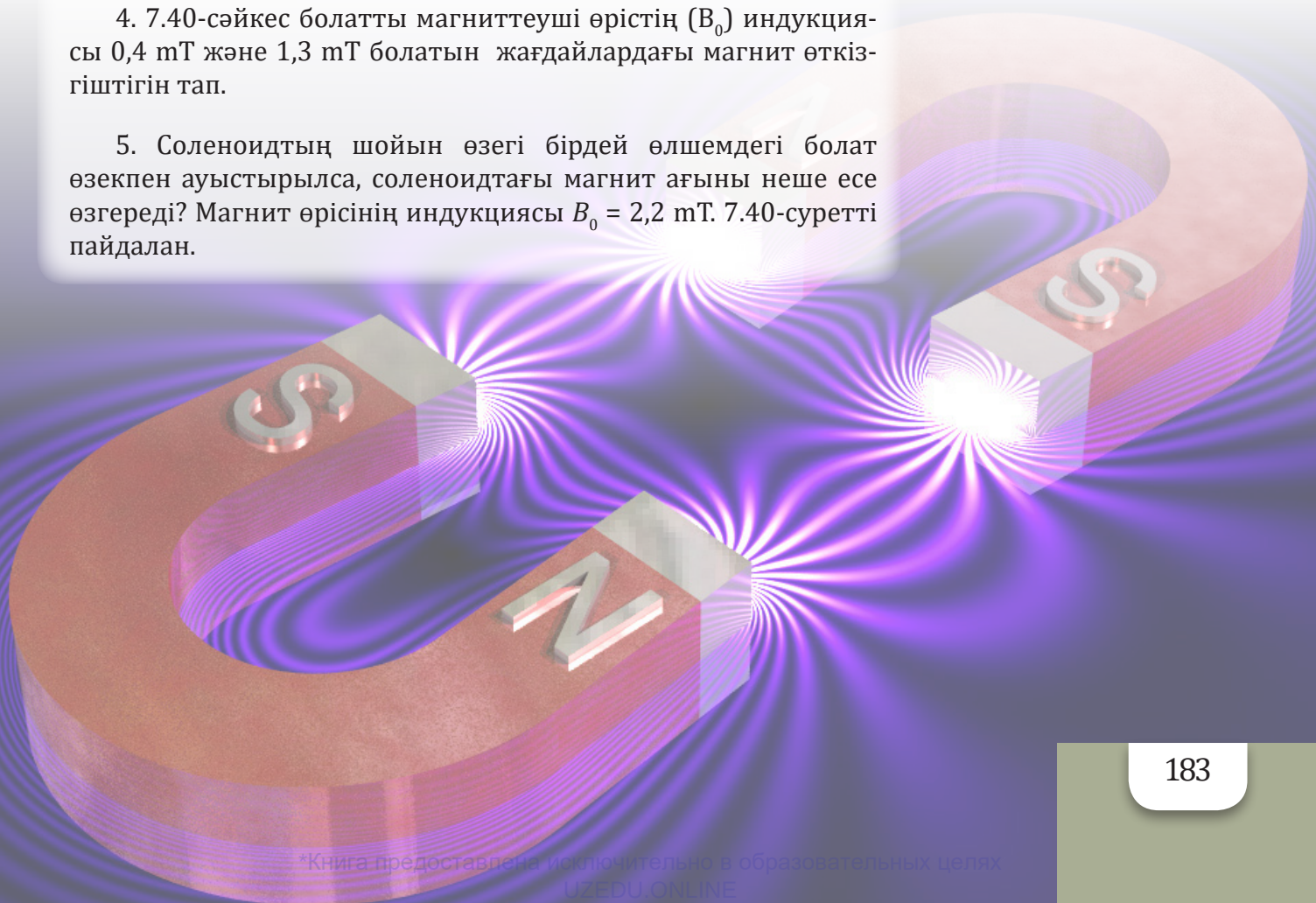
3. Ұзындығы 50 см, көлденең қимасының ауданы 2 см^2 соленоидтың индуктивтілігі $2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$. Соленоидқа темір өзек енгізілгенде магнит өрісінің энергия тығыздығы 10^{-3} J/m^3 болуы үшін соленоид арқылы қанша ток өтуі керек?

4. 7.40-сәйкес болатты магниттеуші өрістің (B_0) индукциясы 0,4 мТ және 1,3 мТ болатын жағдайлардағы магнит өткізгіштігін тап.

5. Соленоидтың шойын өзегі бірдей өлшемдегі болат өзекпен ауыстырылса, соленоидтағы магнит ағыны неше есе өзгереді? Магнит өрісінің индукциясы $B_0 = 2,2 \text{ мТ}$. 7.40-суретті пайдалан.



7.40-сурет



59-ТАҚЫРЫП

ЕСЕПТЕР ШЕШУ

Мәселе шешу үлгілері

1. Индуктивтілігі 0,6 Н-ға тең катушка арқылы 5 А ток өтсе, катушкада пайда болған магнит өрісінің энергиясын тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$L = 0,6 \text{ Н}$ $I = 5 \text{ А}$	$W_{\text{маг}} = \frac{LI^2}{2}$	$W_{\text{маг}} = \frac{0,6 \text{ Н} \cdot (5 \text{ А})^2}{2} = 7,5 \text{ Дж}$
$W_{\text{маг}} = ?$		Жауап: $W_{\text{маг}} = 7,5 \text{ Дж}$

2. Магнит өрісінің энергиясы 4 мД болу үшін индуктивтілігі 0,2 Н катушкадағы ток күші қандай болуы керек?

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$W = 4 \text{ мД} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ $L = 0,2 \text{ Н}$	$W_{\text{маг}} = \frac{LI^2}{2}$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}}{0,2 \text{ Н}}} = 0,2 \text{ А}$
$I = ?$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{\text{маг}}}{L}}$	Жауап: $I = 0,2 \text{ А}$

3. Вакуумдегі ток катушкасындағы магнит өрісінің индукциясы $B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Т}$. Катушкаға болат өзек салынған кездегі индукция $B = 1,2 \text{ Т}$ дейін өсті, осы шарттардағы болаттың магниттік қабылдағыштығын тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Т}$ $B = 1,2 \text{ Т}$	$B = \mu B_0$ $\mu = B/B_0$	$\mu = \frac{1,2 \text{ Т}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ Т}} = 6000$
$\mu = ?$		Жауап: $\mu = 6000$

4. Өзексіз катушканың ішіндегі магнит өрісінің индукциясы $B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Т}$ тең. Егер катушка ішіне никель өзегі енетін болса, өзекте магнит өрісінің индукциясын және өзек қимасы $S = 10 \text{ см}^2$ арқылы өтетін магниттік индукция ағынын тап.

Берілген:	Формула:	Есептеу:
$B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Т}$ $\mu = 800$ $S = 10 \text{ см}^2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$	$B = \mu B_0$ $\Phi = BS$	$B = 800 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ Т} = 16 \cdot 10^{-2} \text{ Т}$ $\Phi = 16 \cdot 10^{-2} \text{ Т} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 16 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$
$B = ? \Phi = ?$		Жауап: $B = 16 \cdot 10^{-2} \text{ Т}; \Phi = 16 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}$



44-жаттығу



1. Ұзындығы 60 см және көлденең қимасының ауданы 4 cm^2 соленоидтың индуктивтілігі $4 \cdot 10^{-7} \text{ H}$ тең. Соленоид ішіндегі магнит өрісінің энергия тығыздығы $2 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^3$ болуы үшін соленоид арқылы өтетін ток қандай болуы керек?

2. Екі бірдей болат сырық, олардың біреуі магниттелген. Осы щеткалардан басқа ештеңені қолданбай, қайсысының магниттелгенін қалай анықтауға болады?

3. Ток күші 10 А болғанда соленоидта 0,5 Wb магнит ағыны пайда болады. Осы соленоидтың магнит өрісінің энергиясын тап.

4. Ток соленоидының өзегі никельден жасалған, оның көлденең қимасының ауданы 20 cm^2 , магнит ағыны $1,256 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$. Егер соленоид ішіндегі біркелкі магнит өрісінің индукциясы 31,4 мТ-ға тең болса, осы шарттардағы никельдің магниттік өткізгіштігін тап.

5. Металл корпусының ішіндегі өріс индукциясы 5 Т, ал сыртқы магнит өрісі индукциясы 2,5 мТ. Металдың магниттік өткізгіштігін тап.

6. Өзегі жоқ катушкадағы магнит өрісінің индукциясы 25 мТ-ға тең. Егер катушкаға магниттік өткізгіштігі 60 ферромагниттік өзек енгізілсе, катушкадағы магнит өрісінің индукциясы қандай болады?

7. Ұзындығы 0,4 м, көлденең қимасының ауданы 2 cm^2 және орамдарының саны 25 1/см ұзындық бірлігіне тең ядросыз соленоидты катушка арқылы 0,8 А ток өтеді, магниттік энергияны тап.

8. Катушкадан 3 А ток өткенде оның магнит өрісінің энергиясы 60 мJ-ге тең болса, катушканың индуктивтілігі қандай болады?

9. Ұзындығы 40 см, көлденең қимасының ауданы 4 cm^2 және орамаларының саны 800-ге тең катушканың индуктивтілігін тап. Орамның өзегі материалының магниттік жұтуы 500-ге тең.

10. Егер никельдің белгілі бір көлденең қимасынан өтетін магнит ағыны магниттік өткізгіштігі 634 болаттың дәл сол қимасынан өтетін магнит ағынынан 2 есе аз екені белгілі болса, никельдің магниттік өткізгіштігін тап.



VII-ТАРАУ. МАГНИТ ӨРІСІ

VII ТАРАУДЫ ҚОРЫТЫНДЫЛАУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН
СҰРАҚТАР МЕН ТАПСЫРМАЛАР

1. Аккумуляторлардың батареясына екі тізбек параллель қосылған. Олардың бірінде қыздыру шамы, ал екіншісінде үлкен электромагнит бар. Екі тізбектегі токтың шамасы бірдей. Қай тізбек үзілгенде күштірек ұшқын шығарады? Неліктен?

2. Тегіс әйнек бетінде жатқан текше тәрізді темір кесек шыны бетінде жатқан магнитке тартылып, шыны беті бойымен қозғалады. Ол қандай қозғалыста: бірқалыпты қозғалыс, үдетілген қозғалыс немесе бірқалыпты үдетілген қозғалыс? Жауабыңды түсіндір

3. Ток қай орта арқылы өткенде электр тогының магниттік әсері байқалды?

4. Өткізгіш арқылы тұрақты ток өткенде оның айналасында қандай өріс пайда болады?

5. Біртекті магнит өрісінде орналасқан бетінің ауданы $0,05 \text{ m}^2$ ток жақтауынан 2 A ток өтеді. Ең үлкен айналу моменті $40 \text{ mN}\cdot\text{m}$ болса, өрістің индукциясы неге тең?

6. Электрондар мен протондар магнит өрісінің индукция сызықтарына тік бағытта ұшады. Протонның массасы электронның массасынан 1800 есе артық. Бөлшектердің қайсысына Лоренц күші әсер етеді?

7. Контурды кесіп өтетін магнит ағыны $0,4 \text{ s}$ ішінде 5 Wb -тан 13 Wb -қа дейін бірқалыпты өзгерді. Тізбекте пайда болған ЭҚК индукциясын тап.

8. Магнит ағынының $0,15 \text{ Wb/s}$ өзгеру жылдамдығында катушкада 120 V ЭҚК пайда болса, орамдағы орамалардың саны қанша болды?

9. Ток күші $0,6 \text{ A}$ болғанда индуктивтілігі 80 mH катушкада қандай магнит ағыны пайда болады?

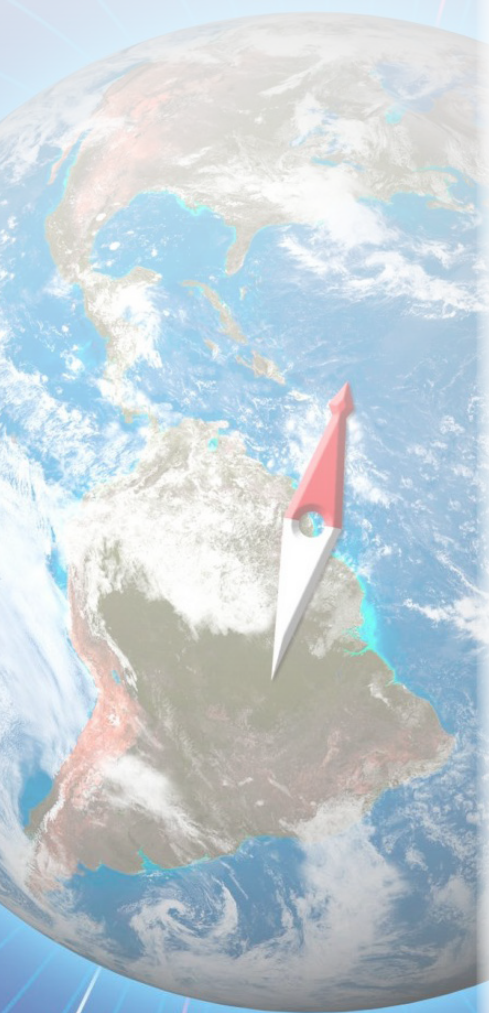
10. Индуктивтілігі 2 H катушкадағы өзіндік индукция ЭҚК мәні $3,6 \text{ V}$ болуы үшін катушка арқылы өтетін токтың өзгеру жылдамдығы қандай болуы керек?

11. Ток орамындағы магнит өрісінің индукциясы 20 mT -ға тең. Катушкаға ферромагниттік өзек енгізілгенде, онда пайда болған магнит өрісінің индукциясы 180 mT -ға артады, катушкаға енгізілген ядроның магниттік жұтуы қандай?

12. Радиусы 2 cm катушка арқылы 3 A ток өтеді. Егер катушкаға магниттік өткізгіштігі 20 ферромагниттік өзек енгізілсе, катушка ішіндегі магнит өрісінің индукциясы қандай болады? Катушканың ұзындығы 20 cm , Орамдардың саны – 150 .

13. Соленоид арқылы $2,5 \text{ A}$ ток өтіп, онда $0,8 \text{ mWb}$ магнит ағыны пайда болғанда магнит өрісінің энергиясын анықта.

14. Индуктивтілігі 5 mH катушка арқылы $0,4 \text{ A}$ ток өтеді. Магнит өрісінің энергиясын тап.



ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

1-жаттығу. 1. 100 N, бірінші топ қа қарай бағытталған, себебі үлкен күш бағытында болады. 2. 90° бұрыш астында. 3. $0,4 \text{ m/s}^2$; $0,3 \text{ m/s}^2$; 4. F_4 жағына

2-жаттығу. 1. 4 есе артады. 2. 4 есе артады. 3. 3 метрге тең. 4. 1135,8 N; 5. 6 kN; 4 есе артады.

3-жаттығу. 1. 8 N F_2 бағытында. 2. 1 kg; 3. а) 250 N; б) 1000 N; 4. $0,25 \text{ m/s}^2$; $0,2 \text{ m/s}^2$; 5. $26,2 \text{ km/s}$; 6. 16 km/s ; 7. 8 есе азаяды; 8. 9 km/s ; 9. 4 km/s .

4-жаттығу. 1. 1,3 t; 2. 4,2 kN; 3. 720 N; 4. 663 N; 5. 4,5 N.

5-жаттығу. 1. 2 m/s^2 , 2,4 N; 2. 0,981 m; 3. 1,105.

6-жаттығу. 1. 306,25 kg; 2. $\approx 15,8 \text{ m/s}$; 3. 600 N, 300 N; 4. $2,4525 \text{ m/s}^2$; 5. $g/3$; 6. $3,27 \text{ m/s}^2$; 7. 3 m/s ; 8. 46400 N; 9. 950 N.

7-жаттығу. 1. 220 N; 20 N; 2. 1287 N; 3. $m = 3,9 \text{ kg}$.

8-жаттығу. 1. 16 J; 2. 83,3%; 3. 62,5%; 4. $N = 50 \text{ W}$.

9-жаттығу. 1. 2,37 m; 2. 7,6 m; 1,5 s; 3. 495 m; $7,9 \text{ m/s}^2$; 4. 26 kW; 5. $\approx 67\%$; 6. $\mu = \tan \alpha$; 7. 88,2%; 8. $442,8 \cdot 10^5 \text{ J}$; 9. 12152 J; 65,8%.

10-жаттығу. 1. 360 N; 2. 600 N; 3. Әр қандай қарапайым механизмде жұмысты жеңу мүмкін емес. 4. 500 N; 5. 10 cm, 30 cm.

11-жаттығу. 1. 1, 5, 3 көрсеткіштер дененің масса центрінен өтуі мүмкін. 2. 2 N; 3. 2 kg; 4. 0,75 m; 5. d_1 ; 6. $l_1 = 60 \text{ cm}$; $l_2 = 20 \text{ cm}$ үлкен жүктен 20 cm әріде болады. 7. 1200 N.

12-жаттығу. 1. 0,2 m; 8 s; 0,2 m; 2. 40 cm; 3. 0,06 m; 50 Hz; 0,02 s; 4. 0,2 m; π ; $\pi/2$;

13-жаттығу. 1. 4 есе азаяды; 2. 0,25 Hz; 3. 0,314 s; 4. 1,2 π .

14-жаттығу. 1. 3 s; 2. 2 m; 3. 0,5 m/s; 4. 0,5 m;

15-жаттығу. 1. 1,2 km; 2. Өзгермейді; 3. 1,6 s.

16-жаттығу. 1. 4 kg; 2. $l_2 = 9 l_1$; 3. 1 m; 4. 0,06 m; 0,67 s; 1,5 Hz; 5. 20 Hz; 6. 5100 m; 7. 0,4 s; 8. 450 m; 9. Төреші секундомерді тапаншаның аузынан шыққан ұшқынды көргенде қосу керек, себебі дыбыс келуін күтсе, уақыт өтіп кетеді. Дыбыстың таралу жылдамдығы жарықтың таралу жылдамдығынан көп есе кіші. 10. 1500 m/s.

17-жаттығу. 1. 250 kPa; 2. 2,8 есе азаяды; 3. $p_1 > p_2 > p_3$; 4. 1,13 m/g

18-жаттығу. 1. 5 m/s; 2. 0,5 m/s; 3. 1,21 есе артады; 4. 0,45 m/s; 5. 4,5 m/s; 6. 40 kN; 8. 1382,4 kg; 9. 10 m/s.

19-жаттығу. 1. K (-); L (-). 2. 187,5 nN. 3. $\sqrt{3kq/4d^2}$; 4. 4-бағытымен төменге; 5. 0.

20-жаттығу. 1. 180 V/m. 2. 4,2 есе азаяды. 3. $E_1 \neq 0$, $E_2 = 0$. 4. $E = \sigma/(9\epsilon)$. 5. $E_{орта} = (4\sqrt{3kq})/5a^2$.

21-жаттығу. 1. Екеуі де теріс. 2. 1,6 cm; 3. $9 \cdot 10^{-7} \text{ C}$; 4. 91 V/m; 5. Оңға.

22-жаттығу. 1. 50,4 kV/m. 2. 0. 3. 50 V/m. 4. 3750 V/m. 5. $\alpha = 60^\circ$

23-жаттығу. 1. $43,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; 2. $v_2 = \sqrt{4,12 \cdot 10^{-2}} \text{ m/s}$. 3. $2 \cdot 10^9$. 4. $12 \cdot 10^{-7} \text{ J}$. 5. 1,8 mm.

24-жаттығу. 1. 10^{-16} J ; 2. $2,125 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$. 3. 36 cm. 4. 400 V.

25-жаттығу. 1. 22,5 kV/m. 2. 2,1 cm. 3. 2,275 kV. 4. 5,9 nF. 5. 711,1 μF .

26-жаттығу. 1. $1 \cdot 10^{14}$. 2. 3 kV/m. 3. 0,1 A. 4. $3 \cdot 10^{20}$. 5. 6000 C.

27-жаттығу. 1. 1,8 Ω . 2. 14 V. 3. 1 Ω . 4. 4 V. 5. 5 A

28-жаттығу. 1. 30 A. 2. $64 \cdot 10^{14} \text{ A/m}^2$. 3. 1,197 V. 4. 1 A; 0,8 A; 0,2 A; 1 A; 1,2 V; 0,8 V; 0,8 V; 1 V. 5. 0,15 A. 6. 4 A; 7. 10 V; 8. 10 A; 9. 12 V; 10. 8 V; 11. $1,28 \text{ A/m}^2$; 12. $1,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

29-жаттығу. 1. $0,2^\circ \text{C}$. 2. 1,3 рет. 3. 20,2 Ω . 4. $181,8^\circ \text{C}$; 5. 250°C .

- 30-жамттығу. 1. 1400 °C; 2. 24 °C; 3. 25,4 mA; 4. 12·9% ға артады; 5. 71,8 °C; 6. 2517 °C;
7. $4,4 \cdot 10^{\circ} \text{C}^{-1}$; 8. 500 °C.
- 31-жамттығу. 1. 4 есе артады. 2. 33 mg. 3. 29412 C. 4. 0,1 mm. 5. 18 g.
- 32-жамттығу. 1. 9,26 mA. 2. 4,032 kg. 3. 182 cm^2 . 4. 5,47 g. 5. $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ kg/C}$. 6. 4,125 mg.
- 33-жамттығу. 1. 15,6 V. 2. 20 kA; 40 TW; 200 GJ. 3. 1,2 ms. 4. 6,4 mA.
- 34-жамттығу. 1. $28 \cdot 10^{-6} \text{ T}$. 2. 14 A. 3. 5 mT. 4. $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.
- 35-жамттығу. 1. 0,8 T. 2. $4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. 3. 17°. 4. 15 A.
- 36-жамттығу. 1. 1 N. 2. $0,125 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. 3. 20 A.
- 37-жамттығу. 1. $6,25 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$. 2. 0,2 T. 3. 5 W. 4. 2 J; 0,2 W. 5. 4,8 mJ.
- 38-жамттығу. 1. 10,6 cm. 2. 32,3 cm. 3. $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. 4. $7 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2$. 5. 0,32 pN.
- 39-жамттығу. 1. $12,56 \cdot 10^{-6} \text{ T}$. 2. 0,3, 12 mJ. 4. 60°. 5. 0,01 T. 6. 6,4 pN. 7. $1,6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.
8. 52,2 cm. 9. 1,78 T.
- 40-жамттығу. 1. 50 V. 2. 0,5 s; 0,5 A. 3. 200 V. 4. 0,06 Wb/s. 5. 1 mV.
- 41-жамттығу. 1. 1,6 T. 2. 1 H. 3. 50 A/s. 4. 40V. 5. 2 A.
- 42-жамттығу. 1. 0,71 mH; 1,42 mWb. 2. 380. 3. 1 H. 4. 1250 V; 5. 10 mH. 6. 0,8 Wb. 7. 50.
8. 3 m^2 . 9. 0,5 T. 10. 5 A.
- 43-жамттығу. 1. 1 H. 2. 2 A. 3. 1 A. 4. 2; 0,92. 5. 1,75 есе артады.
- 44-жамттығу. 1. 1,55 A. 3. 2,5 J. 4. 5. 5. 2000. 6. 1,5 T. 7. 0,2 mJ. 8. 13,3 mH. 9. 0,4 H.
10. 317.

I ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

1. 2 N тең әсерлі бола алмайды. 2. Жер бетінен R қашықтықта. 3. 10 cm; 90 cm;
4. $16,5 \cdot 10^2$ m/s; 5. 1 s; 6. $m g \sin \alpha$; 7. $\tan \alpha$; 8. 10; 9. 360 N; 440 N; 10. 5 kN.

II ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

1. 16 cm; 0; 2. 0,5 Hz; 2 s; 3. $T_2 = 2T_1$; 4. $2,5T_1$; 5. $x = 0,1 \sin 4\pi t$; 6. 6,28 s; 0,05 m;
7. $x = 0,001 \sin 20\pi t$; 8. 80 cm; 9. 10 cm; 10. 18 m; 11. 2,4 m/s;

III ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

1. 5; 2. 8 m/s; 3. $1 \cdot 10^{-3}$ m²; 4. 720 kg; 6. $S_2/S_1 = 1/5,6$ аз болады. 7. $\rho v^2/2$ сұйықтық
ағысының гидродинамикалық қысымы. 8. 1,4 cm; 9. 3 l.

IV ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

1. $C_2 = 81C_1$; 2. 30 cm; 3. 3600 V/m. 4. 50 nC. 5. 150 V. 6. -30 kV. 7. 243 nJ. 8. 1500 V/m.
9. 120 V. 10. 6 mJ; 11. 1 kV; 12. $159,3 \mu\text{m}^3$. 13. $4,8 \cdot 10^{15}$ m/s². 14. Центрден 3 cm-дегі 0
ге-тең; бетінен 4 cm-де болса 21,6 kV/m.

V ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

1. 4 mN; 2. 26,7 kV/m; 3. 13,5 kV; 4. 50 μC ; 5. 1,9 Ω ; 6. $r = 4 \Omega$, $R = 6 \Omega$; 7. 3 Ω , 40 V.
8. 50 m Ω , 1,43 V; 9. $r_2/r_1 = 1,5$; 10. 21 A, 1,8 V. 11. 6 mJ; 12. 4 μF ; 13. 1 kV; 14. $159,3 \mu\text{J/m}^3$.

VI ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

1. 3 Ω . 2. 5,26 mg. 3. 1224 g. 4. 12 g. 5. 1 A. 6. 20 C. 7. $3,92 \cdot 10^{-18}$ J. 8. $2,26 \cdot 10^6$ m/s.
9. 13,88 V. 10. 3 есе артқан.

VII ТАРАУҒА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗІНДІК ШЕШУҒЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

5. 0,4 T. 6. Лоренц күші массаға байланысты емес. 7. 20 V. 8. 800. 9. 48 mWb.
10. 1,8 A/s. 11. 9. 12. 56,5 mT. 13. 1 mJ. 14. 0,4 mJ.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР

1. Турдиев Н.Ш., Fizika, 10-sinf darsligi. – Toshkent: Niso Poligraf, 2017. – 176 b.
2. Улмасова М.Х., Fizika, 1-kitob. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent: O'qituvchi, 2004. – 432 b.
3. Улмасова М.Х., Fizika, 2-kitob. Elektrodinamika asoslari, tebranishlar va to'lqinlar. Toshkent: O'qituvchi, 2010. – 360 b.
4. Шодиев Д.Ш., Shaxmayev N. M., Fizika, 7-sinf uchun o'quv qo'llanma. Toshkent: Abu Ali ibn Sino nomidagi tibbiyot nashriyoti, 2004. – 160 b.
5. Оплачко Т. М., Турсунметов К.А., Физика, часть I. Механика, молекулярная физика, термодинамика. – Т.: Чулпан, 2012. – 208 с.
6. Оплачко Т. М., Турсунметов К.А., Физика, часть II. Электродинамика, оптика, атомная физика. – Т.: Ilm ziyo, 2009. – 328 с.
7. Исмоилов М., Юнусов М.С., Elementar fizika kursi. – Toshkent: O'qituvchi, 1990. – 488 b.
8. Ахмаджонов О.И., Бекжонов Р.Б., Камалхужаев Ш.М., Ризаев.Х.А., Fizika. – Toshkent: O'qituvchi, 1992. – 368 b.
9. Турсунметов К.А., Узоқов А. А., Бурибоев И., Худойбергганов А. М. Fizikadan masalalar to'plami. Toshkent: O'qituvchi, 2003.– 272 b.
10. Римкевич А. П. Fizikadan masalalar to'plami. –Toshkent: O'qituvchi, 1990.

O'quv nashri

FIZIKA

Umumiy o'rta ta'lim maktablarining 10-sinfi uchun darslik
(Qozoq tilida)

*Аудармашы Балжан Рзахметова
Редактор Айдын Тәжібаева
Көркем редактор Сарвар Фармонов
Техникалық редактор Акмал Сулайманов
Суретші Зайналобиддин Абдулвахидов
Дизайнер Акбарали Мамасолиев
Корректор Дилнура Байдиллаева
Бет редакторы Рустам Исоқулов*

.???2022 жылы шығарылды. Өлшемі 60x84 1/8. «Кембриа» гарнитурасы.

Кегли 12. Офсеттік баспа.

Офсетті басып шығару. Кәдімгі баспа табақ 22.32.

Баспа шотының 17.94.

Саны ____ дана. Тапсырыс №

Жалға берілетін оқулықтардың жай-күйін көрсететін кесте

№	Оқушының аты-жөні	Оқу жылы	Оқулықтың алғандағы күйі	Сынып жетекшісінің қолы	Оқулықтың тапсырылғандағы күйі	Сынып жетекшісінің қолы
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Оқулық жалға берілген және оқу жылының соңында қайтарылған кезде жоғарыда көрсетілген кестені сынып жетекшілері келесі бағалау критерийлері бойынша толтырады:

Жаңа	Оқулықтың алғаш пайдалануға берілгендегі күйі.
Жақсы	Мұқаба тұтас, оқулықтың негізгі бөлімінен ажыралмаған. Барлық парақтары бар, жыртылмаған, қозғалмаған, беттерінде жазулар мен сызықтар жоқ.
Орташа	Мұқабасы жаншылған, аздап сызылған, шеттері тозған, оқулықтың негізгі бөлігінен алшақтығы бар, бірақ пайдаланушы тарапынан қанағаттанарлық жөндеуден өткен. Түсіп қалған беттері қайта тігілмеген, кейбір беттер сызылған.
Нашар	Мұқабасы жыртылған, сызылған, шанақтан ажыратылған немесе толығымен жоқ немесе қанағаттанарлықсыз жөнделген. Беттері жыртылған, беттері жоқ, сызылған, боялған. Оқулықты қалпына келтіру мүмкін емес.