

П. ХАБИБУЛЛАЕВ,

А. БАЙДЕДАЕВ,

А. БАХРАМОВ

# ФИЗИКА

Жалпы орта білім беретін мектептердің  
7-сыныбына арналған оқулық

## МЕХАНИКА

*Түзетілген және толықтырылған  
үшінші басылымы*

Өзбекстан Республикасы Халыққа білім  
беру министрлігі бекіткен

“O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi”  
Мемлекеттік ғылыми баспасы

Ташкент — 2013

УЎК: 53=512.122

223

XI2

Жауапты редактор:

К.Турсунметов — физика-математика ғылымдарының докторы, Өзбекстан Ұлттық университетінің профессоры.

Пікір жазғандар:

Х.Махмудова — Ташкент мемлекеттік педагогикалық университетінің “Физика және оны оқыту әдістемесі” кафедрасының меңгерушісі, педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент;

З.Сангирова — Республикалық білім орталығы Табиғи және нақты пәндер бөлімінің бас әдіскері;

А.Рустамов — Ферғана облысының Ферғана ауданындағы 54-мектептің физика оқытушысы;

Ж.Рахматов — Ташкент қаласының Яккасарай ауданындағы 48-мектептің физика оқытушысы.

### Шартты белгілер:



— анықтамалар мен қорытындыларды жатта;



— формуланы есте сақта;



— тірек ұғымдар;



— сұрақтар мен тапсырмалар;



— ескерту;



— жаттығудың реттік нөмірі.

**Республикалық мақсатты кітап қорының қаржысы есебінен  
жалға беру үшін басылды.**

ISBN 978-9943-07-228-2

© «O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»  
Мемлекеттік ғылыми баспасы, 2005, 2009, 2013.

## КІРІСПЕ

### Механика нені зерттейді?

Сендер 6-сыныпта физикалық шамалар, заттың құрылысы, механикалық, жылу, жарық, дыбыс құбылыстары жайлы алғашқы мағлұматтар алдыңдар. Сөйтіп физика туралы алғашқы түсінікке ие болдыңдар.

Физиканың әр бөлімін соның ішінде, 7-сыныпта “Механика” бөлімін толық үйренесіңдер.

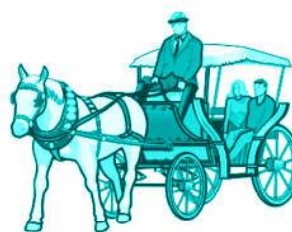
“Механика” сөзі қайдан шыққан? Физиканың механика бөлімінде біз нені үйренеміз?

Адам ерте замандарда-ақ өзінің қажеті үшін үй құрған, аң аулаған, кейіннен жер жыртып, диқаншылықпен айналысқан. Адамдар бұл сияқты жұмыстарда ең қарапайым машиналарды, яғни рычаг, көлбеу жазықтық, сына, дөңгелек сияқты жай механизмдерді пайдаланған.

Әрамыздан бұрынғы V ғасырда Афина армиясы дуал тесетін машиналар — тарандар, тас лақтыратын қондырғыларды қолданған.

Уақыт өтуімен адамдар одан да күрделі қондырғыларды — көпірлер мен тоғандарды құрды, түрлі қолөнер бұйымдарын жасады, қарапайым қайықтан кеме жасауға дейін, жай арбалардан күрделі механизмдерді, велосипед, автомобиль, ракеталарды жасауға дейін қол жеткізді (1-сурет).

Әртүрлі машиналардың жасалуы оларға деген сұраныстың артуы жаңа білімдерді игеру-



**1-сурет.** Механикалық қондырғылар заман өткен сайын дамып отырған.

ді талап етті, соны тәжірибелерді меңгеруге қажеттілік туындады. Сөйтіп, “Механика” ғылымы қалыптасты.



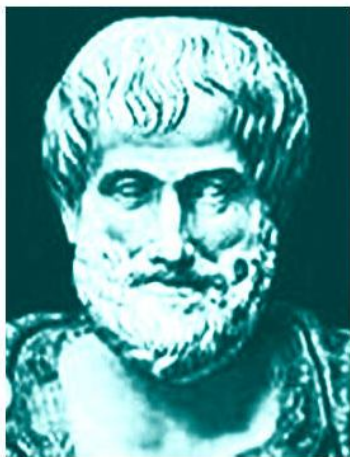
**“Механика” грек сөзі, ол “машина жайлы ілім” деген мағынаны білдіреді.**

Қазір механика қондырғы және машиналарды жасауды ғана емес, сонымен қатар денелердің өзара әсерін, сол әсерлесу нәтижесіндегі қозғалысын да зерттейді.



**“Механика” денелер мен олардың өзара әсерлесуіндегі қозғалыстарды зерттейді.**

### Механика тарихынан мағлұматтар



Аристотель

Грек ғалымы *Аристотель* (э.д. 384–322) “Физика” кітабында алғаш рет “механика” деген сөзді қолданды әрі ғылымға енгізді. Бұл кітабында Аристотель сол кездегі механика жайлы белгілі болған мағлұматтарды жинақтап, ретке келтірді.

Тағы бір грек ғалымы *Архимед* (э.д. 287–212) алғашқылардың біреуі болып механикалық құбылыстарды талдау үшін математиканы қолданды. Ол рычагтың жұмыс істеу принципі, денелердің жүзу шарттарын математика арқылы түсіндіріп берді.

Орта ғасырларда Орталық Азияда механиканың дамуында жаңа басқыш басталды. Бұл кездегі механиканың дамуына отандастарымыз үлкен үлес қосты.

Хорезмнің ежелгі астанасы Кат қаласында (қазіргі Беруни ауданында) туылған *Әбу Райхан Беруни* (973–1048) Жердің тартылыс күшін, денелердің еркін түсуі, ауырлық, жай механизмдер, энергия және оның бір түрден екінші түрге айналуы туралы жазған. Жердің денелерді тартуы туралы былай деген: “Жер шар формасында болғандықтан денелердің ауырлығы барлық жағынан Жердің центріне қарай



Архимед

тартылады”. Беруни теңіз бен мұхит суының беті сфера формасында болуына да денелердің Жерге тартылуы себепші екенін жазған. Жердің ішкі қозғалысы, яғни оның құрамындағы заттардың табиғи орнына ұмтылуына да денелердің Жер центріне тартылуы себепші екенін, соның нәтижесінде жер бетінде түрлі қозғалыстар болатынын түсіндіріп берген.

Беруни Жердің радиусын, шеңбер ұзындығын, деңгейі мен көлемін өзіне тән тәсілмен өлшеумен бірге глобусты да жасаған. Ол Америка материгін теориялық тұрғыдан ашқан, Жердің өз өсінің бойымен және Күннің айналасында айналатыны жайлы да айтқан.

Берунидің замандасы, Бұхараның Афшона қыстағында туылған *Әбу Али ибн Сина* (980–1037) механикалық қозғалыс, қозғалыстың салыстырмалылығы, денелердің өзара әсері, айналма қозғалыс, центрге тартылу күші, сызықты жылдамдық, атмосфералық қысым туралы бағалы мағлұматтар қалдырған.

Әбу Али ибн Сина күштің әсерімен денелердің қозғалуын, онда олардың массалары қанша үлкен болса, олардың қозғалысына соншама үлкен күш қажет екенін, бірдей күш әсер еткенде түрлі бірліктегі денелердің алған жылдамдығы әр түрлі болатынын айтып берген. Ол былай деген: “Екі шар ал. Олардың бірліктері әр түрлі, себеп бірдей болғанда салдары әр түрлі болады. Үлкен шар екіншісінен неше есе үлкен болса, салдары сонша есе кіші болады”. Мұнда Ибн Сина “себеп” деп қазіргі заманғы “күш” ұғымын, “салдар” деп “жылдамдық” ұғымын айтқан.

Ибн Сина денелердің Жерге тартылуын түсіндіргенде мынадай мысал келтіреді: “Егер біреу сөренің астындағы тіреуді тартып алса, ол сөрені құлатты, дейді. Шындығында ол сөрені құлатпады, сөре өзіне тән ауырлықтың әсерімен құлайды. Тіреу оның құлауына жол бермей тұрған еді. Тіреуді оның астынан тартып алысымен ауырлық өз ісін істейді”.



Әбу Райхан Беруни



Әбу Али ибн Сина

Арадан жеті ғасыр өткенде Ньютон Бүкіләлемдік тартылыс заңын ашуы Ибн Синаның пікірін дәлелдеді. Ньютон да алманың жерге үзіліп түсуіне оның жерге тартылуы себеп болғанын айтқан.

XVII ғасырда итальян ғалымы *Галилео Галилей* (1564–1642) инерция, денелердің жерге түсуі, маятниктің тербелу заңын ашты.

Ағылшын ғалымы *Исаак Ньютон* (1643–1727) Галилейдің іліміне, сол кезге дейін өмір сүріп, еңбектенген ғалымдардың механика саласындағы жұмыстарына, сонымен қатар өзінің бақылау және тексерулеріне негіздеп, механикалық қозғалыс және денелердің өзара әсерлесуі жайлы заңдарды ашты.

---



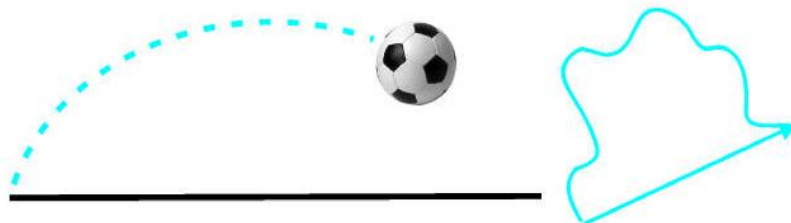
1. “Механика” деген қандай мағына береді?
2. Механика ғылымы қалай қалыптасқан? Аристотель мен Архимедтің қызметі неден құралған еді?
3. Механиканың дамуына үлес қосқан Орталық Азия ғұламаларының еңбегі жайлы әңгімеле.
4. Галилей мен Ньютонның ашқан жаңалықтары жайлы не білесің?
5. Механиканың дамуына үлес қосқан тағы қандай ғалымдарды білесің?

# КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ

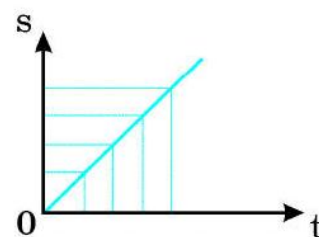
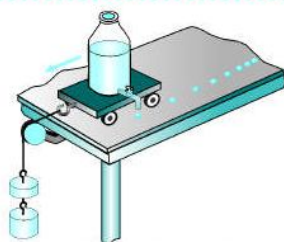
Физиканың механика бөлімін үйренуді кинематика негіздерінен бастаймыз. Кинематика механиканың денелер қозғалысын олардың массалары мен әсер ететін күштерді есепке алмай үйренетін бөлімі. “Кинематика” грекше *kinematos* дегені, яғни *қозғалыс дегені*.

Сендер кинематиканы үйренуді бастау үшін қажетті түсініктер (материялық нүкте, санақ жүйесі (траектория) және шамалар (жол, орын ауыстыру, жылдамдық, үдеу) туралы жалпы білім аласыңдар. Денелердің қозғалысы қалай зерттелетінін, кинематикаға қатысты есептер қалай шешілетінін біліп аласыңдар. Бұл бөлімде келтірілген мағлұматтар механиканың кейінгі бөлімдерінде пайдаланылады.

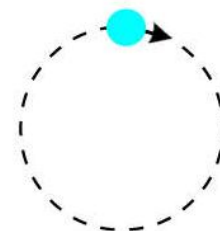
## I тарау ҚОЗҒАЛЫС ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МАҒЛҰМАТТАР



## II тарау ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ ҚОЗҒАЛЫС



## III тарау АЙНАЛМАЛЫ ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫС





## I тарау ҚОЗҒАЛЫС ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МАҒЛҰМАТТАР

### § 1. ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

#### Механикалық қозғалыс



2-сурет. Денелердің  
механикалық қозғалысы.

Айналамыздағы денелердің қозғалысын бақылағансың. Көшеде адамдар мен машиналардың жүруі, самолёт пен құстардың аспанда ұшуы, балық пен акуланың суда жүзуі (2-сурет), Айдың Жер айналасында, Жердің Күннің айналасында қозғалуы сияқтылар денелердің қозғалысына мысал болады.

Дененің қозғалысы белгілі заң-ережелерге мойынсұнады. Мысалы, ғалымдар Ай мен Күннің қозғалысын зерттеп, олар он жыл, тіпті, жүз жыл және онан да көп уақытта кеңістіктің қай жерінде болатынын, Ай мен Күннің қашан тұтылатынын айтып бере алады.

Кез келген дененің қозғалысы басқа денеге салыстырмалы болады. Мысалы, автомобиль көшеде тыныш тұрған ағаштар мен үйлерге салыстырғанда, өзен суы жағалауға салыстырғанда, көктегі самолёт Жердегі ғимараттарға, аспандағы бұлттарға салыстырмалы қозғалыста болады.

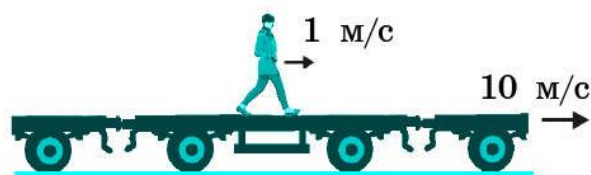


**Денелердің кеңістіктегі орнының уақыт өтуімен басқа денелерге салыстырмалы өзгеруін *механикалық қозғалыс* дейді.**

## Қозғалыстың салыстырмалылығы

Әдетте дененің жағдайы жермен салыстырғанда өзгермесе, оны тыныш тұр дейміз. Үстел үстіндегі кітап, бөлмедегі үстел-орындықтар, үйлер, жол шетінде тұрған машина тыныш тұрған сияқты.

10 м/с жылдамдықпен кетіп бара жатқан платформаның үстіндегі адам платформа бағытында 1 м/с жылдамдықпен жүрген болсын (3-сурет). Мұнда адам Жерге салыстырғанда 1 м/с жылдамдықпен, 11 м/с жылдамдықпен қозғалады. Демек, дененің қозғалысын оқығанда оның қозғалысы неге салыстырмалы қаралып жатқаны өте маңызды.



**3-сурет.** Платформаның үстіндегі адамның қозғалысы салыстырмалы.



**Барлық денелердің қозғалысы салыстырмалы, олардың біз бақылаған тыныштығы да салыстырмалы.**

## Санақ денесі

Санақ денесі қозғалыстың салыстырмалылығын есепке алу үшін “санақ денесі” түсінігі енгізілген. Мысалы, адам және автомобильдің қозғалысы немесе тыныш тұруы Жерге салыстырмалы түрде қарастырылады. Ондай жағдайларда Жер — санақ денесі. Егер Жердің Күннің айналасындағы қозғалысын қарастыратын болсақ, Күн санақ денесі болады.



**Дененің қозғалысы немесе тыныш тұруы қайсы денеге қатысты бақыланатын болса, сол дене санақ денесі деп аталады.**

3-суреттегі адамның қозғалысында платформа санақ денесі деп алынса, адамның жылдамдығы 1 м/с болады. Санақ денесі етіп Жер алынса оның жылдамдығы 11 м/с болады.

Жолда кетіп бара жатқан автомобиль, пойыз, тағы басқалардың қозғалысында санақ денесі ретінде Жер шарының орнына оның сыртында қозғалмайтын жағдайда орналасқан ғимарат, ағаш секілділерді алуға болады. Мысалы, автомобильдің қозғалысы жол жағасындағы ағаштарға қарағанда бақыланатын болса, сол сәтте ағашты санақ денесі деп алу мүмкін.

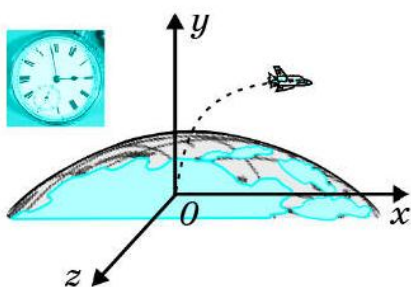
## Санақ жүйесі

Денелердің қозғалысын толық зерттегенде санақ денесінен тыс, координаталар жүйесі мен уақытты өлшейтін аспап та пайдаланылады. Координаталар жүйесі не екенін 6-сыныпта математика сабағында біліп алғансындар.

Бір дененің қозғалысын үйренгенде координаталар жүйесі санақ денесіне жылжымайтындай біріктіріледі. Бақылау уақытының басталуында қозғалыстағы дененің жағдайы координаталар басында болады деп қабылданған. Мұнда уақыт өтуімен дененің координаталар басынан алыстаған қашықтығы өлшенеді.



**Санақ денесі, оған біріктірілген координаталар жүйесі және уақытты өлшейтін аспап бірге санақ жүйесін құрайды.**



**4-сурет.** Жер шары, координаталар жүйесі және сағаттан құралған санақ жүйесі.

Егер ракетаның Жерден көтерілуі қарастырылатын болса, санақ жүйесін Жер шары, координаталар жүйесі және сағат құрайды (4-сурет). Мұнда Жер шары — санақ денесі, ракета көтерілген жер — координата басы, сағат — уақытты өлшейтін аспап.

Мысалы, “Ласетти” автомобилі үйден шығып 10 минутта 8 км алыстады. Онда “Ласетти” үйде де, жолда да оның тыныш тұрған жағдайы (үйде тұрғанда) немесе (жолда кетіп бара жатқанда) Жерге салыстырмалы болады. “Ласетти” үшін Жер жылжымайтын санақ денесі саналады. Жүргізуші сағат пен спидометрдің көмегімен 10 минутта немесе кез келген уақытта қанша жол жүргенін анықтауы мүмкін. Мұнда үй — координата басы, басып өткен 8 км — координата басына салыстырғанда басып өткен жол. Демек, бақыланып жатқан “Ласеттидің” қозғалысында Жер — санақ денесі, үй — координата басы, жүргізушідегі сағат — уақытты өлшейтін аспап. Олар бірге санақ жүйесін құрайды.



**Тірек ұғымдар:** механикалық қозғалыс, қозғалыстың салыстырмалылығы, санақ денесі, координаталар жүйесі, санақ жүйесі.

- ❓
1. Механикалық қозғалыс деп қандай қозғалысты айтады? Оған мысал келтір.
  2. Неге денелердің қозғалысы мен тыныш тұруын салыстырмалы дейміз?
  3. Санақ денесі деген не? Оған мысал келтір.
  4. Сен жүріп бара жатқан автобустасың. Бұл жағдай үшін санақ денесін айт.
  5. Санақ жүйесі деп нені айтады? Оны мысалдармен түсіндір.

## § 2. КЕҢІСТІК ЖӘНЕ УАҚЫТ

### Кеңістіктің шекарасыздығы

Бізді қоршаған атмосфера, оның ар жағындағы шексіз бостық кеңістікті құрайды. Кеңістіктің шекарасы бар ма?

Ежелгі Рим ғалымы **Лукреций Кар** (э.д. I ғасырда өмір сүрген) “Нәрселердің табиғаты туралы” кітабында әлемнің екі нәрседен — кеңістіктен және денеден құралғанын, олар өзара тәуелсіз емес, кеңістіктің шекарасыз екені туралы жазған.

Кейін италиялық ғалым **Джордано Бруно** (1548–1600) әлемнің шекарасы жоқ. Жер шарынан басқа осындай өте көп әлемдер бар деп көп айтқан. Осындай ойлары үшін Бруноны дін өкілдері өртеп жіберген.

**Галилей** мен **Ньютон** кеңістікті былайша ойлаған: кеңістік — шексіз, оның барлық бағыттары бірдей, барлық нүктелері бірдей, ішінара материямен толған, ішінара бос.

Әлемнің қаншалықты кең екенін бір ойлап көрші. Біз аспандағы жұлдыздардың 3 000-ын көре аламыз. Жарықтың жылдамдығы секундына 300 000 км. Сондай жылдамдықпен ең жақын жұлдыздың сәулесі 4 жылда жетіп келеді. Сол жұлдызға дейінгі қашықтық  $s$ -ті есептеп көрейік:

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$t = 4 \text{ ж} \approx 126\,230\,400 \text{ с};$ $v = 300\,000 \text{ км/с} =$ $= 300\,000\,000 \text{ м/с}.$	$s = vt.$	$s = 300\,000\,000 \cdot$ $\cdot 126\,230\,400 \text{ м} =$ $= 37\,869\,120\,000\,000\,000 \text{ м} =$ $= 37\,869\,120\,000\,000 \text{ км}.$
<i>Табу керек:</i> $s - ?$		<i>Жауабы:</i> $s = 37\,869\,120\,000\,000 \text{ км}.$

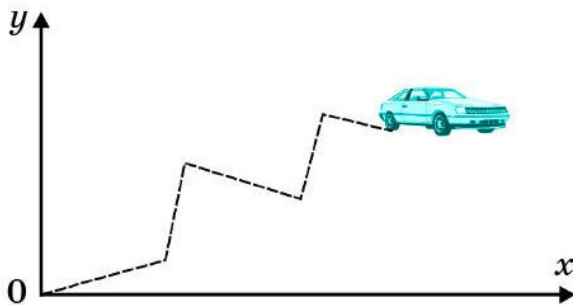
Бұл қандай қашықтық екенін көз алдына келтіру қиын. Бізге көрінетін алыс жұлдыздардың сәулесі бізге 4 жылда емес, мүмкін 100, тіпті 1000 жылдан астам уақытта жетіп келер. Олардың қаншама алыста екенін түсіндіре аласың ба?

Бізге көрінетін жұлдыздардың ар жағында да сансыз көп жұлдыз бар. Кеңістіктегі бір-біріне салыстырмалы түрде алғанда жақын жұлдыздар жүйесі галактиканы құрайды. Ғалымдардың пікірінше, Күн жүйесі орналасқан біздің галактикамызда 150 миллиардтан астам жұлдыз бар. Шексіз кеңістікте миллиардтаған галактика бар.

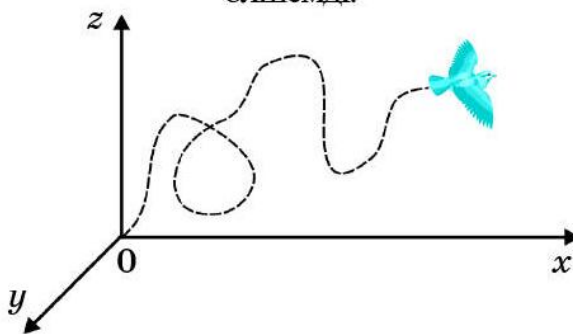
Кеңістіктің шексіздігін көз алдарыңа келтіріп көріңдер. Демек, кеңістіктің шегі жоқ.



**5-сурет.** Пойыздың түзу сызық бойымен қозғалысы бір өлшемді.



**6-сурет.** Автомобильдің жазықтықтағы қозғалысы екі өлшемді.



**7-сурет.** Құстың аспандағы қозғалысы үш өлшемді.

### Кеңістіктің үш өлшемділігі

Тура жолда автомобиль түзу сызықты қозғалады. Бұл қозғалыс бір өлшемді қозғалыс болады. Теміржолдың түзу сызықты бөлігінде пойыздың қозғалысы да шартты түрде бір өлшемді болуы мүмкін. Әдетте, бір өлшемді қозғалыс түзу сызықты координата сызығымен бейнеленеді (5-сурет).

Тура жолда кетіп бара жатқан автомобиль қиылыста солға немесе оңға бұрылуы, яғни түзу сызықты қозғалыстан ауытқуы мүмкін. Жердің бетін жазықтық деп алсақ, сол жазықтықта адам, велосипед және автомобильдің қозғалысы екі өлшемді болады. Екі өлшемді қозғалыстағы дененің қозғалысын, мысалы, автомобильдің қозғалысын координаталар жазықтығында бейнелеуге болады (6-сурет).

Құстың жердегі қозғалысы екі өлшемді, ал аспандағы самғауы үш өлшемді. Құстың кеңістіктегі үш өлшемді қозғалысын координаталар жүйесінде өрнектеуге болады (7-сурет).

Самолёт және ракета да үш өлшемді кеңістікте қозғалады, тасты аспанға лақтырғанда оның да қозғалысы үш өлшемді болады. Балық, дельфин және акулалардың су астындағы қозғалысы үш өлшемді.

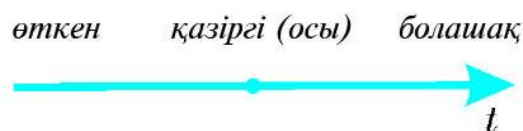
Демек, кеңістік төмендегі қасиеттерге ие:



**Кеңістіктің шекарасы жоқ, үш өлшемді, барлық нүктелері мен барша бағыттары бірдей.**

### Уақыттың бір өлшемділігі

Қозғалыстағы кез келген дене өзінің жағдайын кеңістікте уақыт өтуімен өзгертіп отырады. Уақыт бір өлшемді, ол біртегіс тек алға жылжиды (8-сурет). Оны кері қайтаруға болмайды. Мысалы, сен 13 жыл бұрын туылдың. Осы кезде сен өміріңде қаншама оқиғаларды көрдің. Жылдарды артқа қайтарып, сол кездегі оқиғаларды өзгерте алмайсың. Сол сияқты өткенге қайта алмайсың. Тек болашақты ғана өзгертуің мүмкін. Демек, уақыт төмендегі қасиеттерге ие:



**8-сурет.** Уақыт бір өлшемді, ол өткеннен келешекке өтеді.



**Уақыт — үздіксіз, бір өлшемді, барлық сәті бірдей, тек алға жылжиды.**



**Тірек ұғымдар:** кеңістік, галактика, бір, екі, үш өлшемді қозғалыс, кеңістіктің үш өлшемділігі, уақыттың бір өлшемділігі.



1. Ерте және орта ғасырларда жасаған ғалымдар әлемнің шекарасы жайлы қандай пікір айтқан?
2. Кеңістіктің шексіздігін мысалдармен түсіндір.
3. Бір өлшемді және екі өлшемді қозғалыстарға мысал келтір.
- 4 Кеңістікті неге үш өлшемді дейді?
5. Уақыт неге үздіксіз, бір өлшемді, тек алға жылжиды?

## § 3. КИНЕМАТИКАНЫҢ НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАРЫ

### Материялық нүкте

Денелердің қозғалысын үйренуде бірнеше ықшамдаулар қолданылады. Олардың біреуі қозғалыстағы дененің өлшемдерін есептемей, оны материялық нүкте деп алуымыз.



**Бақыланып жатқан қозғалыста өлшем мен форманы есепке алмаса да болатын дене материялық нүкте деп аталады.**



**9-сурет.** Материялық нүкте деп қаралатын денелердің қозғалысы мен траекториясы.



**10-сурет.** Денелерді әрқашан да материялық нүкте деуге болмайды.

Ұзындығы 4 м автомобильдің 10 км қашықтықты жүргендегі қозғалысын үйренгенде оны материялық нүкте деп қарастыруға болады. Өйткені автомобиль жүріп өтетін қашықтық оның ұзындығынан 2500 есе үлкен. Сол сияқты допты тепкендегі қозғалысы, самолёттің ұзақ қашықтыққа самғауын қарастырғанда допты, самолётті материялық нүкте деп есептеуге болады (9-сурет).

Бір нүктені бір жағдайда материялық нүкте, басқа жағдайда да материялық нүкте деп қарастыруға болмайды. Мысалы, оқушы мектепке бара жатқанда үйден 1 км қашықтықты жүріп өтсе, бұл қозғалыста оны материялық нүкте деп қарастыруға болады. Бірақ оқушы таңертең гимнастика жасағанда оны материялық нүкте деуге болмайды (10-сурет).

Пойыз бір қаладан басқа қалаға кетіп бара жатқанда қалалар арасындағы қашықтыққа қарағанда оны материялық нүкте деп қарауға болады. Бірақ жолдағы бекетке қарағанда оны материялық нүкте деуге болмайды.

Жер шары — өте үлкен ғаламшар. Бірақ Жердің Күннің айналасындағы айналуын зерттегенде оны да материялық нүкте деп қарауға болады.

## Траектория

Тақтаға бормен сызғанда, қар үстінде автомобиль жүргенде, түнде аспанда метеор ұшқанда олар із қалдырады. Бор, автомобиль және метеордың қалдырған ізі қозғалыстың траекториясы.

Денелер өзінің қозғалысында із қалдыра бермейді. Мысалы аспанда ұшқан метеор із қалдырса, трамплиннен секірген шаңғышы із қалдырмайды. Спортшы, тебілген доп, адам, машиналар, аспанда ұшқан құс пен самолёттің қозғалысы кезінде ізі көрінбесе де, олардың ізін үздіксіз сызық деп ойлау мүмкін.



**Материялық нүктенің өз қозғалысы кезінде кеңістікте сызған үздіксіз сызығы (қалдырған ізі) траектория деп аталады.**

## Жол және орын ауыстыру

Траектория — бұл физикалық ұғым. Дене траекториясын шама (бірлік) ретінде есептеу үшін физикалық шама — жол қабылданған.



**Дененің қозғалыс траекториясы бойымен жүріп өткен қашықтық жол деп аталады және  $s$  әрпімен белгіленеді.**

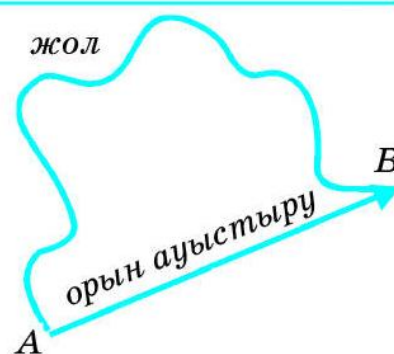
Кейде дененің жүріп өткен жолы емес, оның қозғалыстағы бастапқы және соңғы жағдайын ұштастыратын кесінді қызықтырады.



**Дененің қозғалыстағы бастапқы және соңғы орнын қосатын бағытталған кесінді орын ауыстыру деп аталады.**

Дене  $A$  нүктеден  $B$  нүктеге дейінгі қозғалысында қисық сызықты траектория бойымен 100 м жол жүруі мүмкін. Бірақ  $A$  нүктеден  $B$  нүктеге дейін ең қысқа қашықтық кесінді болып, оның ұзындығы 100 м-ден аз болады, мысалы, 60 м болуы мүмкін. Мұнда орын ауыстыру — 60 м (11-сурет).

Картадан масштаб бойынша Ташкенттен Әндіжанға дейінгі орын ауыстыру 245 км екенін

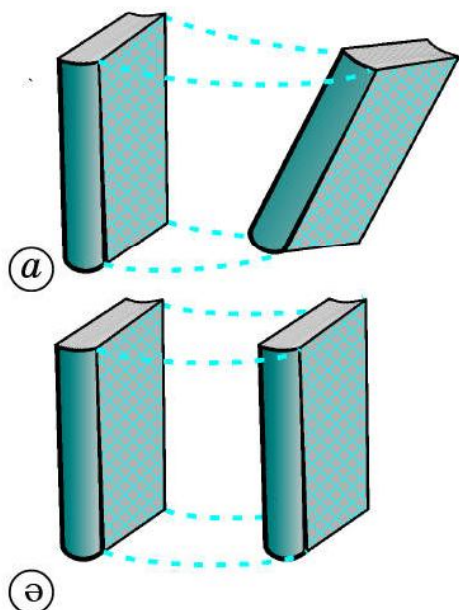


**11-сурет.** Жол және орын ауыстыру.

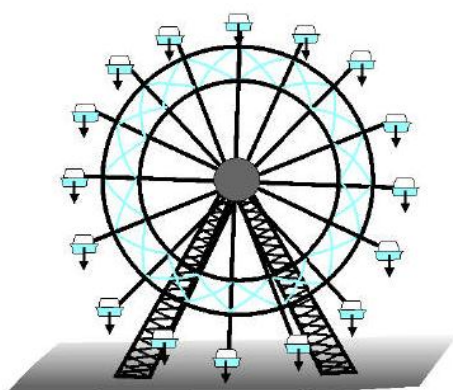
анықтауға болады. Бірақ автомобильмен Ташкенттен Әндіжанға бару үшін 380 км жол жүру керек.

Дене түзу сызықты қозғалыс жасағанда жол мен орын ауыстыру бір-біріне тең болады.

### Үдемелі қозғалыс



**12-сурет.** Кітаптың үдемелі болмаған (а) және үдемелі (ә) қозғалысы.



**13-сурет.** Әткеншек кабиналары үдемелі қозғалады.

Стол үстіндегі кітап та бір жерден екінші жерге әр түрлі орын ауыстыруы мүмкін (13-сурет). Кітаптың қыры бірінші жағдайда әр түрлі қозғалыс жасайды. Кітаптың екінші жағдайдағы қозғалысында оның қырының траекториясы бірдей болады, яғни кітаптың екі қырының траекториясын бір-бірінің үстіне қоюға болады. Кітаптың екінші жағдайдағы қозғалысы үдемелі қозғалысқа мысал бола алады. Мұнда кітаптың қырлары ғана емес, басқа кез келген екі нүктесі де бірдей қозғалады.

Тегіс жолда қозғалып келе жатқан велосипедтің рамасы, автомобильдің кузовы да үдемелі қозғалыс жасайды.



**Үдемелі қозғалыста дененің кез келген нүктесінен ойна өткізілген түзу сызық өз-өзіне параллель болады.**

Жерден көтеріп стол үстіне қойылған чемодан, метрополитен эскалаторының баспалдағы үдемелі қозғалыс жасайды.

Демалыс бағындағы әткеншектің кабинасы айналмалы қозғалыс жасайды (13-сурет). Бірақ, бір кездің өзінде, әткеншектің кабинасы үдемелі қозғалыста болады. Себебі, кабинаның кез келген екі нүктесінен өткізілген түзу сызық өзіне-өзі параллельді түрде орын ауыстырады.

Үдемелі қозғалыс жасап жатқан дененің қозғалысын зерттегенде оның тек қана бір нүктесінің қозғалысын үйренген жеткілікті. Сондықтан, үдемелі қозғалыс жасап жатқан денені материялық нүкте деп қарауға болады.



**Тірек ұғымдар:** материялық нүкте, траектория, жол, орын ауыстыру, үдемелі қозғалыс.



1. Материялық нүкте дегеніміз не?
2. Автомобиль, доп, ұшақты қандай жағдайларда материялық нүкте деп қарауға болады?
3. Траектория дегенде нені түсінесің?
4. Жол дегеніміз не және ол қандай әріппен белгіленеді?
5. Орын ауыстыру дегеніміз не? Жол мен орын ауыстырудың айырмашылығы неде?
6. Қандай қозғалысты үдемелі қозғалыс дейміз?
7. 13-суреттегі әткеншек кабиналарының үдемелі қозғалыс жасайтынын негіздеп бер.

## § 4. ВЕКТОРЛЫҚ ШАМАЛАР ЖӘНЕ ОЛАРҒА АМАЛДАР ҚОЛДАНУ

### Скаляр шамалар

Физикалық шамаларды екі топқа — скаляр шамалар мен векторлық шамаларға бөлу мүмкін.



**Тек сан мәнімен өрнектелетін шамалар *скаляр шамалар* деп аталады.**

Көлем, уақыт, жол, масса, энергия сияқты физикалық шамалар скаляр шамалар. Оларға амалдар жай сандардағыдай орындалады. Мысалы, бір дененің массасы  $m_1 = 8$  кг, екінші дененің массасы  $m_2 = 4$  кг болса, олардың массасы бірігіп:

$$m_1 + m_2 = 8 \text{ кг} + 4 \text{ кг} = 12 \text{ кг.}$$

Массалар арасындағы айырмашылық:

$$m_1 - m_2 = 8 \text{ кг} - 4 \text{ кг} = 4 \text{ кг.}$$

Бірінші дененің массасы екіншісінікінен неше есе артық екенін осылай анықтауға болады.

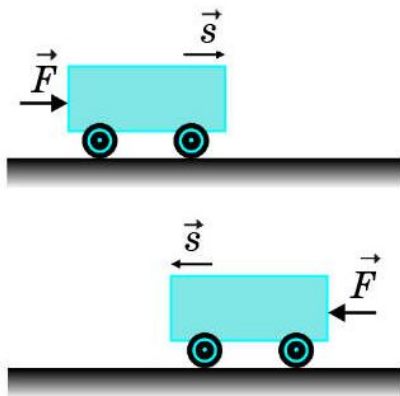
Бұдан тыс, дене массасын бірер санға көбейту немесе бөлуге болады. Мысалы,  $m = 12$  кг болса, оны 3-ке былай көбейту немесе бөледі:

$$m \cdot 3 = 12 \text{ кг} \cdot 3 = 36 \text{ кг}; \quad m : 3 = 12 \text{ кг} : 3 = 4 \text{ кг}.$$

## Векторлық шамалар

Кейбір физикалық шамаларды анықтауда олардың сан мәнін білу жеткіліксіз. Оларды толық анықтау үшін бағыты да маңызды орын алады. Мысалы, дене  $s = 5$  м жерге орын ауыстырды деген жеткіліксіз.

Мұнда орын ауыстырудың бағыты да белгілі болуы керек. Сонда дененің қай жерден қайда орын ауыстырғаны жайлы толық мәлімет аламыз.



**14-сурет.** Қозғалыс бағыты күштің бағытына тәуелді.

Стол үстінде тұрған арбаға  $F = 1$  Н күш әсер етті деген жеткіліксіз. Бұл күш денеге солдан оңға бағытталғанда әсер еткенде арба оңға, оңнан солға бағытталғанда әсер етсе ол солға қарай қозғалады (14-сурет).

Жоғарыда айтылған орын ауыстыру мен күш — векторлық шамалар. Сондықтан бұл шамалардың үйренуде сан мәндерінен басқа, олардың бағытын да білу қажет.



**Сан мәні әрі бағытымен анықталатын шамалар векторлық шамалар деп аталады.**

Векторлық шамалардың үстіне бағытты сызықша қойылады немесе тоқ қара немесе қара әріппен жазылады. Мысалы,  $\vec{s}$  (орын ауыстыру),  $\vec{v}$  (жылдымдық),  $\vec{F}$  (күш). Кесіндінің ұзындығы векторлық шамалардың сан мәнін өрнектейді. Олардың сан мәні төмендегідей өрнектеледі:

$$|\vec{F}| = 2 \text{ Н}, |\vec{v}| = 10 \text{ м/с}, |\vec{s}| = 5 \text{ м}$$

немесе  $F = 2 \text{ Н}, v = 10 \text{ м/с}, s = 5 \text{ м}.$

### Векторлық шамаларды қосу және азайту

Векторлық шамаларға амалдар қолдануды жай сандарға амалдар қолдану сияқты орындауға болмайды. Мысалы,  $A$  нүктеде тұрған дене түзу сызықтың бойымен 4 м жол басып,  $B$  нүктеге орын ауыстырған болсын (15-сурет). Дененің басып өткен жолын  $s_1$  -мен белгілесек,  $AB = s_1 = 4$  м болады. Мұнда дененің басып өткен  $s_1$  жолы орын ауыстыруға, яғни  $\vec{s}_1$  векторлық шаманың сан мәніне тең болады:  $s_1 = |\vec{s}_1|$ .

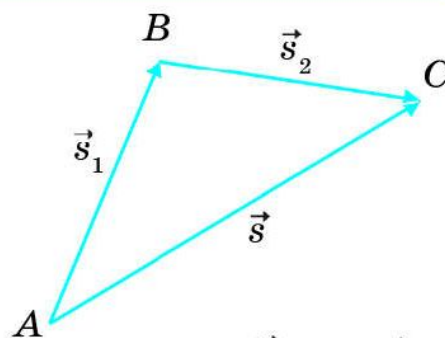
Сосын дене  $B$  нүктеден 3 м жол жүріп,  $C$  нүктеге орын ауыстырсын. Мұнда  $BC = s_2 = 3$  м болады. Бұл жағдайда да дененің жүріп өткен  $\vec{s}_2$  жолы орын ауыстыруға, яғни  $\vec{s}_2$  векторлық шаманың сан мәніне тең болады:  $s_2 = |\vec{s}_2|$ .

Дене  $A$  нүктеден  $C$  нүктеге тікелей орын ауыстыруы да мүмкін. Қозғалыс түзу сызықты болғандықтан жол орын ауыстыруға тең болады:  $s = |\vec{s}|$ .

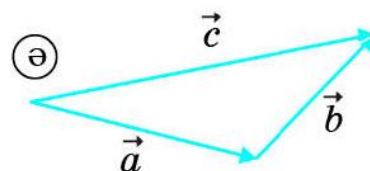
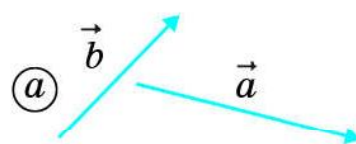
Бірінші жағдайда дененің  $A$  нүктеден  $B$  нүктеге, сосын  $B$  нүктеден  $C$  нүктеге орын ауыстыруы  $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$  көрінісінде болады. Бұл орын ауыстыру екінші жағдайдағы  $s$  орын ауыстыруға тең:

$$\vec{s}_1 + \vec{s}_2 = \vec{s} \quad (1)$$

(1) өрнекті және 15-суреттегі орын ауыстырулардан, екі векторлық шаманы қосу ережесін төмендегідей өрнектеуге болады:



15-сурет.  $\vec{s}_1$  және  $\vec{s}_2$  векторларды қосу.



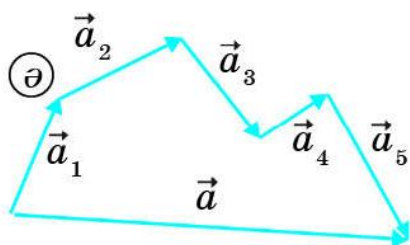
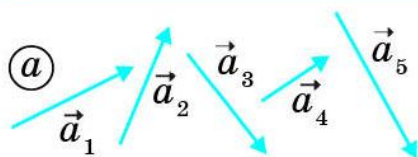
16-сурет.  $\vec{a}$  және  $\vec{b}$  вектор (а) және олардың қосылуы (б).



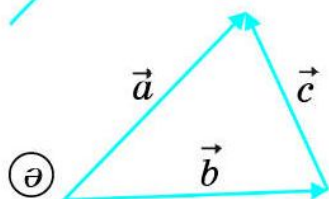
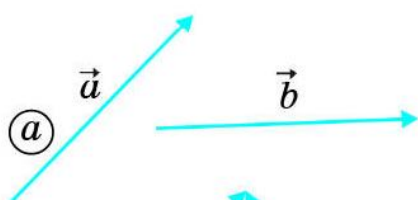
**Екі векторды қосу үшін бірінші вектордың соңына екінші вектордың басы қойылады және бірінші вектордың басынан екінші вектордың соңына қарай бағытталған вектор өткізіледі. Сол вектор екі вектордың қосындысы болады.**

Кез келген бағыттағы  $\vec{a}$  және  $\vec{b}$  векторлар берілген болсын. Олардың қосындысы  $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$  векторды табу 16-суретте берілген.

Бағыты түзу сызық физикалық шаманың бағытын ғана емес, сан жағынан шамасын да бейнелейді. Бағытты сызықтың ұзындығы қанша



17-сурет.  $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \vec{a}_4, \vec{a}_5$  векторлар (а), олардың қосылуы (ә).



18-сурет. Екі вектордың айырмасы.

үлкен болса, берілген физикалық шаманың мәні соншалық үлкен болады.

Екі векторды ғана емес, одан да көп векторды осы әдіспен қосуға болады. Мысалы, түрлі кез келген бағыттағы  $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \vec{a}_4, \vec{a}_5$  векторлар берілген болсын (17-сурет). Мұнда әрбір қосылатын кейінгі вектордың басы алдыңғы вектордың соңына қойып шығылады. Қосынды вектор бірінші  $\vec{a}_1$  вектор басынан соңғы қосылған  $\vec{a}_5$  вектордың ұшына өткізілген  $\vec{a}$  вектордан құралады. Бұл векторлардың қосындысы төмендегідей өрнектеледі:

$$\vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4 + \vec{a}_5 = \vec{a}. \quad (2)$$

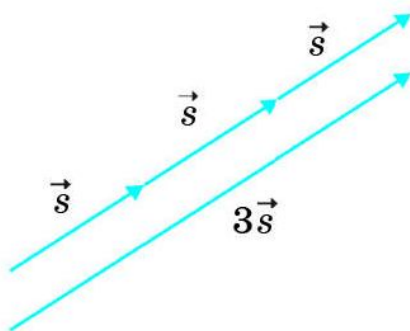
Векторлық шамаларды азайтуға болады. 18-суретте  $\vec{a}$  вектордан  $\vec{b}$  векторды қалай азайту көрсетілген. Мұнда:

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}. \quad (3)$$



**Бір вектордан екінші векторды азайту үшін екі вектордың басы бір нүктеге қойылады және екінші вектордың ұшынан бірінші вектордың ұшына қарай бағытталған вектор өткізіледі. Сол вектор екі вектордың айырмасы болады.**

### Векторлық шамаларды санға көбейту және бөлу



19-сурет.  $\vec{s}$  вектордың 3-ке көбейтіндісі.

Дене бір бағытта түзу сызық бойлап қозғалып,  $s$  жолды басып өтсе, оның орын ауыстыруы  $\vec{s}$  векторға тең болады:  $s = s$ . Дене өз бағытын өзгертпестен сондай  $s$  жолды тағы да екі рет басып өтсін. Бұл жағдайда оның басып өткен жолы  $s + s + s = 3s$ -ке, орын ауыстыруы  $\vec{s} + \vec{s} + \vec{s} = 3\vec{s}$ -ке тең болады (19-сурет).

Демек,  $\vec{s}$ -ті 3 есе арттырса,  $3\vec{s}$  вектор пайда болады. Ал вектордың бағыты өзгермейді.



**Векторлық шама қандай санға көбейтілсе, оның мәні де сол санға артады, бағыты болса өзгермейді.**

Мұнда векторлық шама көбейтілетін сан оң болуы керек.

Сол сияқты векторлық шаманы оң санға бөлуге болады. Онда берілген векторлық шама сол санға қалдықсыз бөлінетін болуы керек.



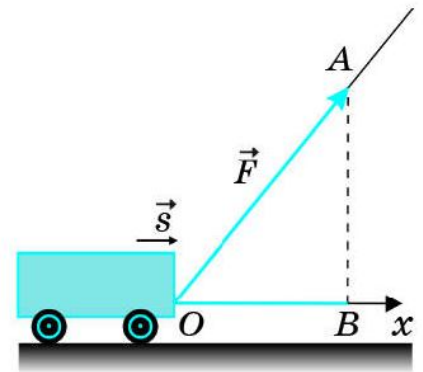
**Векторлық шама қандай санға бөлінсе, оның мәні де сол сан есе кемейеді, ал бағыты өзгермейді.**

### Векторлық шамалардың проекциясы

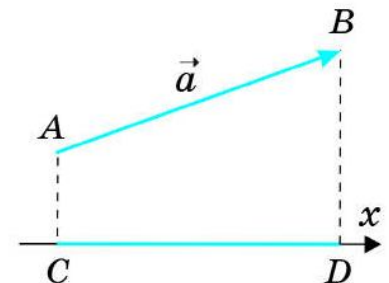
Арба қозғалыс бағытына салыстырғанда қандай да бір бұрыш астында  $\vec{F}$  күшпен тартылып жатқан болсын (20-сурет). Қозғалыс бағытында арбаға әсер етіп жатқан күштің мәні қандай болады?

Арбаның қозғалыс бағыты бойлап,  $Ox$  ось жүргіземіз. Онда  $O$  нүкте  $\vec{F}$  вектордың басына тура келсін.  $\vec{F}$  вектордың соңын  $A$  нүктеден  $Ox$  осінің  $B$  нүктесіне перпендикуляр түсіреміз. Пайда болған  $OB$  кесінді  $F$  вектордың  $Ox$  осьтегі проекциясын білдіреді. Қозғалыс бағытында арбаға әсер етіп жатқан күш осы  $OB$  проекцияның ұзындығына тең болады. Мысалы, бұрыш астында әсер етіп жатқан күштің мәні  $|\vec{F}| = 5\text{Н}$  болсын. Ал бұл күштің проекциясы  $3\text{Н}$ -ге тең болуы мүмкін. Қозғалыс бағытында арбаға әсер етіп жатқан күш осы  $3\text{Н}$ -ге тең болады.

Кез келген бағыттағы  $\vec{a}$  вектордың  $Ox$  осьтегі проекциясын анықтайық (21-сурет). Ол үшін вектордың басы  $A$  және соңы  $B$ -дан  $Ox$  оське  $AC$  және  $BD$  перпендикуляр түсіреміз. Пайда болған  $CD$  кесінді  $\vec{a}$  вектордың  $Ox$  осьтегі проекциясы болады.



**20-сурет.** Арбаға әсер ететін күштің проекциясы.



**21-сурет.** Кез келген бағыттағы вектордың проекциясы.



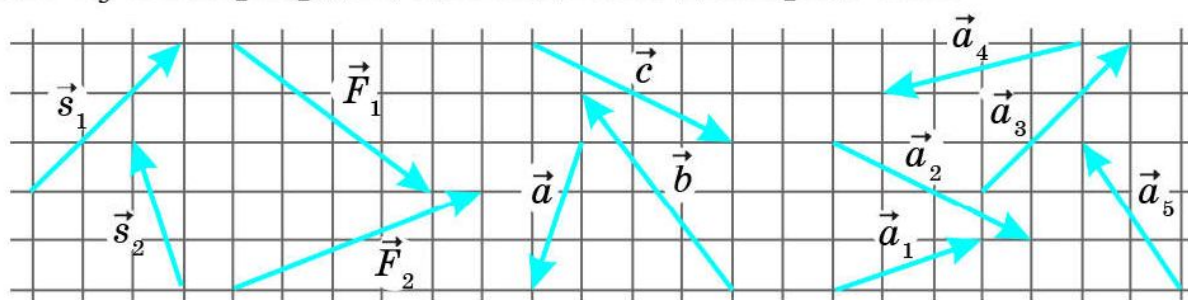
**Тірек ұғымдар:** скаляр шама, векторлық шама, векторлардың қосындысы, векторлардың айырмасы, векторды санға көбейту, векторды санға бөлу, вектордың проекциясы.



1. Қандай физикалық шамалар скаляр шамалар болады?
2. Векторлық шамаларды мысалдармен түсіндіріп бер.
3. Векторлық шамалар қалай қосылады? Мысалдармен түсіндір.
4. Екі вектор бір-бірінен қалай азайтылады?
5. Векторлық шамалар санға қалай көбейтіледі және бөлінеді?
6. Векторлық шамалардың проекциясы қалай анықталады?

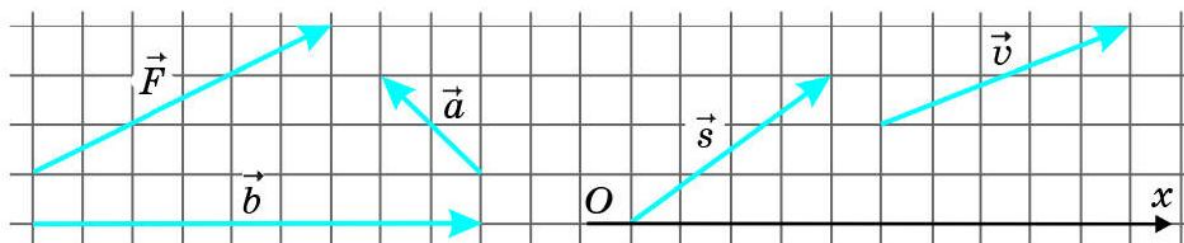


22-суретте көрсетілген а)  $\vec{s}_1$  және  $\vec{s}_2$  векторлардың; ә)  $\vec{F}_1$  және  $\vec{F}_2$  векторлардың; б)  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  және  $\vec{c}$  векторлардың; в)  $\vec{a}_1$ ,  $\vec{a}_2$ ,  $\vec{a}_3$ ,  $\vec{a}_4$  және  $\vec{a}_5$  векторлардың қосындысын дәптеріңе жаз.



**22-сурет.** Қосындысы және айырмасы анықталатын векторлар.

2. 22-суретте көрсетілген а)  $\vec{s}_1$  вектордан  $\vec{s}_2$  вектордың айырмасын; ә)  $\vec{F}_1$  вектордан  $\vec{F}_2$  вектордың айырмасын дәптеріңе жаз.
3. 23-суретте көрсетілген а)  $\vec{F}$  векторды 2-ге көбейт; ә)  $\vec{a}$  векторды 5-ке көбейт; б)  $\vec{b}$  векторды 3-ке бөл.



**23-сурет.** Санға көбейтілетін және бөлінетін, проекциясы анықталатын векторлар.

4. 23-суретте көрсетілген  $\vec{s}$  және  $\vec{v}$  векторлардың  $Ox$  осьтегі проекциясын дәптеріңе жаз.

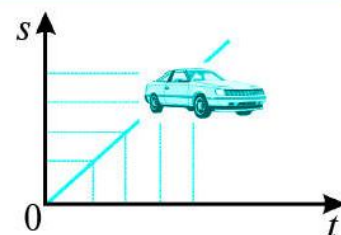
## I ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆ Физиканың «Механика» курсында денелер және олардың өзара әсерлесудегі қозғалысы оқытылады.
- ◆ «Механиканың» «Кинематика» бөлімінде денелердің қозғалысы, массасы және оларға әсер ететін күштер есептелмей үйреніледі.
- ◆ Механикалық қозғалыс — бұл дененің басқа денелерге салыстырғанда кеңістіктегі жағдайы.
- ◆ Денелердің қозғалысы немесе тыныш тұруы салыстырмалы.
- ◆ Денелердің қозғалысы немесе тыныш тұруы санақ денесіне салыстырмалы қарас тырылады.
- ◆ Санақ денесі, оған біріктірілген координаталар жүйесі және уақытты өлшейтін аспап санақ жүйесін құрайды.
- ◆ Уақыт — үздіксіз, бір өлшемді, барлық сәті бірдей, тек алға жылжиды.
- ◆ Кеңістіктің шекарасы жоқ, ол үш өлшемді, барша нүктеде және барлық бағытта тең күшті болады.
- ◆ Көп жағдайларда денелердің қозғалысын үйренгенде оларды материялық нүкте деп алады. Мұндай жағдайларда дененің өлшемі мен формасы есепке алынбайды.
- ◆ Денелердің қозғалысын үйренгенде олардың қозғалыс траекториясын білудің маңызы зор. Дененің қозғалыс кезіндегі кеңестікте сызған үздіксіз сызығы траектория деп аталады.
- ◆ Жол — дененің белгілі траектория бойымен өткен қашықтығы.
- ◆ Орын ауыстыру — дененің қозғалыстағы бастапқы және соңғы орнын қосатын бағытталған кесінді.
- ◆ Үдемелі қозғалыста дененің кез келген екі нүктесінен ойша жүргізілген түзу сызық өзіне-өзі параллель орын ауыстырады.
- ◆ Скаляр шама — тек сан мәнімен өрнектелетін шама.
- ◆ Векторлық шама — сан мәні әрі бағытымен анықталатын шама.

## I ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША СҰРАҚТАР МЕН ЖАТТЫҒУЛАР

1. Қайсы жағдайда Жерді материялық нүкте деуге болады?
  - а) экватордың ұзындығын есептегенде;
  - ә) Жердің Күннің айналасындағы орбита бойлап өткен жолын есептегенде;
  - б) Жердің өз өсінің айналасында тәулікте айналуында экватор нүктесінің қозғалыс жылдамдығын есептегенде;
  - в) Жердің Күннің айналасындағы орбита бойымен қозғалыс жылдамдығын есептегенде.
2. Төмендегі қайсы жағдайда денені материялық нүкте деп қарауға болады?
  - а) пойыз стансаға жақындағанда;
  - ә) пойыздың екі қала арасындағы қозғалысында;
  - б) адамның бөлмедегі қозғалысында;
  - в) ауыл ортасында кетіп бара жатқан адамның қозғалысында;
  - г) доптың футбол алаңындағы қозғалысында;
  - д) доптың диаметрін анықтағанда.
3. Таксиге біз ақшаны жолға төлейміз бе әлде орын ауыстыруға ма? Самолётпен ұшқанда ше?
4. Бала 1,5 м биіктіктен допты жерге тастады. Доп жерге соғылып, 0,5 м биіктікке көтерілгенде бала оны қағып алды. Доптың жолы мен орын ауыстыруын тап.
5. Тікұшақ шығысқа қарай горизонталь 10 км, сосын оңтүстікке қарай 8 км, одан кейін батысқа қарай 12 км, ең соңында солтүстікке қарай 8 км ұшты. Тікұшақтың жолы мен орын ауыстыруын тап.
6. Нүктелердің орнына сәйкес келетін тіркестерді қойып, сипаттаманы толықтыр: векторлық шамалар — бұл...
  - а) тек сан мәнімен анықталатын шамалар;
  - ә) тек бағыттарымен анықталатын шамалар;
  - б) сан мәндерін есепке алмаса да болатын шамалар;
  - в) бірлікке ие болмаған және бағыттарымен анықталатын шамалар;
  - г) сан мәндері және бағыттарымен анықталатын шамалар.

## II тарау ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ ҚОЗҒАЛЫС



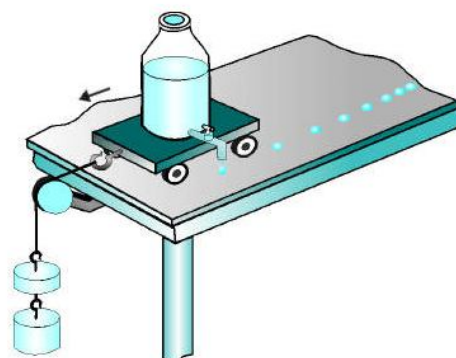
Айналамыздағы денелер көбіне бір қалыпсыз қозғалыста, ал олардың қозғалыс траекториясы күрделі. Ең қарапайым механикалық қозғалыс — олардың түзу сызықты бір қалыпты қозғалысы. Бұл тарауда алдымен денелердің түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын үйренесің, бір қалыпсыз қозғалыс жайлы қысқаша мәлімет аласың. Сосын түзу сызықты бір қалыпты өзгертін қозғалысты толығырақ үйренеміз.

### § 5. ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ БІР ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫС ТУРАЛЫ ТҮСІНІК

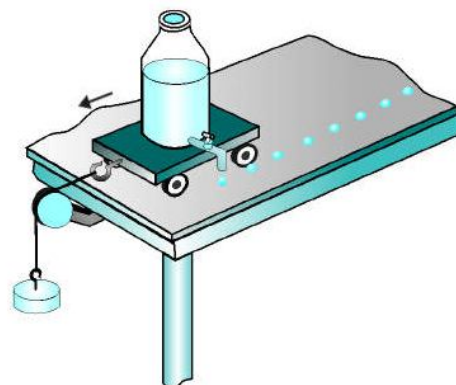
#### Бір қалыпты қозғалыс

Төмендегі тәжірибені жасап көрейік. Арбаға 24-суретте көрсетілгендей тамызғыш орнатылған. Тамызғыштан әр секундта екі тамшы тамсын. Арбаны түртіп жіберсек, ол қозғалады және белгілі қашықтықты жүріп өтеді де тоқтайды. Мұнда арбаның соңында тамған тамшылардың арасындағы қашықтық бірдей емес екенін көру мүмкін. Демек, арба бірдей уақыт аралығында әр түрлі қашықтықты жүріп өткен, яғни ол бір қалыпсыз қозғалыс жасаған.

Енді жоғарыдағы тәжірибені аздап өзгертейік. Арбаны қозғалысқа түсіргенде тамған тамшылардың арасындағы қашықтық бірдей болсын. Бұл жағдайда арба бірдей уақыт аралығында бірдей жолды жүріп өтті деуге болады (25-сурет).



24-сурет. Арбаның бір қалыпсыз қозғалысы.



25-сурет. Арбаның бір қалыпты қозғалысы.



**Егер дене кез келген бірдей уақыт аралығында бірдей қашықтықты басып өтсе, ондай қозғалыс бір қалыпты қозғалыс деп аталады.**

Автомобиль бір қалыпты қозғалып, әр минутта 1,5 км жол жүрсе, 2 минутта 3 км, 5 минутта 7,5 км, 10 минутта 15 км, 30 минутта 45 км, 1 сағатта 90 км жол жүреді. Сағат тілінің қозғалысы бір қалыпты қозғалыс. Сағат тілінің қозғалысы да бір қалыпты қозғалысқа мысал бола алады.

### Түзу сызықты қозғалыс

Көпшілік жағдайда айналамыздағы денелердің қозғалыс траекториясы қисық сызықтан құралады. Кейбір жағдайларда ғана денелер жолдың белгілі бір бөлігінде түзу сызықты қозғалыс жасауы мүмкін.



**Дене қозғалысының траекториясы түзу сызықты болса ондай қозғалысты түзу сызықты қозғалыс дейді.**

24- және 25-суреттегі арбаның қозғалысы бір қалыпты немесе бір қалыпсыз болуына қарамай түзу сызықты қозғалыс.

Түзу жолмен кетіп бара жатқан автомобильдің қозғалысын, түзу темір жолдағы пойыздың қозғалысын, белгілі биіктікке көтерілгеннен кейінгі самолёттің қозғалысын түзу сызықты қозғалыс деуге болады.

### Түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс

24-суреттегі арба түзу сызықты, бірақ бір қалыпсыз қозғалыс жасады. Сондықтан оның қозғалысын түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс деуге болмайды. Сағат тілдерінің ұшы қозғалысы бір қалыпты қозғалады, бірақ ол түзу сызықты емес. Сондықтан сағат тілдері ұшының қозғалысы да түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс емес.

25-суреттегі арба түзу сызықты әрі бір қалыпты қозғалыс жасайды. Сондықтан оның қозғалысы түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс.



**Егер түзу сызықты қозғалыс жасап жатқан материялық нүкте кез келген тең уақыт аралығында бірдей қашықтықты басып өтсе, оның қозғалысын түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс дейді.**

Ең қарапайым механикалық қозғалыс — түзу сызықты бір қалыпты қозғалысқа бірнеше мысал келтірейік.

1. Теп-тегіс түзу жолда автомобиль жылдамдығын өзгертпей қозғалып бара жатыр дейік.

2. Түзу темір жолда пойыз бір қалыпты түзу сызықты қозғалуда.

3. Егер теңізде су тынық, тыныш болса, бір қалыпты түзу сызық бойымен жүзген кемедегі оқиғалар тыныш күйінде қандай болса, онда да тура сондай болады.



**Тірек ұғымдар:** бір қалыпты қозғалыс, түзу сызықты қозғалыс, түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс.



1. 24- және 25-суретте берілген тәжірибені түсіндір.
2. Қандай қозғалыс бір қалыпты қозғалыс деп аталады?
3. Қандай қозғалыс түзу сызықты қозғалыс болады? Оған мысал келтір.
4. Түзу сызықты қозғалыс деп нені айтады?
5. Түзу сызықты бір қалыпты қозғалысқа сипаттама бер.

## § 6. ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ БІР ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫС ЖЫЛДАМДЫҒЫ

### Жылдамдықты анықтау

Бақылаудан бір дене екінші денеден жылдам немесе жай қозғалатынын білеміз. Мәселен, велосипед адамнан жылдам, автомобиль адам мен велосипедтен жылдам, пойыздан жай қозғалады. Самолёттің қозғалысы пойыздан да жылдам. Олар бір қалыпты қозғалатын болсын. 1 сағатта адам 4,5 км, велосипед 30 км, автомобиль 90 км, пойыз 150 км, самолёт болса 900 км жолды өтуі мүмкін (26-сурет).



5 км/сағат



90 км/сағат



900 км/сағат



30 км/сағат



150 км/сағат

**26-сурет.** Денелер әр түрлі жылдамдықпен қозғалады.



**Уақыт бірлігінде жүріп өткен жолға тең шама жылдамдық деп аталады.**

6-сыныптың физика курсынан дененің жүріп өткен жолын  $s$ , сол жолды жүріп өтуге кеткен уақытты  $t$ , жылдамдықты  $v$ -мен белгілеуді білесің. Онда жылдамдық формуласы төмендегідей өрнектеледі:

$$v = \frac{s}{t}. \quad (1)$$



**Дененің бір қалыпты қозғалыстағы жылдамдығы дене жүріп өткен жолдың осы жолды жүруге кеткен уақытына қатынасымен анықталады.**

Жоғарыдағы мысалда адамның жылдамдығы  $v_a = 4,5$  км/сағат, велосипедтікі  $v_v = 30$  км/сағат, автомобильдің жылдамдығы  $v_{ав} = 90$  км/сағат, пойыздың жылдамдығы  $v_n = 150$  км/сағат, самолёттің жылдамдығы  $v_c = 900$  км/сағатқа тең болады.

Қозғалыс түзу сызықты болғанда орын ауыстыру шама жағынан жүріп өткен жолға тең болады. Онда жылдамдық формуласының векторлық көрінісі төмендегідей өрнектеледі:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}. \quad (2)$$

Орын ауыстыру векторлық шама болғандықтан жылдамдық та векторлық шама, яғни оның бағыты қозғалыс бағытыныкіндей болады.

### Жылдамдық бірлігі

Халықаралық бірліктер системасында жол (ұзындық) бірлігі – метр (м), уақыт бірлігі – секунд (с) екенін білесің.



**Халықаралық бірліктер жүйесінде жылдамдықтың бірлігі м/с болып, жылдамдық 1 м/с болғанда 1 с уақытта 1 м қашықтық жүріп өтіледі.**

Жылдамдықтың негізгі бірлігінен басқа, км/сағат, км/мин, км/с, см/с сияқты еселі бірліктер де қолданылады. Мұнда  $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/сағат}$ ,  $1 \text{ м/с} = 0,006 \text{ км/мин}$ ,  $1 \text{ м/с} = 1000 \text{ м/секунд}$ ,  $1 \text{ м/с} = 100 \text{ см/секунд}$ .

Есеп шығаруда, өмірде жылдамдықтың км/сағатта берілген мәнін м/с-та немесе м/с-та берілген мәнін км/сағатта өрнектеу көп кездеседі.

Егер жылдамдық см/секундта берілген болса, оның мәнін 3,6-ға көбейту арқылы жылдамдықтың км/сағатта өрнектелетін мәнін табуға болады. Мысалы, велосипед 10 м/с жылдамдықпен жүрген болса, оның км/сағатта өрнектелген жылдамдығы төмендегідей болады:

$$v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{км}}{\text{сағат}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{сағат}}.$$

Жылдамдық км/сағатта берілген болса, оның жылдамдығын 3,6-ға бөлу не 5/18-ге көбейту арқылы жылдамдықтың м/с-та өрнектелген мәнін табуға болады. Мысалы, автомобиль 90 км/сағ жылдамдықпен қозғалса, оның м/с-та өрнектелген жылдамдығы төмендегідей табылады:

$$v = 90 \frac{\text{км}}{\text{сағат}} = 90 \cdot \frac{5}{18} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

### Жылдамдықты өлшеу

Қозғалыстағы денелердің жылдамдығы арнайы аспаптардың көмегімен өлшенеді. Мысалы, автомобиль, кеме, самолёттердің жылдамдығы (ағылшынша — *speed* — жылдамдық, латынша *metreo* — өлшеу) спидометрдің көмегімен өлшенеді (27-сурет).

Сен автомобиль жүргізушінің алдына орнатылған спидометрді көргенсің. Оның жұмыс істеу принципі автомобиль доңғалағының уақыт бірлігінде айналу санын өлшеуге негізделген. Мысалы, шинаның сыртқы шеңберінің ұзындығы 2 м болса, доңғалақтың әр айналуында автомобиль 2 м жолды басып өтеді. Егер секундына доңғалақ 10 рет айналатын болса, сол уақытта автомобиль 20 м жолды басып өткен болады. Бұл жағдайда автомобиль спидометрінің осы сәттегі көрсететін жылдамдығы 20 м/с немесе 72 км/сағ болады.

Аспанда ұшып бара жатқан самолёттің жылдамдығын жерде тұрып, жол шетінде тұрып жақындап келген автомобильдің жылдамдығын анықтап бере алатын аспаптар бар. Жол патруль қызметінің қызметкерлері осындай арнайы аспаптың көмегімен жолда кетіп бара жатқан машиналардың жылдамдығын анықтайды.



27-сурет. Автомобильдің спидометрі.

*Есеп шығару үлгісі:*

Бір қалыпты қозғалған “Нексия” 3 минутта 5 км жол жүреді. Оның жылдамдығын *км/сағат* есебімен тап.

*Берілгені:*

*Формуласы:*

*Шешуі:*

$$t = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с};$$

$$s = 5 \text{ км} = 5000 \text{ м}.$$

*Табу керек:*

$v - ?$

$$v = \frac{s}{t}.$$

$$v = \frac{5000 \text{ м}}{180 \text{ с}} = \frac{250}{9} \cdot 3,6 \frac{\text{км}}{\text{сағат}} = 100 \frac{\text{км}}{\text{сағат}}.$$

*Жауабы:*  $v = 100 \text{ км/сағат}.$



**Тірек ұғымдар:** бір қалыпты қозғалыс жылдамдығы, түзу сызықты қозғалыс жылдамдығы, түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс жылдамдығы, жылдамдық бірліктері, спидометр.



1. Жылдамдық деп қандай шаманы айтады?
2. Бір қалыпты қозғалыс үшін жылдамдық формуласы қалай өрнектеледі?
3. Жылдамдықтың вектор көрінісіндегі формуласы қалай өрнектеледі?
4. Халықаралық бірліктер системасында жылдамдықтың бірлігі етіп қандай бірлік қабылданған?
5. Автомобильдердің жылдамдығы қалай өлшенеді?



1. 26-суреттегі адам, велосипед, автомобиль, пойыз және самолеттердің жылдамдығын м/с-да өрнекте.
2. Жылдамдықты км/сағ-қа айналдыр 2 м/с, 5 м/с, 20 м/с, 50 м/с.
3. Метро эскалаторының ұзындығы 18 м. Ол адамды 12 секундта жоғарыға алып шығады. Эскалаторда тұрған адамның жылдамдығын тап.
4. Велосипед бір қалыпты қозғалып, 15 минутта 4,5 км қашықтықты жүріп өтті. Оның жылдамдығын м/с-да өрнекте.
5. Бір қалыпты қозғалған автомобиль 30 минутта 40 км жол жүрді. Автомобильдің жылдамдығын тап.

## § 7. ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ БІР ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ГРАФИКТІК БЕЙНЕСІ

### Жылдамдық формуласынан жол мен уақытты табу

Дененің қозғалыс жылдамдығы белгілі болса, жылдамдық формуласынан оның кез келген уақытта басып өткен жолын табуға болады:

$$s = vt. \quad (1)$$



**Бір қалыпты қозғалыста жүрілген жолды табу үшін дененің жылдамдығын оның қозғалыс үшін кеткен уақытына көбейту керек.**

Мысалы, дене  $v = 8$  м/с жылдамдықпен бір қалыпты қозғалатын болса, ол  $t = 10$  с ішінде  $s = 8$  м/с  $\cdot$   $10$  с =  $80$  м жол жүреді.

Дененің бір қалыпты қозғалыстағы жылдамдығы мен басып өткен жолы белгілі болса, жылдамдық формуласынан оның қозғалысқа кеткен уақытын табу мүмкін:

$$t = \frac{s}{v}. \quad (2)$$



**Бір қалыпты қозғалған дененің қозғалыс уақытын табу үшін осы уақыт ішінде басып өткен жолын жылдамдыққа бөлеміз.**

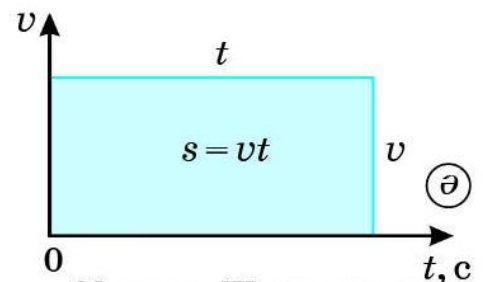
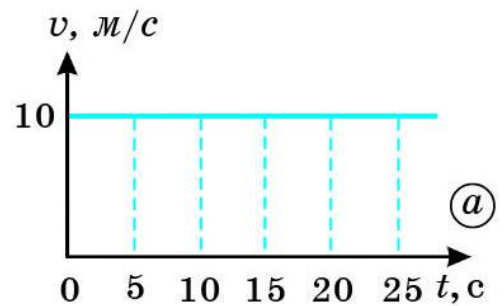
Мысалы, дене  $12$  м/с жылдамдықпен бір қалыпты қозғалатын болса, ол  $60$  м жолды

$$t = \frac{s}{v} = \frac{16}{12} \text{ с} = 5 \text{ с-та басып өтеді.}$$

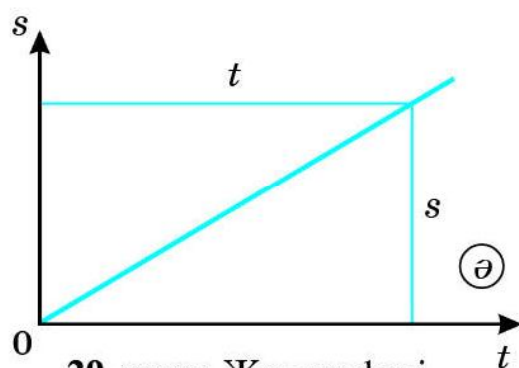
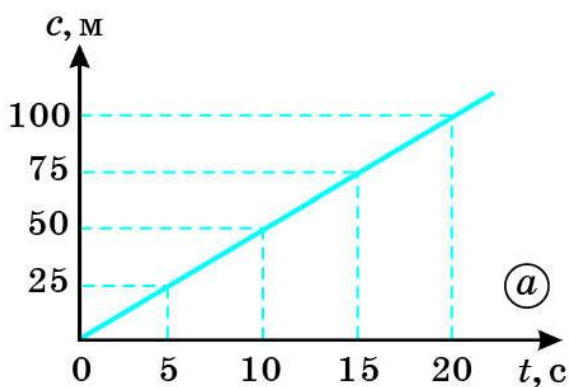
### Жылдамдық графигі

Бір қалыпты қозғалыста  $t$  уақыт өтсе де дененің жылдамдығы өзгермейді. Мысалы, түзу сызықты бір қалыпты қозғалған дененің бастапқы жылдамдығы  $10$  м/с болса,  $5$  с,  $10$  с,  $15$  с,  $20$  с-тан соң оның жылдамдығы  $10$  м/с болып қала береді. Бұл жағдайда жылдамдық графигін 28-а суретте көрсетілгендей етіп бейнелеу мүмкін.

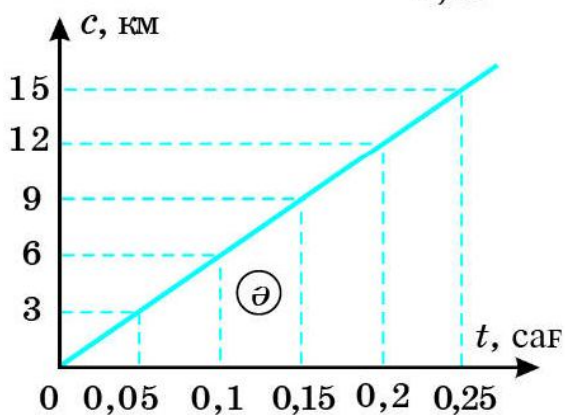
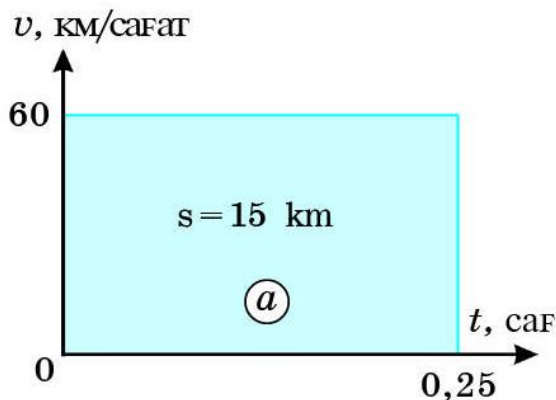
Жалпы жағдай үшін бір қалыпты қозғалыста жылдамдық графигі қабырғалары  $v$  және  $t$  болатын тік төртбұрыштан құралатынын айту мүмкін. Осы төртбұрыштың ауданы сан жағынан дене басып өткен  $s$  жолға тең (28-ә сурет).



28-сурет. Жылдамдық графигі.



29-сурет. Жол графигі.



30-сурет. Автомобиль қозғалысындағы жылдамдық (a) және жол (б) графиктері.

### Жол графигі

Дене  $v = 5$  м/с жылдамдықпен қозғалған болсын. Жолдың формуласы  $s = vt$  дағы  $t$  уақытқа сан мәнін беріп, оған сәйкес келетін  $s$  жолдың тиісті мәнін табамыз және нәтижелерін кестеге жазамыз:

$t, c$	5	10	15	20
$s=vt, м$	25	50	75	100

Кестедегі  $t$  уақыттың әр мәніне тура келген  $s$  жолдың сәйкес мәндерін координата арқылы көрсетсек, жол графигін аламыз (29-а сурет). Жол графигінің жалпы жағдайдағы көрінісі 29-б суретте бейнеленген.

### Есеп шығару үлгісі

Автомобиль 60 км/сағат жылдамдықпен бір қалыпты қозғалуда. Оның 15 минуттағы қозғалысы үшін жылдамдық және жол графигін сал.

Шешуі: 15 мин = 0,25 сағат. Жылдамдықтың графигі қабырғалары 60 км/сағат және 0,25 сағат болған тік төртбұрыш болады (30-а сурет). Пайда болған сол тік төртбұрыштың ауданы:  $60 \cdot 0,25 = 15$ . Бұл сан жағынан автомобильдің 15 минутта басып өткен  $s$  жолына тең.

$s = vt$  -да  $v = 60$  км/сағ екенін ескеріп, төмендегі кестені түземіз:

$t, c$	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
$s, км$	3	6	9	12	15

Осы кесте негізінде 30-б суретте бейнеленген жол графигін аламыз.



**Тірек ұғымдар:** бір қалыпты қозғалыста басып өткен жол, бір қалыпты қозғалған дененің қозғалыс уақыты, жылдамдық графигі, жол графигі.



1. Бір қалыпты қозғалыста жүрілген жолды табу формуласы қандай?
2. Бір қалыпты қозғалыстың жылдамдық формуласынан қозғалыс уақыты қалай табылады?
3. Жылдамдық графигі қалай өрнектеледі?
4. Жол графигі кестенің көмегімен қалай сызылатынын түсіндіріп бер.
5. Үйіңнен мектепке барғандағы жағдай үшін шамамен жылдамдық және жол графигін сал.



1. 3 м/с жылдамдықпен бір қалыпты қозғалған дене 20 секундта қанша жол жүрді?
2. 120 км/сағат жылдамдықпен қалыпты қозғалған пойыз 15 минутта неше километр жол жүреді?
3. 10 м/с жылдамдықпен қалыпты қозғалған дене 6 километр жолды неше минутта басып өтеді?
4. Аспанға көтерілген соң 900 км/сағат жылдамдықпен қалыпты ұшқан самолет 450 км қашықтықты неше сағатта ұшып өтеді?
5. 18 км/сағат жылдамдықпен қалыпты қозғалған велосипед үшін жылдамдық және жол графигін сал.

## § 8. БІР ҚАЛЫПСЫЗ ҚОЗҒАЛЫСТАҒЫ ЖЫЛДАМДЫҚ

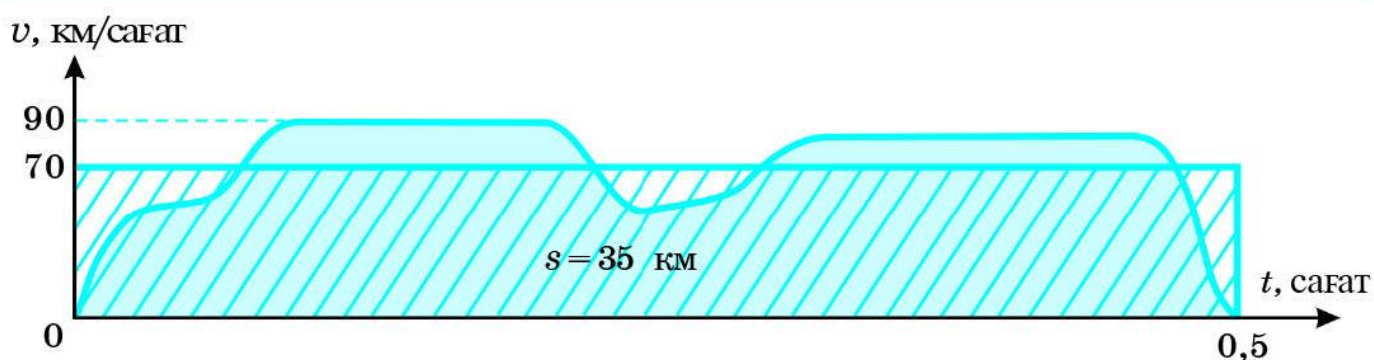
### Орташа жылдамдық

Бір қалыпты қозғалған дене кез келген  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  уақыт аралығында сәйкесінше  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$  жолды басып өткендегі жылдамдығы тұрақты мәнге ие болады:

$$v = \frac{s_1}{t_1} = \frac{s_2}{t_2} = \frac{s_3}{t_3} = \dots = \frac{s_n}{t_n} = \text{const}, \quad (1)$$

мұнда “const” өзгермейтін мәнді өрнектейтін белгі (латыншадан *constantus* – өзгермейді, тұрақты).

Айналамыздағы денелер негізінен бір қалыпсыз қозғалыс жасайды. Мысалы, автобус бір қаладан екінші қалаға дейін 35 км жол жүріп,



**31-сурет.** Автомобильдің бір қалыпсыз қозғалысындағы жылдамдық графигі.

жарты сағаттан кейін екінші қалаға жетіп келді. Мұнда автобус әртүрлі жылдамдықпен жүрді. Жолдың кейбір бөлігінде бір қалыпты қозғалды (31-сурет). Жалпы айтқанда, оның қозғалысы бір қалыпсыз қозғалыс.



**Қозғалыс барысында дененің жылдамдығы өзгертін болса, бұндай қозғалысты бір қалыпсыз қозғалыс дейді.**

31-суреттегі көгілдір түсті пішіннің беті басып өткен  $s = 35$  км жолдың сан мәніне тең.

Жоғарыдағы мысалда автобустың өзгермейтін жылдамдығы емес, оның орташа жылдамдығы жайлы әңгіме болуы мүмкін. Автобустың орташа жылдамдығы  $35 \text{ км} : 0,5 \text{ сағат} = 70 \text{ км/сағат}$ қа тең.



**Бір қалыпсыз қозғалыста орташа жылдамдық дене басып өткен жолдың сол жолды басып өтуге кеткен уақытқа қатынасымен анықталады.**

Яғни:

$$v_{\text{орт}} = \frac{s}{t}. \quad (2)$$

Жылдамдық графигіндегі орташа жылдамдық графигі өзгермейтін жылдамдық сияқты горизонталь бағыттағы түзу сызық болады.

(2) формуладан бір қалыпсыз қозғалыста басып өткен жол төмендегідей өрнектеледі:

$$s = v_{\text{орт}} t. \quad (3)$$

Автобустың орташа жылдамдығы  $v_{\text{орт}} = 70$  км/сағат пен қозғалыс уақыты  $t = 0,5$  сағаттың көбейтіндісі 31-суреттегі тік төртбұрыштың ауданына сан жағынан тең. Мұнда орташа жылдамдық графигі құрған

штрихталған пішіннің ауданы бір қалыпсыз қозғалыс жылдамдығы құрған көгілдір түсті пішіннің ауданына тең болады.

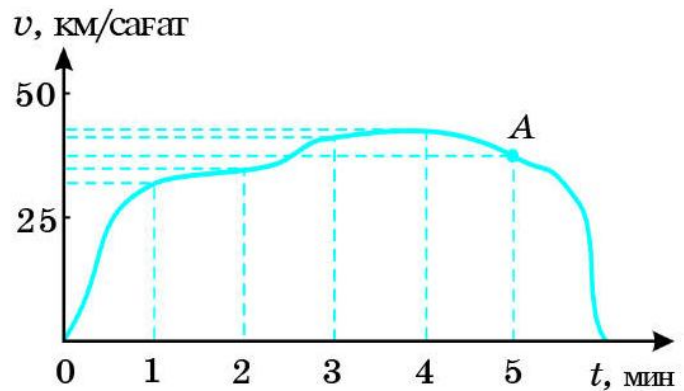
### Лездік жылдамдық

Орташа жылдамдық дененің бүкіл жол кезіндегі қозғалысын жалпы өрнектейді. Бірақ ол жолдың кез келген нүктесіндегі жылдамдықты бейнелемейді. Бізді жолдың кез келген нүктесіндегі жылдамдық қызықтырады.



**Дененің белгілі бір кездегі немесе траекториясының белгілі бір нүктесіндегі жылдамдығы лездік жылдамдық деп аталады.**

Автобустың екі бекет арасындағы бір қалыпсыз жылдамдығын талдайық. Бекеттер арасындағы қозғалыс жылдамдығының графигін 32-суреттегідей бейнелеуге болады. Осы уақыт ішінде кез келген уақытқа тура келетін жылдамдық лездік жылдамдық болады. Мысалы, 1 минут өткеннен кейінгі сәттегі жылдамдық 32 км/сағ, 3 минуттан кейінгі сәттегі жылдамдығы 40 км/сағат, 5 минуттан кейінгі сәттегі жылдамдығы 20 км/сағ болса, бұл жылдамдықтар автобустың тиісті қозғалыс уақытының сәттері үшін лездік жылдамдықты өрнектейді.



32-сурет. Автомобильдің жылдамдық графигі.

Қозғалыстың белгілі бір нүктесіндегі лездік жылдамдықты анықтау үшін осы нүктеде кішкентай  $\Delta t$  уақыт ішінде дененің басып өткен  $\Delta s$  жолы табылады. Мұнда  $\Delta$  (делта) кішкентай аралықты білдіретін белгілі. 32-суреттегі жылдамдық графигі бойынша  $A$  нүктеде автобус  $\Delta t = 3$  с уақытта  $\Delta s = 30$  м жол жүрген болсын. Онда автобустың  $A$  нүктедегі лездік жылдамдығы төмендегідей анықталады:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30 \text{ м}}{3 \text{ с}} = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{км}}{\text{сағат}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{сағат}}.$$



**Тірек ұғымдар:** бір қалыпсыз қозғалыс, орташа жылдамдық, бір қалыпсыз қозғалыстағы орташа жылдамдық, лездік жылдамдық.



1. Бір қалыпсыз қозғалыс деп нені айтады?
2. Бір қалыпсыз қозғалыстағы орташа жылдамдық қалай анықталады?
3. Лездік жылдамдық деп нені айтады?
4. 32-суретте бейнеленген жылдамдықтың графигін талда.



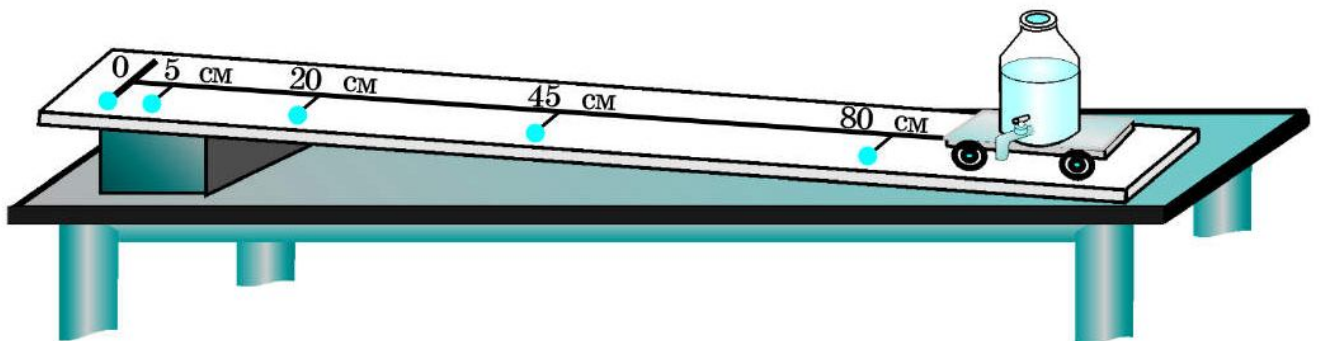
1. Дене бір қалыпсыз қозғалып, 2 минутта 60 м жол басып өтті. Оның орташа жылдамдығы неше м/с-ке тең?
2. Ташкенттен сағат 7<sup>30</sup> да жолға шыққан “Нексия” 270 км жол жүріп, сағат 10<sup>30</sup> да Ферғанаға жетіп келді. “Нексияның” орташа жылдамдығын тап.
3. Оқушы жолдың белгілі бір бөлігінде 2 с ішінде 3 м жол жүрді. Оқушының жолдың осы бөлігіндегі жылдамдығын тап.
4. Егер оқушының орташа жылдамдығы 1 м/с, үйден мектепке дейін 600 м болса, ол мектепке 7<sup>50</sup> де жетіп баруы үшін үйден сағат нешеде шығуы керек?

## § 9. БІР ҚАЛЫПТЫ ӨЗГЕРЕТІН ҚОЗҒАЛЫСТАҒЫ ҮДЕУ

### Бір қалыпты өзгеретін қозғалыс туралы түсінік

Бір қалыпсыз қозғалыстың ең қарапайым көрінісі — бір қалыпты өзгеретін қозғалыс. Көлбеу науамен домалап түсіп келе жатқан шардың немесе көлбеу жазықтықтан түсіп келе жатқан арбаның қозғалысы бір қалыпты өзгеретін қозғалысқа мысал бола алады.

Бір қалыпты өзгеретін қозғалысты түсіндіру үшін тамызғыш орнатылған арбаның көлбеу жазықтықтағы қозғалысына қатысты өткізген тәжірибені есімізге түсірейік (33-сурет). Мұнда:



**33-сурет.** Көлбеу жазықтықтан түсіп бара жатқан арба бір қалыпты өзгеретін қозғалыс жасайды.

- 1 және 2-тамшылардың арасы — 5 см;
- 2 және 3-тамшылардың арасы — 20 см — 5 см = 15 см;
- 3 және 4-тамшылардың арасы — 45 см — 20 см = 25 см;
- 4 және 5-тамшылардың арасы — 80 см — 45 см = 35 см.

Демек, тамшылар арасындағы қашықтық әр 0,5 с-та 10 см-ге артып отырады. Бұдан әр 0,5 с-та арбаның жылдамдығы  $10\text{см}:0,5\text{с}=20\text{ см/с}$ -қа артып отыратынын анықтауға болады.



**Кез келген тең уақыт аралықта жылдамдығы сәйкесінше тең шамаларға өзгеріп отыратын қозғалыс бір қалыпты өзгертін жылдамдық деп аталады.**

Автомобиль орнынан қозғалып, жылдамдығын бір қалыпты арттырып отырса, оның жылдамдығын да бір қалыпты өзгертін (үдеу) қозғалыс деуге болады.

Дененің жылдамдығы бір қалыпты артқанда ғана емес, жылдамдығы бір қалыпты кемігенде де бір қалыпты өзгертін қозғалыс болады. Мысалы, шарды көлбеу жазықтықта төменнен жоғарыға қарай домалатқанда оның жылдамдығы бір қалыпты өзгертін (баяулайтын) болады. Тегіс түзу жолда үлкен жылдамдықпен кетіп бара жатқан автомобильдің моторы өшірілсе, ол бір қалыпты өзгертін қозғалыс жасап, белгілі жолды басып өткеннен кейін тоқтайды. Бұдан былай бір қалыпты өзгертін қозғалыс дегенде, жылдамдығы бір қалыпты үдейтін немесе бір қалыпты төмендейтін қозғалысты айтамыз.

### Үдеу және оның бірлігі

Бір қалыпты өзгертін қозғалысты сипаттау үшін *үдеу* деп аталатын шама енгізілген.



**Уақыт бірлігінде дене жылдамдығының өзгеруін үдеу дейміз.**

Үдеудің формуласы төмендегідей өрнектеледі:

$$a = \frac{v - v_0}{t}, \quad (1)$$

мұнда  $v_0$  — дененің баптапқы жылдамдығы,  $v$  — қозғалыс басталғаннан  $t$  уақыт өткендегі жылдамдық.



**Үдеу жылдамдық өзгерісінің сол жылдамдық өзгерісі болған уақыт аралығына қатынасымен анықталады және  $a$  әрпімен белгіленеді.**

Үдеудің формуласын пайдаланып, үдеу бірлігін табуға болады. Үдеудің негізгі бірлігі етіп  $\text{м/с}^2$  қабылданған.



**Халықаралық бірліктер системасында үдеу бірлігі болып сондай бірлік қабылданған, онда дененің қозғалыс жылдамдығы әр 1 с-та 1 м/с-қа өзгереді.**

Үдеу бірлігі ретінде  $1 \text{ см/с}^2$  та көп қолданылады. Мұнда  $1 \text{ м/с}^2 = 100 \text{ см/с}^2$  қатынасы орынды болады.

Үдеудің формуласы баяулайтын жылдамдық үшін де орынды. Мысалы, бір қалыпты баяулайтын қозғалыс жасаған дененің бастапқы жылдамдығы  $v_0 = 20 \text{ м/с}$ ,  $t = 10 \text{ с}$  уақыт өткендегі жылдамдығы  $v = 5 \text{ м/с}$  болса, онда үдеу төмендегідей болады:

$$a = \frac{5 - 20}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = -1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Бір қалыпты үдемелі қозғалыста дененің үдеуі оң ( $a > 0$ ), бір қалыпты баяулайтын қозғалыста болса теріс ( $a < 0$ ) болады.

Үдеу — векторлық шама. Оның векторлық көрінісі төмендегідей:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (2)$$

Түзу сызықты бір қалыпты қозғалыста үдеудің бағыты дене қозғалысының бағыты бойынша, қалыпты баяу қозғалыста қозғалыс бағытына карама-қарсы болады.

*Есеп шығару үлгісі*

Бір қалыпты үдемелі қозғалған “Спарк” 5 с-та жылдамдығын 36 км/сағаттан 90 км/сағатқа арттырды. “Спарк” үдеуін тап.

*Берілген:*

$$\begin{aligned} t &= 5 \text{ с}; \\ v_0 &= 36 \text{ км/сағ.} = 10 \text{ м/с}; \\ v &= 90 \text{ км/сағ.} = 25 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

*Табу керек:*  $a - ?$

*Формуласы:*

$$a = \frac{v - v_0}{t}.$$

*Шешуі:*

$$a = \frac{25 - 10}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

*Жауабы:*  $a = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$



**Тірек ұғымдар:** бір қалыпты өзгеретін қозғалыс, қалыпты үдемелі қозғалыс, қалыпты баяу қозғалыс, үдеу.



1. Бір қалыпты өзгеретін қозғалысты мысалдармен түсіндір.
2. 33-суреттегі көлбеу жазықтықтағы арбаның қозғалысына талдау жаса және арбаның бір қалыпты өзгеретін қозғалыс жасағанын негізде.
3. Үдеу деп нені айтады? Үдеудің формуласы қалай өрнектеледі?
4. Халықаралық бірліктер системасында үдеудің бірлігі етіп не қабылданған?
5. Үдемелі қозғалыста  $a$  үдеудің белгісі қандай болады? Баяулайтын қозғалыста ше?
6. Үдеудің вектор көрінісіндегі формуласы қалай өрнектеледі? Вектордың бағыты қалай өзгереді?
7. Сен жүгіре бастадың және белгілі уақыттан кейін тоқтадың. Мұнда қандай жағдайда үдемелі, қандай жағдайда баяулайтын қозғалыс жасадың?



1. Дене бастапқы жылдамдықсыз бір қалыпты үдемелі қозғалып, 8 с-та 20 м/с жылдамдық алды. Дене қандай үдеумен қозғалған?
2. Велосипед орнынан қозғалып, алдымен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасады және 10 секундта 18 км/сағат жылдамдық алды. Сосын тежегішті басып, бір қалыпты баяулайтын қозғалыс жасады және 5 секундта тоқтады. Велосипедтің бір қалыпты үдемелі қозғалыстағы және бір қалыпты баяулайтын қозғалыстағы үдеуін тап.
3. Бір қалыпты үдемелі қозғалған “Нексия” 25 с-та жылдамдығын 45 км/сағаттан 90 км/сағат арттырды. “Нексияның” үдеуін тап.
4. Орнынан қозғалған дене  $0,3 \text{ м/с}^2$  үдеумен қозғалып, қанша уақытта 9 м/с жылдамдық алады?
5. Самолёттің қону кезінде доңғалағы жерге тигендегі жылдамдығы 360 км/сағат. Егер оның үдеуі  $- 2,0 \text{ м/с}^2$  болса, ол қанша уақыттан кейін тоқтайды?

## § 10. БІР ҚАЛЫПТЫ ӨЗГЕРЕТІН ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫ

### Бір қалыпты өзгеретін қозғалыстағы жылдамдық және оның графигі

Егер бір қалыпты өзгеретін қозғалыстағы дененің бастапқы жылдамдығы мен үдеуі белгілі болса, оның кез келген уақыттағы жылдамдығын есептеп табуға болады. Үдеудің  $a = \frac{v - v_0}{t}$

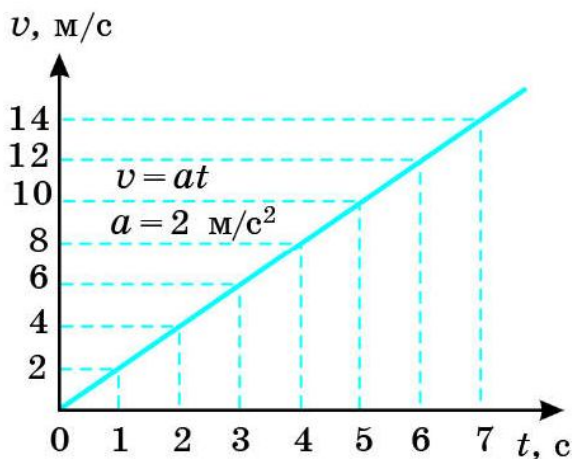
формуласынан дененің кез келген  $t$  уақыттағы  $v$  жылдамдығы үшін төмендегі өрнекті алу мүмкін:

$$v = v_0 + at. \quad (1)$$

Дене бастапқы ( $v_0 = 0$ ) бір қалыпты өзгеріспен қозғалғанда жылдамдық формуласы төмендегідей өрнектеледі:

$$v = at. \quad (2)$$

Бастапқы жылдамдықсыз  $a = 2 \text{ м/с}^2$  үдеумен қозғалып жатқан дененің жылдамдық графигін сызайық. Ол үшін ең алдымен (2) формуладан  $a = 2 \text{ м/с}^2$  деп алып,  $t$  -ға сан мәндерін береміз және оған сәйкес  $v$ -ның мәндерін аламыз. Содан соң нәтижелерді төмендегі кестеге жазамыз:

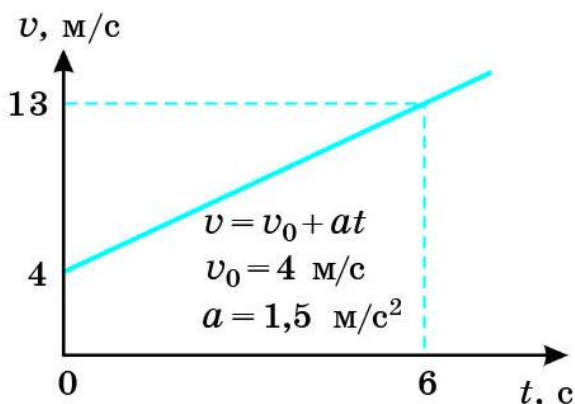


34-сурет. Бір қалыпты үдейтін дененің қозғалыс графигі ( $v_0 = 0$ ).

$t, \text{ с}$	1	2	3	4	5	6	7
$v, \text{ м/с}$	2	4	6	8	10	12	14

Кестедегі  $t$  және  $v$ -ның сан мәндерін тиісінше координаталар осіне қойып,  $v_0 = 0$  жағдай үшін бір қалыпты қозғалатын жылдамдық графигін аламыз (34-сурет).

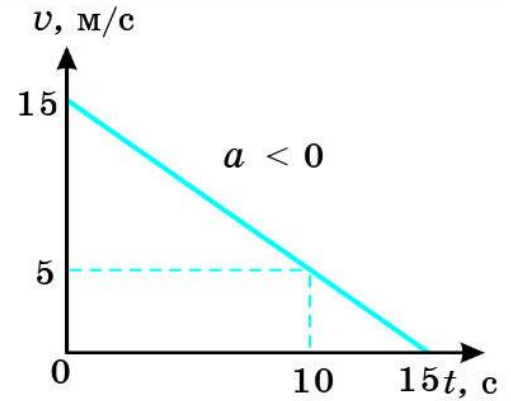
Бір қалыпты өзгертін қозғалыс үшін жылдамдық графиктері түзу сызық болады. Сондықтан уақыттың екі мәні мен оған сәйкес келетін жылдамдықтарды графиктерде өрнектеген жеткілікті.



35-сурет. Бір қалыпты үдейтін қозғалыстың жылдамдық графигі.

Дене  $v_0 = 4 \text{ м/с}$  бастапқы жылдамдық және  $a = 1,5 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасаған болсын. Ондай жағдайда (1) формуладан  $t = 0$  мәні үшін  $v = 4 \text{ м/с}$ ,  $t = 6 \text{ с}$  мәні үшін  $v = 13 \text{ м/с}$  екенін табуға болады. Оларды координаталар осіне қойып 35-суреттегі графигі аламыз. Бұл бастапқы жылдамдық және бір қалыпты үдемелі қозғалған дененің жылдамдық графигі.

Енді бір қалыпты баяу қозғалыс, яғни  $a < 0$  жағдай үшін жылдамдық графигін қарастырайық. Дене  $v_0 = 15$  м/с бастапқы жылдамдық және  $a = -1$  м/с<sup>2</sup> үдеумен қалыпты баяулайтын қозғалыс жасасын. (1) формуладан  $t = 0$  мән үшін  $v = 15$  м/с,  $t = 10$  с мән үшін  $v = 5$  м/с екенін есептеп табуға болады. Оларды координаталар осіне қойып, бір қалыпты баяулайтын қозғалыс үшін жылдамдық графигін аламыз (36-сурет).



**36-сурет.** Бір қалыпты баяулайтын қозғалыстың жылдамдық графигі.

Бір қалыпты баяулайтын қозғалыста дене бәрібір тоқтайды. Оны 36-суреттен де көруге болады. Шындығында, (1) формулада  $t = 15$  с-та  $v = 0$  болады, яғни дене қозғалысын тоқтатады.

Әдетте денелер белгілі бір уақытта алдымен үдеумен, кейін өзгермейтін жылдамдықпен, одан соң баяу қозғалыс жасап тоқтайды. Мысалы, орнынан қозғалған велосипед 10 секунд барысында жылдамдығын 5 м/с-қа жеткізген болсын. Сол жылдамдықпен велосипед 40 с қозғалсын. Сосын жайлап тежегішті басқанда 5 с ішінде қалыпты баяу қозғалыс жасап тоқтайды. Велосипедтің бұл қозғалысы үшін жылдамдық графигі 37-суретте берілген.



**37-сурет.** Велосипед қозғалысының жылдамдық графигі.

### Бір қалыпты қозғалыстың орташа жылдамдығы

Бір қалыпты өзгертін қозғалыс жасаған дененің орташа жылдамдығы төмендегідей өрнектеледі:

$$v_{\text{орт}} = \frac{v_0 + v}{2}, \quad (3)$$

мұнда  $v_0$  — дененің бастапқы жылдамдығы,  $v$  — кез келген  $t$  уақыттағы жылдамдығы.

Мысалы, жылдамдық графигі 35-суретте берілген 6 с уақыт өткендегі дененің орташа жылдамдығын төмендегідей есептеуге болады:

$$v_{\text{орт}} = \frac{4 + 13}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 8,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

(3) формуладағы  $v$  жылдамдықтың орнына оның  $v = v_0 + at$  мәні қойылса, орташа жылдамдықтың формуласы шығады:

$$v_{\text{орт}} = v_0 + \frac{at}{2}. \quad (4)$$

Мысалы, 35-суреттегі жылдамдық графигінде  $v_0 = 4$  м/с,  $a = 1,5$  м/с<sup>2</sup> екенінен  $t = 6$  с уақыт өткендегі дененің орташа жылдамдығынан табуға болады:

$$v_{\text{орт}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{1,5 \cdot 6}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 8,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

(3) және (4) формулалардан бастапқы жылдамдықсыз,  $v_0 = 0$  жағдай үшін бір қалыпты өзгертін қозғалыстағы орташа жылдамдық мәндерін табуға болады:

$$v_{\text{орт}} = \frac{v}{2}, \quad (5)$$

$$v_{\text{орт}} = \frac{at}{2}. \quad (6)$$

*Есеп шығару үлгісі:*

Бастапқы жылдамдығы 18 км/сағат «Матиз» автомобилі 1,0 м/с<sup>2</sup> үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалып, 10 с-тан кейін қандай жылдамдыққа жетеді? «Матиздің» орташа жылдамдығын тап.

*Берілген:*

*Формуласы:*

*Шешуі:*

$v_0 = 18 \text{ км/сағ} = 5 \text{ м/с};$ $a = 1 \text{ м/с}^2;$ $t = 10 \text{ с}.$	$v = v_0 + at;$ $v_{\text{орт}} = v_0 + \frac{at}{2}.$	$v = (5 + 1 \cdot 10) \text{ м/с} =$ $= 15 \text{ м/с} = 54 \text{ км/сағ};$ $v_{\text{орт}} = (5 + (1 \cdot 10)/2) \text{ м/с} =$ $= 10 \text{ м/с} = 36 \text{ км/сағ}.$
---	---	---

*Табу керек:*

$v - ?$   $v_{\text{орт}} - ?$

*Жауабы:*  $v = 54$  км/сағат;  $v_{\text{орт}} = 36$  км/сағ.



**Тірек ұғымдар:** бір қалыпты өзгертін қозғалыстағы жылдамдық, бір қалыпты өзгертін қозғалыстың орташа жылдамдығы.



1. Бір қалыпты өзгертін қозғалыстың жылдамдық формуласы қалай өрнектеледі?

2. Бір қалыпты өзгеретін қозғалыстағы дененің жылдамдық графигін сыз.
3. Бір қалыпты баяу қозғалыс жасайтын дене үшін жылдамдық графигі қандай болады?
4. 37-суретте берілген жылдамдық графигіне талдау жаса. Велосипед орнынан қандай үдеумен қозғалған? Тоқтағанда ше?
5. Бір қалыпты қозғалған дененің орташа жылдамдығы қалай өрнектеледі?

**М**  
**6**

1. Орнынан қозғалған дене  $0,2 \text{ м/с}^2$  үдеумен қозғалғанда 1 минутта ол қандай жылдамдыққа жетеді?
2. Бастапқы жылдамдығы  $3 \text{ м/с}$  дене  $0,4 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасап, 30 с-та қандай жылдамдық алады?
3.  $60 \text{ км/сағат}$  жылдамдықпен келе жатқан “Нексия” моторы өшірілгеннен кейін —  $0,5 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты баяу қозғалыс жасай бастады. 20 с-тан соң оның жылдамдығы қандай болады? Сол 20 секунд ішіндегі орташа жылдамдық қанша болады?
4.  $0,4 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасаған дененің белгілі уақыттағы жылдамдығы  $9 \text{ м/с}$  тең. Дененің осыдан 10 с бұрынғы бастапқы жылдамдығы қандай болған?

## § 11. БІР ҚАЛЫПТЫ ӨЗГЕРЕТІН ҚОЗҒАЛЫСТА БАСЫП ӨТІЛГЕН ЖОЛ

### Жолдың формуласы

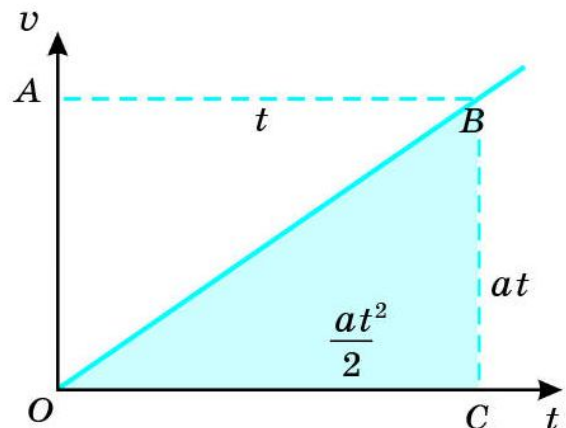
Тыныш тұрған дене  $a$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасап,  $t$  уақыт ішіндегі  $v$  жылдамдыққа жетті. Осы уақыт ішінде дененің басып өткен жолы төмендегідей өрнектеледі:

$$s = v_{\text{орт}} t. \quad (1)$$

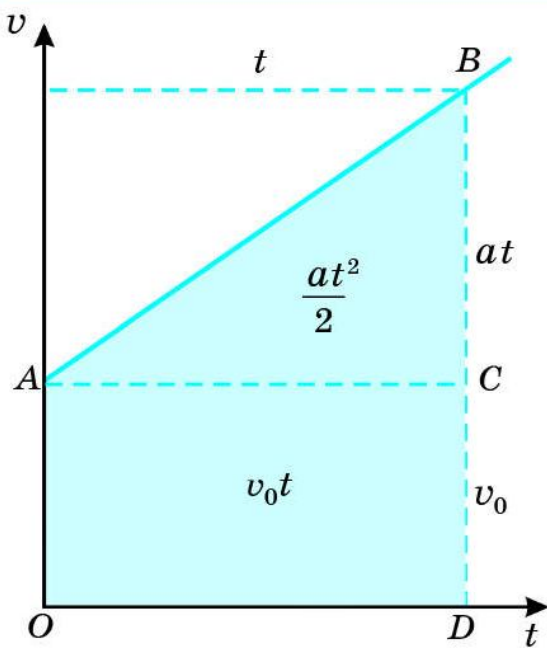
мұнда  $v_{\text{орт}} = at/2$  екенінен бір қалыпты үдемелі қозғалғанда басып өтілген жол үшін төмендегі формуланы аламыз:

$$s = \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$

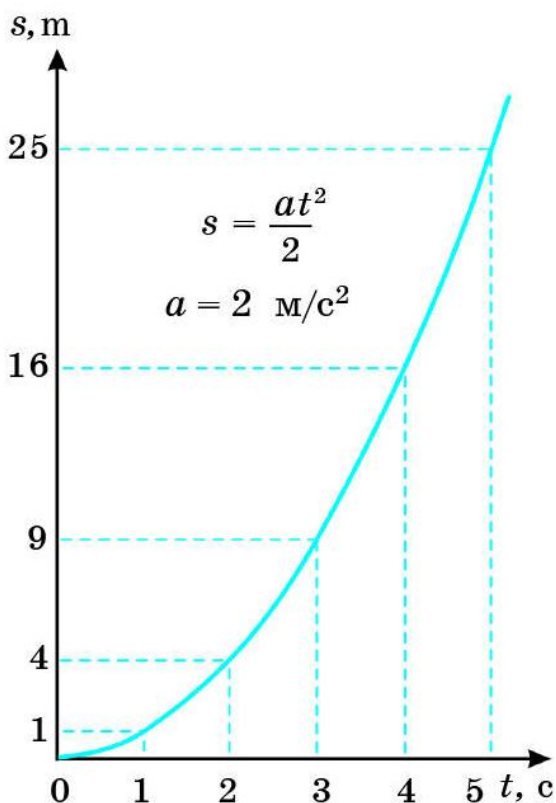
Бастыпқы жылдамдықсыз бір қалыпты қозғалған дененің жылдамдық графигі көлбеу бойынша бағытталған түзу сызық болатынын білесің (38-сурет).



**38-сурет.**  $v_0 = 0$  жағдай үшін бір қалыпты үдейтін қозғалыстағы жол.



**39-сурет.**  $v_0 > 0$  болғанда бір қалыпты үдемелі қозғалыс үшін жол графигі.



**40-сурет.**  $v_0 = 0$  болғанда бір қалыпты қозғалыс үшін жол графигі.

38-суретте берілген  $OBC$  үшбұрыштың ауданын алайық. Суреттегі  $OABC$  тік төртбұрыштың қабырғалдары  $at$  және  $t$  екенінен оның ауданы  $at \cdot t = at^2$ -ға тең.  $OBC$  үшбұрыштың ауданы  $OABC$  тік төртбұрыш ауданының жартысына тең, яғни:  $at^2/2$ . Бұл дене басып өткен жолды өрнектейді.

$v_0$  бастапқы жылдамдықпен бір қалыпты үдемелі қозғалған дененің  $t$  уақыт ішінде басып өткен  $s$  жолы 39-суретте берілген  $OABD$  пішін ауданының сан мәніне тең болады. Ол екі бөліктен — ауданы  $v_0 t$  болған  $OACD$  тік төртбұрыштан және ауданы  $at^2/2$  болған  $ABC$  үшбұрыштан құралған.

Демек, бір қалыпты өзгеретін қозғалыста дененің басып өткен жолы төмендегідей өрнектеледі:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \quad (3)$$

### Жолдың графигі

Дене орнынан қозғалып  $a = 2 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалып жатсын. Бұндай қозғалыс үшін жол графигін сызу үшін алдымен  $s = at^2/2$  формуладан  $t$  уақыттың бірнеше мәніне сәйкес келетін  $s$  жолды есептейміз және нәтижелерді жазып шығамыз.

$t, \text{ c}$	0	1	2	3	4	5
$s, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25

Кестедегі  $t$  және  $s$ -тің сәйкес мәндерін координата оғында көрсетіп, жол графигін сызамыз (40-сурет).

Бастапқы жылдамдықпен үдемелі қозғалыс жасаған дененің жол графигі де осылай сызылады. Оның графигі де қисық сызықты болады, уақыт өтуімен басып өткен жол жылдам артады.

*Есеп шығару үлгісі*

10 м/с жылдамдықпен тура жолда келе жатқан велосипед  $0,2 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты баяу қозғалыс жасады. Велосипед 40 с-та қанша жолды жүреді? Велосипед қанша уақыттан кейін тоқтайды?

*Берілген:*

*Формуласы:*

*Шешуі:*

$$\begin{aligned} v_0 &= 10 \text{ м/с}; \\ a &= -0,2 \text{ м/с}^2; \\ t &= 40 \text{ с}; \\ v &= 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= v_0 t + \frac{at^2}{2}; \\ v &= v_0 + at_0; \\ v_0 + at_0 &= 0; \end{aligned}$$

$$s = (10 \cdot 40 + \frac{-0,2 \cdot 40^2}{2}) \text{ м} = 240 \text{ м};$$

$$t_0 = -\frac{10}{-0,2} \text{ с} = 50 \text{ с}.$$

*Табу керек:*

$$s - ? \quad t_0 - ?$$

$$t_0 = -\frac{v_0}{a}.$$

*Жауабы:*  $s=240\text{м}; t_0=50\text{с}.$



**Тірек ұғымдар:** бір қалыпты өзгертін қозғалыста басып өткен жол, бір қалыпты өзгертін қозғалыс үшін жол графигі.



1. Бастапқы жылдамдықсыз қозғалыс үшін жолдың формуласы қалай өрнектеледі?
2. 38-суретте берілген  $v_0 = 0$  үшін жылдамдық графигінен дененің басып өткен жолын қалай табамыз?
3. 39-суретте берілген  $v_0 = 0$  үшін жылдамдық графигінен дененің басып өткен жолын қалай табамыз?
4. 40-суреттегі жол графигі қалай құрылғанын түсіндір.



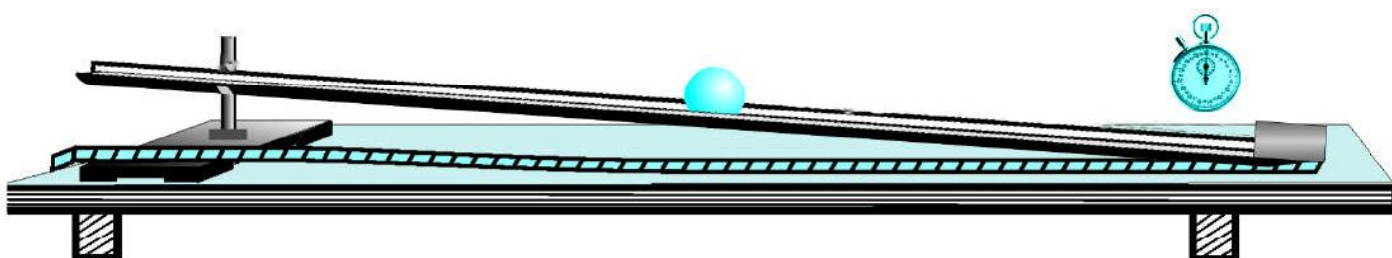
1. Орнынан қозғалып,  $0,3 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасаған дене 10 с-та қанша жол жүреді?
2. Бастапқы жылдамдығы 30 км/сағат болған автомобиль  $0,5 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасап, 1 минутта қанша жолды жүріп өтеді?
3. Дене орнынан қозғалып,  $1 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасайды. Дене қозғалысының жол графигін сыз.
4. Бастапқы жылдамдығы 36 км/сағат болған автомобиль  $0,4 \text{ м/с}^2$  үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасады. Автомобиль қозғалысының жол графигін сыз.

## § 12. БІР ҚАЛЫПТЫ ҮДЕМЕЛІ ҚОЗҒАЛҒАН ДЕНЕНІҢ ҮДЕУІН АНЫҚТАУ

(1-зертханалық жұмыс)

**Жұмыстың мақсаты:** көлбеу наудан домалап түскен шардың жүріп өткен жолы және қозғалыс уақытын өлшеу арқылы үдемелі қозғалған дененің үдеуін анықтауды үйрену.

**Қажетті құралдар:** металл нау, шар, штатив, металл цилиндр, өлшегіш лента, секундомер.



41-сурет. Бір қалыпты үдемелі қозғалыстың үдеуін анықтауға арналған қондырғы.

### Жұмысты орындау тәртібі

1. 41-суретте көрсетілгендей металл науды штативке орнат, металл цилиндрді наудың төменгі ұшына орналастыр.

2. Шарды наудың жоғары жағынан қойып жібергеннен наудың төменгі ұшындағы металл цилиндрге барып соғылғанға дейінгі өткен уақытты секундомердің көмегімен өлше.

3. Тәжірибені 3 рет қайтала. Әр қайталағанда шардың қозғалыс уақыты  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ -ті өлше және нәтижелерін 1-кестеге жазып қой.

4. Өлшегіш лентаның жәрдемімен шардың басып өткен  $s$  жолын өлше және нәтижесін кестеге жазып қой.

5. Бір қалыпты үдемелі қозғалыста дене басып өткен жолдың формуласы  $s = at^2/2$ -ден үдеудің формуласы  $a = 2s/t^2$  болады. Тәжірибеде өлшенген  $s$  жолды және әрбір  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  уақытты бір-бірлеп үдеудің формуласына қойып,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ ,  $a_5$  үдеулерді есепте және кестеге жаз.

6.  $a = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5)/3$  формуламен орташа үдеуді есепте және нәтижені кестеге жаз. Анықталған бұл мән көлбеу наудан домалап түскен шардың үдеуін өрнектейді.

7. Осы тәжірибені наудың көлбеулігі үш түрлі жағдайда орында.
8. Нәтижелерді талда және қорытынды шығар.

1-кесте

р/н	$s, м$	$t_1, с$	$t_2, с$	$t_3, с$	$a_1, с/м^2$	$a_2, м/с^2$	$a_3, м/с^2$	$a, м/с^2$
Үлгі	1,63	6	5	7	0,09	0,13	0,07	0,1
1								
2								
3								

- ?
1. Осы зертханалық жұмысты орындау үшін қандай құралдар пайдаланылады? Олардың әрқайсысы қандай мақсатта қолданылады?
  2. Неге уақытты өлшегенде ол әр кез әр түрлі болмайды?
  3. Үдеу қайсы формуланың көмегімен қалай есептеледі?
  4. Наудың көлбеулігі артса үдеудің мәні неге артады?

### § 13. ДЕНЕЛЕРДІҢ ЕРКІН ТҮСУІ

Дененің еркін түсуі мен жоғарыға тік лақтырылған дененің қозғалысы түзу сызықты бір қалыпты өзгертін қозғалысқа мысал болады. Денелердің бұндай қозғалысын Италия ғалымы *Галилео Галилей* (1564–1642) XVI ғасырдың соңында зерттеген.

Галилей еркін түсіп жатқан дененің қозғалысы бір қалыпты үдемелі қозғалыс екенін анықтаған. Ол Пиза мұнарасынан денені тастап, оның жерге түскен уақытын және мұнараның биіктігін өлшеу арқылы түсудің үдеуін есептеп тапқан (42-сурет). Оның есептеуінше, биіктіктен тасталған дене  $9,81 м/с^2$  үдеумен жерге түседі.

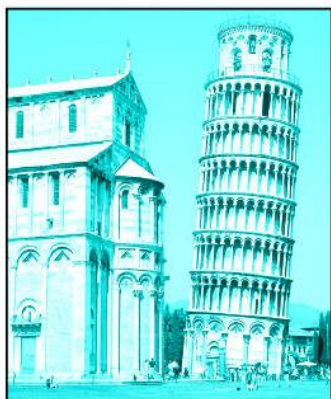


Галилео Галилей

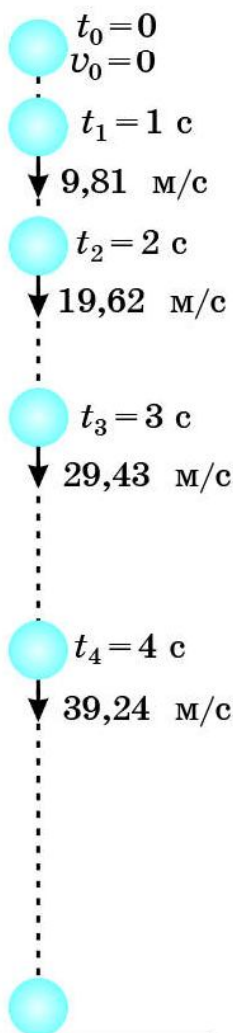
Қолымыздағы тасты қойып жіберсек, ол жерге еркін түседі. Бірақ қағаз қиындысы мен құстың мамығын қойып жіберсек, олар жерге тез түспейді, яғни біраз ұшып жүріп, жайлап жерге түседі. Қағаз қиындысы мен құстың мамығының жерге еркін түсуіне ауа кедергі жасайды.



**Дененің ауасыз жерде тек Жердің тартуы әсеріндегі қозғалысы еркін түсу деп аталады.**



42-сурет. Пиза мұнарасы.



43-сурет. Еркін түсіп жатқан дененің қозғалысы.

Тығыздығы үлкен тас, металл шар сияқты денелердің түсуінде дененің кедергісін есепке алмаса да болады. Олардың түсуін еркін түсу деп есептеуге болады.

Еркін түсетін дененің жылдамдығы бірдей уақыт аралығында бірдей артады. 80 м биіктіктен металл шарды қойып жібердік деп ойлайық. Мұнда шар бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасап, оның жылдамдығы әр секундта 9,81 м/с-ке артады (43-сурет).



**Еркін түсетін дененің үдеуі тұрақты шама, бұл шама еркін түсу үдеуі деп аталады және  $g$  әрпімен белгіленеді:**

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

Еркін түсу үдеуін шамамен 9,8 м/с<sup>2</sup>, кейбір жағдайларда дөңгелектеп 10 м/с<sup>2</sup>-қа тең деп алуға болады.

Еркін түсу үдеуі векторлық шама, ол әрқашан төмен қарай тік бағытталған болады.

Түзу сызықты бір қалыпты өзгеретін қозғалысқа қатысты барлық формулаларды еркін түсуге қолдану мүмкін. Тек мұнда  $a$  үдеуін  $g$  еркін түсу үдеуімен,  $s$  жолды  $h$  биіктікпен алмастырсаң жеткілікті. Сөйтіп еркін түсуге қатысты төмендегі формулаларды жазу мүмкін.

1. Еркін түскен дененің  $t$  уақыттағы жылдамдығы:

$$v = v_0 + gt; \quad (1) \quad v_0 = 0\text{-де:} \quad v = gt. \quad (2)$$

2. Еркін түскен дененің орташа жылдамдығы:

$$v_{\text{орт}} = v_0 + \frac{gt}{2}; \quad (3) \quad v_0 = 0\text{-де} \quad v_{\text{орт}} = \frac{gt}{2}. \quad (4)$$

3. Еркін түскен дененің түсу биіктігі:

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad (5) \quad v_0 = 0\text{-де:} \quad h = \frac{gt^2}{2}. \quad (6)$$

*Есеп шығару үлгісі*

Дене биіктіктен қойып жіберілгеннен кейін 5 с-та жерге түседі. Дене қандай биіктіктен түскен? Ол жерге қандай жылдамдықпен түскен?  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

<p><i>Берілген:</i></p> $t = 5 \text{ с};$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	<p><i>Формуласы:</i></p> $h = \frac{gt^2}{2};$ $v = gt.$	<p><i>Шешуі:</i></p> $h = \frac{10 \cdot 5^2}{2} \text{ м} = 125 \text{ м};$ $v = (10 \cdot 5) \text{ м/с} = 50 \text{ м/с}.$ <i>Жауабы:</i> $h=125\text{м}; v=50\text{м/с}.$
<p><i>Табу керек:</i></p> $h - ? \quad v - ?$		



**Тірек ұғымдар:** еркін түсу, еркін түсу үдеуі.



1. Дененің еркін түсуі деп нені айтады?
2. Еркін түсу үдеуі тұрақты шама екенін негіздеп бер. Ол қалай белгіленеді және қандай мәнге ие?
3. Еркін түсуге қатысты негізгі формуланы жазып бер.
4. Неліктен Жерге жақын келген метеорлар жанып кетеді?

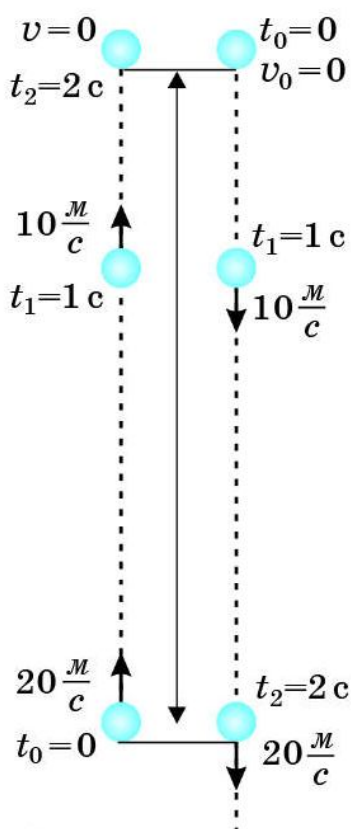


1. Дене белгілі биіктіктен қойып жіберілді. Еркін түсіп бара жатқан дененің 6 с-тан кейінгі жылдамдығы қандай болады? Осы және кейінгі есептерде  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
2. Белгілі биіктіктен қойып жіберілген дене еркін түсуде. Қанша уақытта оның жылдамдығы 40 м/с-ға жетеді?
3. Дене белгілі биіктіктен 15 м/с жылдамдықпен тік төменге лақтырылды. 3 с-тан кейін дененің жылдамдығы қандай болады?

## § 14. ЖОҒАРЫҒА ТІК ЛАҚТЫРЫЛҒАН ДЕНЕНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Дене жоғарыға тік лақтырылғанда, ол бір қалыпты баяу қозғалыс жасайды. Бұнда дененің үдеуі  $a = -g$  деп алынады. Олай болса жоғарыға тік лақтырылған дененің жылдамдығы мен көтерілу биіктігі төмендегідей болады:

$$v = v_0 - gt. \tag{1}$$



**44-сурет.** Жоғарыға тік лақтырылған дененің қозғалысы.

Дене ең жоғары нүктеге көтерілгеннен кейін  $g$  жылдамдықпен төмен түсе бастайды. Төменге қарай тік түскенде дене екі секунд ішінде қанша қашықтықты басып өткенін есептейік:

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ м} = 20 \text{ м}.$$

Демек, дене 2 с-тан кейін лақтырылған нүктеге қайтып түседі екен. Енді дене қайтып түскенде  $t = 2$  с уақыт өткенде қандай жылдамдық алатынын есептейік:

$$v = gt = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ с} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Дене жоғарыға осындай жылдамдықпен лақтырылған еді.



**Жоғарыға тік лақтырылған дене қанша уақыт жоғарыға көтерілсе, соншама уақытта лақтырылған нүктеге қайтып түседі. Дене қандай жылдамдықпен лақтырылған болса, қайтып түсуде сол нүктеде сондай жылдамдықта болады.**

(5) формуладан жоғарыға лақтырылған дененің кез келген  $t$  уақыттағы көтерілу биіктігін анықтауға болады:

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

Тәжірибе көрсеткендей, белгілі бір нүктеден жоғарыға тік лақтырылған дене жоғарыға көтерілгенше қанша уақыт кетсе, ол сол нүктеге қайтып түскенше де сонша уақыт кетеді. Мысалы, дене  $v_0 = 20$  м/с жылдамдықпен жоғарыға тік лақтырылды делік (44-сурет).  $g = 10$  м/с<sup>2</sup> деп алып, төмендегі есептеулерді қарастырайық.

Дененің ең жоғары биіктікке көтерілгендегі жылдамдығы  $v = 0$  болады. Олай болса, (1) формуладан ең жоғары биіктікке көтерілгенше кеткен уақытты есептеуге болады:

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{20}{10} \text{ с} = 2 \text{ с}.$$

(2) формуладан  $v_0 = 0$  деп алып, дене лақтырылған нүктеден қанша биіктікке көтерілгенін есептелік:  $h = (20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2}) \text{ м} = 20 \text{ м}.$

*Есеп шығару үлгісі*

40 м/с жылдамдықпен жоғарыға лақтырылған дененің 3 с-тан кейінгі жылдамдығы қанша болады? Сол уақыт ішінде дене қанша биіктікке көтеріледі?  $g = 10 \text{ м/с}^2$  болсын.

*Берілген:*

$$\begin{aligned} v_0 &= 40 \text{ м/с;} \\ t &= 3 \text{ с;} \\ g &= 10 \text{ м/с}^2. \end{aligned}$$

*Табу керек:*

$$v - ? \quad h - ?$$

*Формуласы:*

$$\begin{aligned} v &= v_0 - gt; \\ h &= v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \end{aligned}$$

*Шешуі:*

$$\begin{aligned} v &= (40 - 10 \cdot 3) \text{ м/с} = 10 \text{ м/с;} \\ h &= (40 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 3^2}{2}) \text{ м} = 75 \text{ м.} \end{aligned}$$

*Жауабы:*  $v = 10 \text{ м/с}; h = 75 \text{ м.}$

- ?**
1. Жоғарыға тік лақтырылған дененің  $t$  уақыттан кейінгі жылдамдығы қалай өрнектеледі?
  2. Жоғарыға тік лақтырылған дененің  $t$  уақыттан кейінгі биіктігі қалай табылады?
  3. 44-суреттен жоғарыға тік лақтырылған дененің қозғалысына сипаттама бер.
  4. Алманы 3 м/с жылдамдықпен жоғарыға лақтырсаң, оны іліп алғанда жылдамдығы қандай болады?

- М9**
1. 25 м/с жылдамдықпен жоғарыға тік лақтырылған дененің 2 с-тан кейінгі жылдамдығы қандай болады? Осы уақыт ішінде ол қандай биіктікке көтеріледі? Осы және кейінгі есептерде  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
  2. Дене 30 м/с жылдамдықпен жоғарыға тік лақтырылды. Дене қандай биіктікке көтеріледі және қанша уақыттан кейін лақтырылған нүктеге қайтып түседі?
  3. Дене 40 м/с жылдамдықпен жоғарыға тік лақтырылды. 5 с-тан кейін дененің жылдамдығы қандай болады? Осы уақытта дене қандай биіктікке көтеріледі?

## II ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆ Бұл тарауда түзу сызықты бір қалыпты қозғалысты, бір қалыпсыз және түзу сызықты бір қалыпты өзгеретін қозғалысты оқимыз.
- ◆ Түзу сызықты бір қалыпты қозғалыста дене түзу сызықтың бойымен кез келген тең уақыт аралығында бірдей қашықтықты басып өтеді.
- ◆ Дененің бір қалыпты қозғалыстағы жылдамдығы:  $v = \frac{s}{t}$ .

- ◆ Дененің бір қалыпсыз қозғалыстағы орташа жылдамдығы:  $v_{\text{орт}} = \frac{s}{t}$ .
- ◆ Бір қалыпты өзгертін қозғалыста дененің кез келген тең уақыт аралығында басып өткен қашықтығы немесе жылдамдығы сәйкесінше тең шамаларға өзгереді.
- ◆ Дененің бір қалыпты өзгертін қозғалыстағы үдеуі:  $a = \frac{v - v_0}{t}$ .
- ◆ Бір қалыпты өзгертін қозғалыстағы дененің кез келген  $t$  уақыттағы жылдамдығы:  $v = v_0 + at$ .
- ◆ Дененің бір қалыпты өзгертін қозғалыстағы орташа жылдамдығы:  
$$v_{\text{орт}} = \frac{v_0 + v}{2}$$
- ◆ Дененің қалыпты өзгертін қозғалыста басып өткен жолы:  $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ .
- ◆ Биіктіктен тасталған дене жерге түскенде  $g = 9,81$  м/с үдеумен бір қалыпты қозғалыс жасайды.
- ◆ Еркін түсіп бара жатқан дененің кез келген уақыттағы жылдамдығы:  
 $v = v_0 + gt$ .
- ◆ Еркін түсіп бара жатқан дененің түсу биіктігі:  $h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$ .

## II ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Велосипедші бір қалыпты қозғалып 10 минутта 3 км жол жүрді. Велосипедшінің жылдамдығын м/с және км/сағатпен есепте.
2. 80 км/ сағат жылдамдықпен келе жатқан автомобиль 45 минутта қанша жол жүреді?
3. Оқушының үйден мектепке дейінгі жолы 500 м. Оқушы 2,5 км/сағ жылдамдықпен жүрсе неше минутта мектепке жетіп барады?
4. Мотоцикльдің жылдамдығы 72 км/сағат, оның қозғалысына қарсы желдің жылдамдығы 5 м/с. Мотоцикльге байланысты санақ жүйесіндегі желдің жылдамдығы қанша? Жел мотоцикльдің қозғалысы бағытында болса ше?
5. Екі пойыз бір-біріне қарай 90 км/сағат және 72 км/сағат жылдамдықпен келеді. Екінші пойыздағы жолаушы бірінші пойыз оның жанынан 6 с ішінде өткенін анықтады. Бірінші пойыздағы жолаушы-

ның жанынан екінші пойыз 8 с ішінде өткені белгілі болды. Екі пойыздың да ұзындығын тап.

6. Қайықтың суға қарағанда жылдамдығы өзен ағысының жылдамдығынан 3 есе үлкен. Екі пункт арасындағы қашықтықты қайықпен ағысқа қарсы жүзу үшін ағыспен жүзгенге қарағанда неше есе көп уақыт кетеді?
7. Автомобиль бастапқыда 10 с-та 150 м кейінгі 20 с-та 500 м және соңғы 5 с-та 50 м жол жүрді. Жолдың әр бөлігіндегі және бүкіл жолдағы орташа жылдамдықты км/сағатпен есепте.
8. Пойыз қозғалғаннан кейін 10 с өткенде 36 км/сағат жылдамдыққа жетті. Осындай бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасаған пойыздың жылдамдығы қанша уақыт өткенде 72 км/сағат жстеді?
9. Көлбеу наудан тыныш тұрған күйінен домалап түсіп бара жатқан шарша бірінші секундта 8 см жол жүрді. Шар 3 секундта қанша жол жүреді?
10. Автомобиль тыныш тұрған күйінен  $5 \text{ м/с}^2$  үдеумен қозғала бастады да 4 с ішінде қанша жолды жүрді? Осы уақытта ол қандай жылдамдыққа жетеді?
11. 34-суретте берілген  $v_0 = 0$  үшін жылдамдық графигінен дененің  $t = 5$  с-та басып өткен жолын есепте.
12. 35-суретте берілген  $v_0 > 0$  үшін жылдамдық графигінен дененің  $t = 9$  с-та басып өткен жолын есепте.
13. Белгілі биіктіктен қойып жіберілген дене еркін түсуде. Ол қанша уақытта 80 м/с жылдамдыққа жетеді? Осы және кейінгі есептерде  $g = 10 \text{ м/с}$  деп алынсын.
14. Дене белгілі биіктіктен 5 м/с жылдамдықпен төмен қарай тік лақтырылды. 5 с кейін оның жылдамдығы қандай болады?
15. Тыныш тұрған тікұшақтан тасталған жүк 12 с-та жерге түсті. Жүк қандай биіктіктен тасталған және қандай жылдамдықпен жерге соғылған? Ауаның қарсылығы есепке алынбасын.



### III тарау АЙНАЛМАЛЫ БІР ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫС

Сен бүгінге дейін траекториясы түзу сызықты қозғалысты үйрендің. Траекториясы түзу сызықты емес дененің әрбір қозғалысы қисық сызықты қозғалыс болады. Қисық сызықты қозғалыстардың ең қарапайымы — айналмалы қозғалыс. Бұл тарауда сен дененің айналмалы бір қалыпты қозғалысымен танысасың.

#### § 15. ДЕНЕНІҢ АЙНАЛМАЛЫ БІР ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫСЫ

##### Айналмалы бір қалыпты қозғалыс туралы түсінік

Сағат тілінің қозғалысы, бір қалыпты қозғалған велосипед немесе автомобиль доңғалағының қозғалысын айналмалы бір қалыпты қозғалыс деуге болады.



**Егер материялық нүкте шеңбер бойлап кез келген тең уақыт аралығында тең жолды басып өтсе, бұндай қозғалысты айналмалы бір қалыпты қозғалыс дейді.**

Материялық нүктенің шеңбер бойлап қозғалысы дегенде айналмалы қозғалып жатқан дененің бір нүктесі қарастырылады. Мысалы, сағат тілінің белгілі бір нүктесі, айталық оның ұшын материялық нүкте деп қарауға болады. Велосипед немесе автомобиль доңғалағының оғынан белгілі бір қашықтықтағы нүктесін де материялық нүкте деп алса болады. Бұнда доңғалақтың айналмалы қозғалысы жерге қатысты емес, велосипед немесе автомобиль корпусына қатысты қарастырылады.

##### Сызықты және бұрышты жылдамдық

Дене айналмалы қозғалыста белгілі  $t$  уақыт ішінде  $\Delta s$  жолды басып өтеді.



**Айналмалы бір қалыпты қозғалған дененің уақыт бірлігінде басып өткен доға ұзындығымен өлшенетін шама сызықты жылдамдық деп аталады.**

Яғни:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Айналмалы бір қалыпты қозғалыста дененің айналу оғынан әр түрлі қашықтықтағы нүктелер белгілі уақыт түрлі қашықтықтағы жолды басып өтеді. 45-суреттен белгілі  $t$  уақыт ішіндегі дененің  $A$  нүктесі  $\Delta s$  доғаны,  $A_1$  нүктесі  $\Delta s_1$  доғаны,  $A_2$  нүктесі болса  $\Delta s_2$  жолды басып өтетінін көруге болады. Бұл доғалардың ұзындығы әр түрлі болғандықтан сызықты жылдамдығы да әр түрлі.

Дене  $R$  радиусты шеңбер бойымен бір қалыпты қозғалып жатқан болсын (46-сурет). Егер дене бір  $t$  уақыт ішінде  $A$  нүктеден  $B$  нүктеге орын ауыстырса, шеңбер центрінен осы  $A$  нүктеге жүргізілген  $R$  радиус  $\Delta\phi$  бұрышқа бұрылады. Бұл бұрышты **бұрылу бұрышы** дейді. Айналып жатқан нүктенің шеңбер центрінен қашық-жақындығына қарамай бұрылу бұрышы бірдей болады.

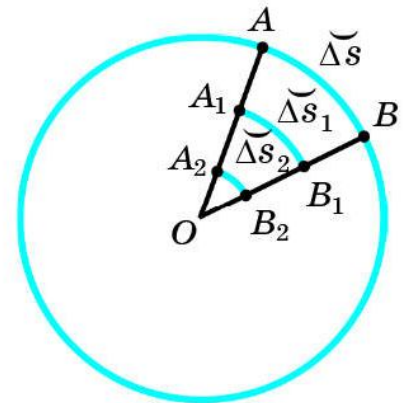
Бұрылу бұрышы **рад** (радиан) немесе градус ( $^\circ$ ) бірлігінде өлшенеді.



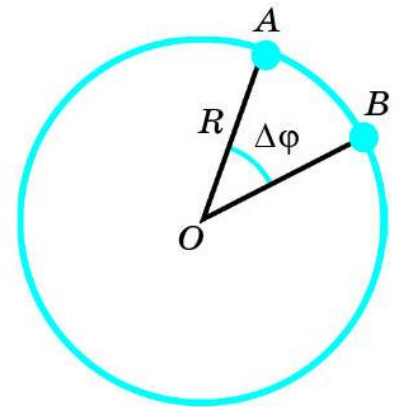
**Қарсысындағы доғаның ұзындығы радиусқа тең орталық бұрыш бір радианға тең болады.**

Яғни  $\Delta s = R$ -ға  $\Delta\phi = 1$  рад деп алынады (47-сурет).

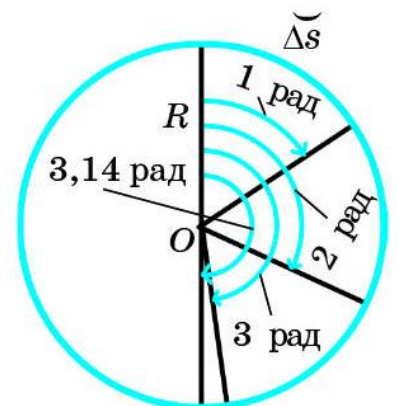
1 радиан шамамен 57 градусты құрайды, яғни:  $1 \text{ рад} \approx 57^\circ$ . 47-суреттегі  $R$  радиус 2 радианға бұрылса,  $\Delta\phi \approx 114^\circ$ , 3 радианға бұрылса,  $\Delta\phi \approx 172^\circ$  болады.  $R$  радиус жарты шеңберге, яғни  $180^\circ$ -қа бұрылғанда,  $\Delta\phi = 3,14$  рад-ты құрайды.



**45-сурет.** Түрлі нүктелердің басып өткен жолы.



**46-сурет.** Бұрылу бұрышының пайда болуы.



**47-сурет.** 1 радианға тең бұрыштың пайда болуы.

Бұрылыс бұрышының радиан өлшеміндегі шамасы төмендегіге тең:

$$\Delta\varphi = \frac{\overset{\sim}{\Delta s}}{R}. \quad (2)$$

Айналмалы қозғалыста сызықты жылдамдық орнына **бұрышты жылдамдық**  $\omega$  көп қолданылады. Мұнда:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}. \quad (3)$$



**Дененің уақыт бірлігіндегі бұрылу бұрышы айналмалы қозғалыстың бұрышты жылдамдығы деп аталады.**

Бұрышты жылдамдық скаляр шама. Оның бірлігі **рад/с**-та өрнектеледі. Айналып жатқан дененің барлық нүктелерінде бұрышты жылдамдық  $\omega$  бірдей болады.

*Есеп шығару үлгісі*

Арықтан су шығару үшін шығыр орнатылған. Оның осінен 1,5 м қашықта шелек орнатылған. Шығырдың бір рет толық айналуына 24 секунд уақыт кетсе, шелектердің бұрылыс бұрышы, сызықты жылдамдығы және бұрышты жылдамдығы қандай болады?

<p><i>Берілген:</i></p> <p><math>R = 1,5 \text{ м};</math></p> <p><math>\Delta t = 24 \text{ с};</math></p> <hr/> <p><i>Табу керек:</i></p> <p><math>\Delta\varphi - ? \quad v - ?</math></p> <p><math>\omega - ?</math></p>	<p><i>Формуласы:</i></p> <p><math>\Delta\varphi = 2\pi;</math></p> <p><math>\Delta\varphi = \frac{\overset{\sim}{\Delta s}}{R} \text{ -тан } \overset{\sim}{\Delta s} = \Delta\varphi R;</math></p> <p><math>v = \frac{\overset{\sim}{\Delta s}}{\Delta t}; \quad \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.</math></p>	<p><i>Шешуі:</i></p> <p><math>\Delta\varphi = 2 \cdot 3,14 \text{ рад} = 6,28 \text{ рад};</math></p> <p><math>\overset{\sim}{\Delta s} = 6,28 \cdot 1,5 \text{ м} = 9,42 \text{ м};</math></p> <p><math>v = \frac{9,42 \text{ м}}{24 \text{ с}} \approx 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}};</math></p> <p><math>\omega = \frac{6,28 \text{ рад}}{24 \text{ с}} \approx 0,26 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.</math></p>
--	---	---

*Жауабы:*  $\Delta\varphi = 6,28 \text{ рад}; v \approx 0,4 \text{ м/с}; \omega \approx 0,26 \text{ рад/с}.$



**Тірек ұғымдар:** айналмалы бір қалыпты қозғалыс, сызықты жылдамдық, бұрылыс бұрышы, радиан, градус, бұрышты жылдамдық.



1. Айналмалы бір қалыпты қозғалыс деп қандай қозғалысты айтамыз?
2. Қозғалыстығы велосипедтің доңғалағы оқтан белгілі қашықтықтағы нүкте велосипедтің корпусына салыстырғанда қандай қозғалыс жасайды? Жерге салыстырғанда ше?
3. Сызықты жылдамдық қалай анықталады?

4. Неліктен айналмалы қозғалыста сызықты жылдамдықтың орнына көбірек бұрышты жылдамдық қолданылады?
5. Бір радиан неге тең?
6. Бұрышты жылдамдық деп нені айтады?
7. 47-суретте берілген  $R$  шеңбер бойлап толық бір рет айналса, бұрылыс бұрышы неше радианға тең болады? Екі рет айналса ше?

**М**  
**10**

1. 0,1 с ішінде доңғалақ 1 рад-ға бұрылады. Оның оқтан 5 см, 10 см және 15 см қашықтықтағы нүктесінің сызықты жылдамдығын тап.
2. Велосипед доңғалағының оғынан ең қашық нүктесі 0,02 с ішінде 20 см доғаны басып өтті. Велосипедтің жылдамдығын тап.
3. Сағаттың 30 мм ұзындықтағы минут тілінің ұшы 10 минутта 30 мм доғаны басып өтеді. Минут тілі ұшының сызықты жылдамдығын, бұрылу бұрышын және бұрышты жылдамдығын тап.
4. Егер 47-суреттегі шеңбердің радиусы 1 м болса, 1 рад, 2 рад, 3 рад және 3,1 рад бұрыш қарсысындағы доғаның ұзындығы әрбір жағдай үшін қанша болады?
5. Демалыс бағындағы әткеншек кабиналары айналу осінен 20 м қашыққа орнатылған. Әткеншектің бір рет толық айналуына 10 минут уақыт кетеді. Кабинаның сызықты және бұрышты жылдамдығы қандай болады?

## § 16. АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫСТЫ СИПАТТАЙТЫН ШАМАЛАР АРАСЫНДАҒЫ ҚАТЫНАСТАР

### Сызықты жылдамдық пен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас

Айналмалы бір қалыпты қозғалған дененің бұрылу бұрышының формуласынан жолдың формуласын табуға болады:

$$\overset{\sim}{\Delta s} = \Delta\varphi R.$$

Бұл формуланы сызықты жылдамдықтың формуласына қойсақ төмендегі өрнекті аламыз:

$$v = \frac{\overset{\sim}{\Delta s}}{\Delta t} = \frac{\Delta\varphi R}{\Delta t} = \omega R.$$

Демек, айналмалы бір қалыпты қозғалыста сызықты жылдамдық пен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас төмендегідей өрнектеледі:

$$v = \omega R. \quad (1)$$

### Айналу периоды, жиілігі, сызықты жылдамдық және бұрышты жылдамдық арасындағы қатынастар

Дененің айналмалы бір қалыпты қозғалысы тағы да екі шама — айналу периоды және айналу жиілігімен сипатталады.

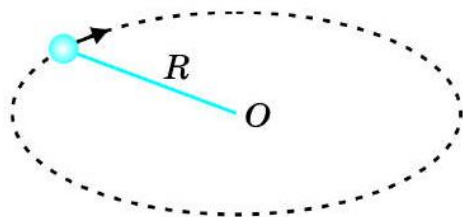


**Дененің бір рет толық айналып шығуына кеткен уақытын айналу периоды дейді.**

Айналу периоды  $T$ -мен белгіленеді. Оның бірлігі — секунд:

Егер дене  $\Delta t$  уақыт ішінде  $n$  рет айналатын болса, онда айналу периоды  $T$  төмендегідей анықталады:

$$T = \frac{\Delta t}{n}. \quad (2)$$



**48-сурет.** Жіпке байланған шардың қозғалысы.

48-суретте бейнеленген дене 8 с-та 20 рет айналса, онда айналу периоды төмендегідей табылады:

$$T = \frac{8}{20} \text{ с} = 0,4 \text{ с}.$$



**Дененің уақыт бірлігінде толық айналу саны айналу жиілігі деп аталады.**

Айналу жиілігі  $\nu$  мен белгіленеді. Оның бірлігі етіп  $1/\text{с}$  алынған.

Егер дене  $\Delta t$  уақыт ішінде  $n$  рет айналса, онда айналу жиілігі мына формуламен анықталады:

$$\nu = \frac{n}{\Delta t}. \quad (3)$$

Жіпке байланған дене 8 с-та 20 рет айналса, оның айналу жиілігі төмендегідей табылады:

$$\nu = \frac{20}{8} \frac{1}{\text{с}} = 2,5 \frac{1}{\text{с}}.$$

Айналу периоды  $T$  мен айналу жиілігі арасындағы қатынас:

$$T = \frac{1}{\nu} \text{ немесе } \nu = \frac{1}{T}. \quad (4)$$

Айналу периоды  $T$  мен сызықты жылдамдық арасындағы қатынас:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \text{ немесе } v = \frac{2\pi R}{T}. \quad (5)$$

Айналу периоды  $T$  мен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ немесе } \omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (6)$$

Айналу жиілігі  $\nu$  мен сызықты жылдамдық арасындағы қатынас:

$$\nu = \frac{v}{2\pi R} \text{ немесе } v = 2\pi\nu R. \quad (7)$$

Айналу жиілігі  $\nu$  мен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} \text{ немесе } \omega = 2\pi\nu. \quad (8)$$

*Есеп шығару үлгісі*

“Нексия” 90 км/сағат жылдамдықпен бір қалыпты қозғалуда. Егер автомобиль доңғалағының радиусы 40 см болса, оның айналу периоды, айналу жиілігі мен бұрышты жылдамдығын тап.

*Берілген:*

$$\begin{aligned} v &= 90 \text{ км/сағат} = 25 \text{ м/с}; \\ R &= 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}. \end{aligned}$$

*Формуласы:*

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{2\pi R}{v}; \\ \nu &= \frac{1}{T}; \\ \omega &= 2\pi\nu. \end{aligned} \right|$$

*Шешуі:*

$$T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4}{25} \text{ с} \approx 0,1 \text{ с}.$$

$$\nu = \frac{1}{0,1} \frac{1}{\text{с}} = 10 \frac{1}{\text{с}}.$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 62,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

*Жауабы:*  $T = 0,1 \text{ с}; \nu = 10 \text{ 1/с}; \omega = 62,8 \text{ рад/с}.$



**Тірек ұғымдар:** айналмалы бір қалыпты қозғалған дененің басып өткен жолы, айналу периоды, айналу жиілігі.



1. Айналмалы бір қалыпты қозғалған дененің басып өткен жолы қалай өрнектеледі?
2. Сызықты жылдамдық пен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас қалай өрнектеледі?
3. Айналу периоды деп нені айтады?
4. Айналу жиілігі деп қандай физикалық шаманы айтады?

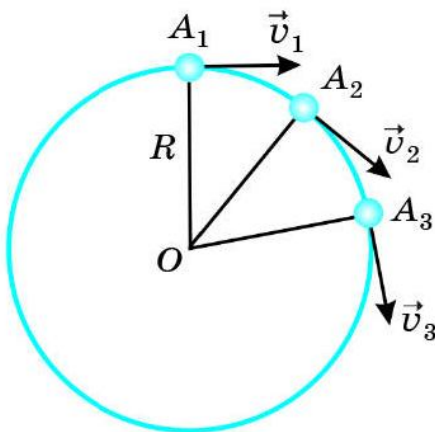
5. Айналу периоды мен сызықты жылдамдық және бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас қалай өрнектеледі?
6. Айналу жиілігі мен сызықты жылдамдық және бұрышты жылдамдық арасындағы қатынасты өрнекте.



1. Шығырдың шелегі 1 минутта екі рет айналады. Шығыр осінен 1 метр қашыққа орнатылған шелектің сызықты жылдамдығы мен бұрышты жылдамдығын тап.
2. Шарықтың дискі 1 минутта 1200 рет айналады. Шарықтың айналу периоды, айналу жиілігі және бұрышты жылдамдығын тап.
3. Велосипед 10 м/с жылдамдықпен бір қалыпты қозғалып бара жатыр. Доңғалақтың радиусы 30 см болса, оның периоды, айналу жиілігі және бұрышты жылдамдығын тап.
4. Ұзындығы 25 см жіпке байланған шардың айналу жиілігі 4 м/с. Шардың айналу периоды, сызықты және бұрышты жылдамдығын тап.
5. Жер шарының экваторында тұрған дененің сызықты және бұрышты жылдамдығын анықта. Жердің радиусын 6400 км деп алыңдар.

## § 17. ЦЕНТРГЕ ТАРТҚЫШ ҮДЕУ

### Айналмалы бір қалыпты қозғалыстағы жылдамдық бағыты



**49-сурет.** Айналмалы бір қалыпты қозғалыста жылдамдықтардың бағыты.

Шар  $R$  радиусты шеңбер бойлап қозғалған болсын. Шар өз қозғалысы барысында  $\Delta t$  уақыт ішінде  $A_1$  нүктеден  $A_2$  нүктеге, тағы осынша уақытта  $A_2$  нүктеден  $A_3$ , нүктеге өтсін (49-сурет).

Шар бір қалыпты қозғалғандықтан  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  нүктелерде оның жылдамдығы сан жағынан бірдей болады. Бірақ олардың бағыты әртүрлі. Жылдамдықтар 49-суретте көрсетілгендей, шеңбер радиусына перпендикуляр, яғни шеңбердің доғасына жанама бағытталады.

Бір қалыпты айналмалы қозғалыста жылдамдық шеңбер доғасына жанама ретінде бағыттатынын пышақ қайрайтын дисктен көруге болады (50-сурет).

### Айналмалы бір қалыпты қозғалыстағы үдеу

Түзу сызықты бір қалыпты өзгертін қозғалыс жасаған дене үдеуінің векторлық көрінісі төмендегідей болады:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (1)$$

49-суретте берілген шардың қозғалысында  $\Delta t$  уақыт ішінде жылдамдық вектордың айырмасы  $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$  яки  $\vec{v}_3 - \vec{v}_2$  нөлден өзгеше болады. Демек, айналмалы қозғалыста үдеу бар екен.

(1) формуладан шардың  $\Delta t$  уақыт ішінде  $A_1$  нүктеден  $A_2$  нүктеге өтуіндегі қозғалысы үшін үдеуді төмендегідей өрнектеуге болады:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}. \quad (2)$$

$R$  радиусты шеңбер бойлап  $v$  жылдамдықпен бір қалыпты қозғалған дене үдеуінің формуласын төмендегідей шығаруға болады:

$$a = \frac{v^2}{R}. \quad (3)$$

### Айналмалы бір қалыпты қозғалыстағы үдеудің бағыты

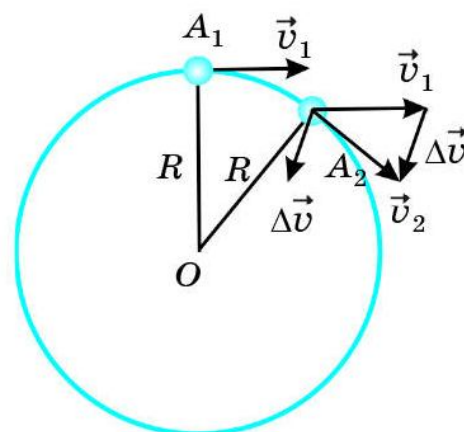
Бір қалыпты қозғалған шар  $A_1$  нүктеден  $A_2$  нүктеге өткенде жылдамдық векторының айырмасы  $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$  болады.  $\vec{v}_2$  вектордан  $\vec{v}_1$  векторды азайту және айырмасы  $\Delta\vec{v}$  вектордың 51-суретте берілген.

Бір қалыпты айналмалы қозғалыста  $a$  үдеудің бағыты айырма вектор  $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ -дің бағытымен бірдей болады. Мұны (2) формуладан білуге болады.

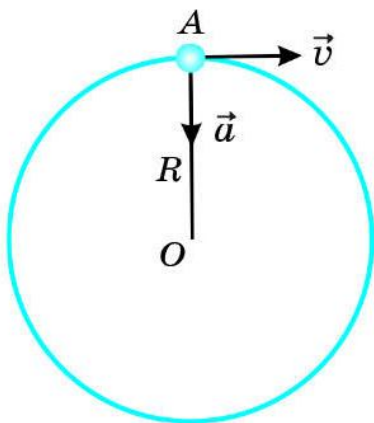
Суреттегі  $\Delta\vec{v}$  вектордың басын  $A_2$  нүктеге көшірейік.  $A_2$  нүкте  $A_1$ -ге қаншалықты жақын болса,  $\Delta\vec{v}$  вектордың бағыты соншалықты шеңбердің центріне жақын болады.  $A_2$  нүкте  $A_1$  нүктеге барынша жақын болғанда  $\Delta\vec{v}$  вектор  $\vec{a}$



50-сурет. Пышақ өткірлегенде ұшқындардың шашырауы.



51-сурет. Айналмалы бір қалыпты қозғалыста жылдамдықтар векторының айырмасы.



**52-сурет.** Центрге тартқыш үдеудің бағыты.

үдеу  $R$  радиус бойымен  $O$  центрге бағытталған болады (52-сурет). Сондықтан да (3) формуладағы айналмалы бір қалыпты қозғалған дененің үдеуі **центрге тартқыш үдеу** деп аталады.

*Есеп шығару үлгісі*

Велосипед радиусы 25 м шеңбер жолда 10 м/с жылдамдықпен бір қалыпты қозғалуда. Оның центрге тартқыш үдеуін тап.

*Берілген:*  
 $R = 25$  м;  
 $v = 10$  м/с.

*Табу керек:*  
 $a - ?$

*Формуласы:*

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

*Шешуі:*

$$a = \frac{10^2}{25} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

*Жауабы:*  $a = 4$  м/с<sup>2</sup>.



**Тірек ұғымдар:** айналмалы қозғалыстағы үдеу, центрге тартқыш үдеу.



1. Айналмалы бір қалыпты қозғалыста неліктен айналу центрінен бірдей қашықтықтағы әр түрлі нүктелерде жылдамдықтардың шамасы бірдей, бағыты әр түрлі болады?
2. Неге дененің түзу сызықты бір қалыпты қозғалыста үдеуі жоқ, айналмалы қозғалыста үдеуі бар?
3. Центрге тартқыш үдеудің формуласы қалай өрнектеледі?
4. 51-суреттегі жылдамдықтар векторының азайтылуын түсіндір.
5. Неліктен айналмалы бір қалыпты қозғалыста болатын үдеу центрге тартқыш үдеу деп аталады?



1. Ұзындығы 25 см болған жіпке байланған шар 5 м/с сызықты жылдамдықпен айналады. Шардың центрге тартқыш үдеуін тап.
2. Автомобиль 90 км/сағат жылдамдықпен қозғалады. Егер автомобиль доңғалағының радиусы 35 см болса, доңғалақтың шеткі нүктесінің центрге тартқыш үдеуін тап.
3. Радиусы 12 см шардың дискі 1 минутта 1200 рет айналады. Шарықтың айналу осінен ең ұзақ нүктесінің центрге тартқыш үдеуін анықта.

4. Велосипед 12 м/с жылдамдықпен қозғалады. Доңғалақ шетіндегі нүктесінің центрге тартқыш үдеуі  $250 \text{ м/с}^2$ . Велосипед доңғалағының радиусы қандай?
5. Вентилятор қалағының радиусы 15 см, айналу жиілігі 20 1/с. Вентилятор қалағының айналу периоды, сызықты жылдамдығы, бұрышты жылдамдығы және қалақ ұшындағы нүктенің центрге тартқыш үдеуін тап.

### III ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆ Айналымды бір қалыпты қозғалып жатқан дене кез келген тең уақыт ішінде тең жолды басып өтеді.
- ◆ Айналымды бір қалыпты қозғалған дененің сызықты жылдамдығы:  

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$
- ◆ Айналымды бір қалыпты қозғалған дененің бұрышты жылдамдығы:  

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$
- ◆ Айналымды бір қалыпты сызықты жылдамдық пен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас:  $v = \omega R$ .
- ◆ Айналу периоды — дененің бір рет айналуы үшін кеткен уақыт:  

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$
- ◆ Айналу жиілігі — дененің уақыт бірлігіндегі айналу саны.
- ◆ Айналу периодының формулалары:  $T = \frac{1}{\nu}$ ,  $T = \frac{2\pi R}{v}$ ,  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ .
- ◆ Айналу жиілігінің формулалары:  $\nu = \frac{1}{T}$ ,  $\nu = \frac{v}{2\pi R}$ ,  $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ .
- ◆  $R$  радиусты шеңбер бойлап  $v$  сызықты жылдамдықпен бір қалыпты қозғалған дененің үдеуі бар және ол төмендегідей өрнектеледі:  

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Үдеу  $\vec{a}$  шеңбер центріне бағытталғандықтан ондай үдеу центрге тартқыш үдеу деп аталады.

### III ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Ұзындығы 50 см жіпке байланған шар 1 мин 36 рет айналады. Айналу жиілігін, периодын, сызықты және бұрышты жылдамдықтарын тап.
2. Радиусы 20 см вентилятор қалағының ұшы 25 м/с сызықты жылдамдықпен айналу. Вентилятор қалағының айналу периодын, жиілігін, бұрышты жылдамдығын тап.
3. Айдың Жердің айналасындағы айналу жиілігі мен сызықты жылдамдығын тап. Айдың Жер айналасында айналу периоды 27 тәулік 7 сағат 43 минут. Жер центрінен Айға дейінгі қашықтықты  $3,9 \cdot 10^8$  м деп ал.
4. Жердің Күннің айналасындағы айналу жиілігі мен сызықты жылдамдығын тап. Жердің Күн айналасында айналу периоды 365 тәулік 5 сағат 48 мин. 46 с. Жерден күнге дейінгі қашықтықты  $1,5 \cdot 10^{11}$  м деп ал.
5. Экваторда тұрған дененің Жер центріне карағанда айналу жиілігі мен центрге тартқыш үдеуін тап. Жердің радиусын 6400 км деп ал.
6. Барабанының диаметрі 12 см шығырдың көмегімен жүк 1 м/с жылдамдықпен көтерілуде. Шығыр барабанының айналу жиілігін тап.
7. Пойыз иілу радиусы 1000 м бұрылыста 54 км/сағ жылдамдықпен қозғалуда. Пойыздың центрге тартқыш үдеуін тап.
8. Автомобиль 90 км/сағ жылдамдықпен жүргенде доңғалағының айналу жиілігі 10 айн/с болса, доңғалақтың жерге тиетін нүктелерінің центрге тартқыш үдеуі қандай болады?
9. Доңғалағының диаметрі 80 см велосипед 18 км/сағ жылдамдықпен қозғалуда. Велосипед доңғалағының жерге тиетін нүктелерінің сызықты жылдамдығын, айналу периодын, айналу жиілігін, бұрышты жылдамдығын, және центрге тартқыш үдеуін тап.
10. Диаметрі 30 см шарықтың дискі 1 минутта 1800 рет айналады. Пышақ қайрап жатқан кезде шарық дискінің бетінен ұшқын қандай жылдамдықпен ұшып шығады?

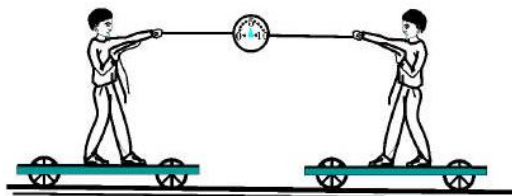
# ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

Біз кинематикада дененің қозғалысын үйренгенде денеге әсер ететін күштерді ескермедік. Үдемелі және айналмалы қозғалыс түрлері туралы мәліметтерді үйрендік.

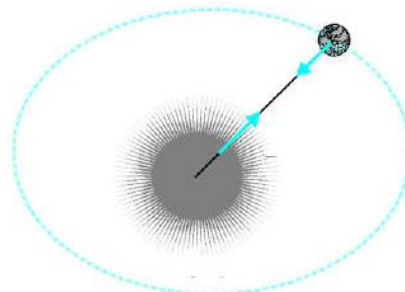
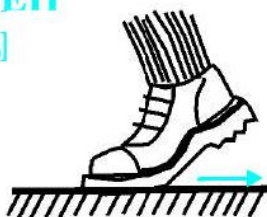
Бір қалыпты және өзгертін қозғалыстарды білеміз. Енді біз күш әсер еткендегі денелердің қозғалысын оқимыз.

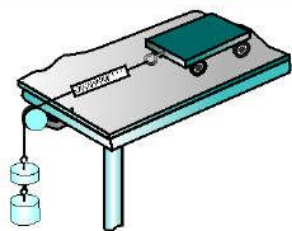
Денелердің күш әсеріндегі қозғалысын механиканың динамика бөлімі зерттейді. **Динамика** грекше *dynamikos* сөзінен алынған, *күшке қатысты* деген мағынаны білдіреді.

## IV тарау. ҚОЗҒАЛЫС ЗАҢДАРЫ



## V тарау. ТАБИҒАТТАҒЫ КҮШТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ӘСЕРІМЕН ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ





## IV тарау ҚОЗҒАЛЫС ЗАҢДАРЫ

Динамиканың негізгі заңы үшеу. Олар қозғалыс заңы деп аталады. Қозғалыс заңдарын 1687 жылы ағылшын ғалымы *Исаак Ньютон* ашқан және оның құрметіне **Ньютон заңдары** деп аталады. Ньютон заңдары адамзаттың көп ғасырлық тәжірибелерінің нәтижелерін жинақтау жолымен пайда болған.

### § 18. НЬЮТОННЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ — ИНЕРЦИЯ ЗАҢЫ

#### Дененің инерциясы

Дененің инерциясы жайлы алғашқы пікірді XVII ғасырда италян ғалымы Г. Галилей айтқан. Инерцияның бар екенін өмірде көп көреміз. Мысалы, автобус кенеттен жүріп кетсе, оның ішінде тұрған адам арқаға қарай шалқаяды, өйткені адам өзінің тыныш күйін сақтауға ұмтылады.

Егер қозғалыстағы автобус кенеттен тежегішті басса, оның ішінде тұрған адам алға қарай еңкейеді. Өйткені адам өзінің қозғалыстағы жағдайын сақтауға тырысады.



**Денелердің өз жағдайын сақтауға ұмтылуы инерцияның көрінісі.  
Барлық дене инерцияға ие.**

Инерциямен дененің жылдамдығын кенеттен арттыруға немесе кемітуге болмайды. Дененің жағдайын өзгерту үшін уақыт керек.

#### Ньютонның бірінші заңы

Ньютон өзіне дейінгі ғалымдардың қорытындыларына, өзінің бақылау және тәжірибелерінің нәтижелеріне сүйеніп, инерция заңын төмендегідей сипаттайды:



**Әрбір дене басқа дене әсер етпейінше, өзінің тыныш күйін немесе түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын сақтайды.**



Исаак НЬЮТОН

Бұл заң *Ньютонның бірінші заңы* деп аталады. Ньютонның бірінші заңын былайша түсіндіруге болады:

1. Тыныш тұрған денеге басқа денелер әсер етпейінше, ол өзінің тыныш күйін сақтайды. Басқа денелер әсер еткенде ғана бұл дене қозғалысқа түсуі мүмкін. Мысалы, алаңда тыныш тұрған допқа басқа дене аяғымыз әсер етпейінше, ол өзінің тыныш күйін сақтайды (43-сурет). Допты тепсек, яғни әсер етсек, тыныш күйі бұзылады да қозғалысқа түседі.

Тыныш тұрған вагонға басқа дене тепловоз әсер етпейінше, ол орнынан қозғалмайды.

2. Денеге басқа дене әсер етпесе, ол өзінің түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын сақтайды. Мысалы, доп тебілгенде ол  $v_0$  бастапқы жылдамдық алады. Доп жерге салыстырғанда бұрыш астында  $v_0$  тұрақты жылдамдықпен түзу сызықты қозғалуы керек еді. Бірақ доп Жердің тартуы және оған ауа кедергісінің әсерімен қисық сызықты қозғалыс жасайды және жылдамдығы кемі бастайды (54-сурет).

$v_0$  жылдамдықпен бара жатқан автомобиль моторы өшірілсе,  $v_0$  тұрақты жылдамдықпен түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын жалғастыруы керек еді. Бірақ доңғалақтың жерге үйкелуі, ауа кедергісі және басқа әсерлермен оның жылдамдығы кеміп, біраз жүріп тоқтайды.



**53-сурет.** Допты теппесе, тыныштығы сақталады.



**54-сурет.** Тебілген доптың қозғалысы.



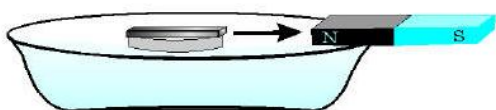
**Тірек ұғымдар:** дененің инерциясы, Ньютонның бірінші заңы.



1. Галилейдің дененің инерциясы жайлы пікірін айт?
2. Дененің инерциясы туралы не білесің? Оған мысал келтір.
3. Ньютонның бірінші заңын айт және оның мәнін түсіндір.
4. Тасты белгілі бір жылдамдықпен горизонталь бағытта лақтырғанда неге ол түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс жасамайды?

## § 19. ДЕНЕЛЕРДІҢ ӨЗАРА ӘСЕРІ. КҮШ

### Денелердің өзара әсері



55-сурет. Магнит пен темірдің өзара әсері.

Тыныш тұрған дене басқа денелермен әсерлескенде қозғалысқа түседі, қозғалыстағы дене болса қозғалысын өзгертеді.

**Тәжірибе.** Темір бөліктерін тығынның үстіне қойып жазық ыдыстағы судың үстіне қой. Егер су бетіндегі темірге магнитті жақындатсаң, темір тығынмен бірге магнитке қарай жүзе бастайды (55-сурет). Темір бөлегінің қозғалысқа түсуіне магниттің әсері болды.

Қолындағы допты тік жоғарыға лақтырсаң, ол жоғарыға қарай  $v_0$  бастапқы жылдамдықпен қозғала бастайды. Допқа сен әсер жасадың жоғарыға көтерілген сайын Жердің тартуының әсерінен доптың жылдамдығы кемиді. Ол белгілі биіктікке көтерілгенде жылдамдығы нөлге тең болады және төмен қарай түсе бастайды.

Стол үстінде тыныш тұрған кітапты түртіп жіберсең, ол қозғалысқа түседі. Сен кітапқа әсер көрсеттің. Бірақ кітап пен столдың үйкелісінің нәтижесінде кітаптың қозғалысы тоқтайды.

### Күш

Денелердің өзара әсері шама жағынан әр түрлі болуы мүмкін. Мысалы, металл шарды үлкен адам жас балаға қарағанда ұзағырақ лақтырады. 100 кг штанганы әркім де көтере алмайды. Штангист қана оны көтере алады.

Денелердің өзара әсерін сипаттау үшін физикалық шама — **күш** ұғымы енгізілген.



**Бір денеге басқа дененің механикалық әсерінің өлшеуін сипаттайтын физикалық шама *күш* деп аталады.**

Механикалық әсер денелердің бір-біріне тікелей тиюі (контакта болуы) немесе өрісі арқылы болады. Жерде тұрған жүкті тарту, итеру немесе көтеру серіппені созу немесе сығу, жіпті есу (бұрау) сияқты әсерлер денелердің бір-біріне тікелей тиюі арқылы болады.

55-суретте көрсетілген тығын үстіндегі темірге магнит өріс арқылы әсер етеді. Денелердің Жерге тартылуы гравитациялық өрістің әсерімен болады.

Күш  $F$  әрпімен белгіленеді және Халықаралық бірліктер системасында оның бірлігі етіп **ньютон** (1 Н) қабылданған. Күшті өлшеуде **миллиньютон** (мН) және **килоньютон** (кН) көп қолданылады. Мұнда:

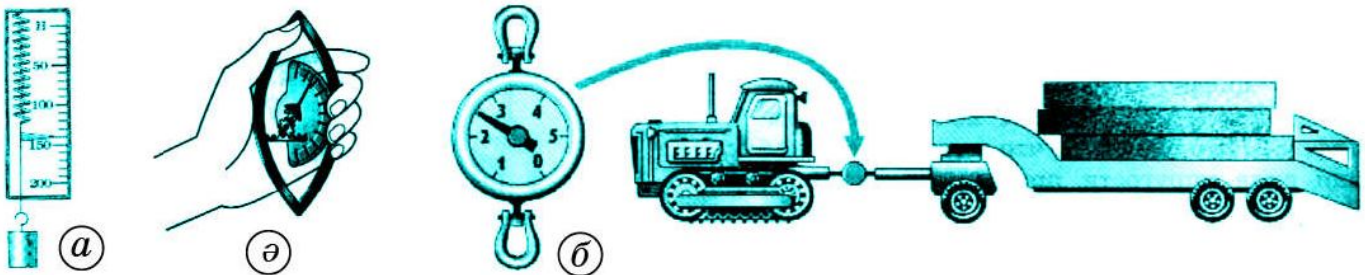
$$1 \text{ Н} = 1000 \text{ мН}; \quad 1 \text{ кН} = 1000 \text{ Н}.$$

Күш векторлық шама, ол сан мәнінен басқа бағыты мен қойылу нүктесімен де анықталады (14-сурет).



**Күш динамометрдің көмегімен өлшенеді.**

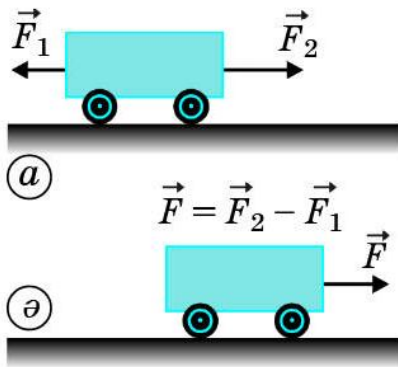
Динамометрлер қолданылуына қарай әр түрлі болады. Олардың кейбіреулері 56-суретте көрсетілген.



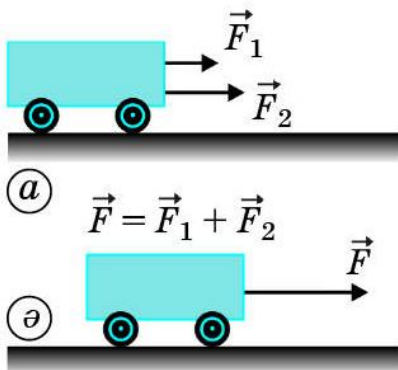
**56-сурет.** Ең қарапайым (а), білектің күшін (ә) және үлкен күштерді (б) өлшейтін динамометрлер.

### Күштерді қосу

Бір денеге бірнеше күш әсер ететін болса, олардың қосындысы төмендегідей анықталады. Мысалы, арбаға бір түзу сызық бойымен



**57-сурет.** Қарсы бағытталған күштер (а) және олардың қосындысы (б).



**58-сурет.** Бір бағыттағы күштер (а) және олардың қосындысы (б).

қарама-қарсы бағытта  $F_1 = 3\text{Н}$  және  $F_2 = 5\text{Н}$  күш әсер ететін болсын (57-а сурет). Бұл күштердің қосындысы  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  шама жағынан  $8\text{Н}$  емес,  $2\text{Н}$ -ға тең болып, арбамен осы  $\vec{F} = 2\text{Н}$  күш оң жаққа қарай қозғалады (57-б сурет).

Енді екі күш те бір жаққа бағытталған болсын (58-а сурет). Мұндай жағдайда екі күштің шамалары тікелей қосылады. Нәтижелік күш  $|\vec{F}| = 8\text{Н}$  болып, арба сол күш әсерімен оңға қарай қозғалады (58-б сурет).

Бір түзу сызық бойымен екі емес, одан да көп күш әсер етсе, нәтижелік күш әрбір күштің бағытына қарап, олардың шамалары қосылады немесе азайтылады.



**Тірек ұғымдар:** денелердің өзара әсері, күш, күш бірлігі.



1. Денелердің өзара әсерлесуі дегенде не түсінесің? Оны мысалдармен түсіндір.
2. Күш деп нені айтамыз және ол қандай бірлікпен өлшенеді?
3. Динамометрдің құрылысы мен жұмыс істеу принципін түсіндір.
4. Бір түзу сызықта жатқан күштер қалай қосылады?

## § 20. ДЕНЕНІҢ МАССАСЫ

### Денелердің инерттілігі

**Тәжірибе.** Эластикалық пластинка орнатылған арба мен дәл сондай екінші арбаны 59-суреттегідей стол үстіне қояйық. Бүгілген пластинканы тартып тұрған жіпті күйдірсек, эластикалық пластинка екі арбаға да бірдей әсер етіп, оларды екі жаққа итеріп жібереді. Мұнда екі арбаның

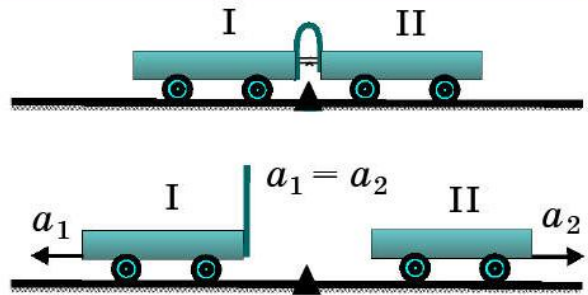
жылдамдықтары бірдей болады, яғни:

$$a_1 = a_2.$$

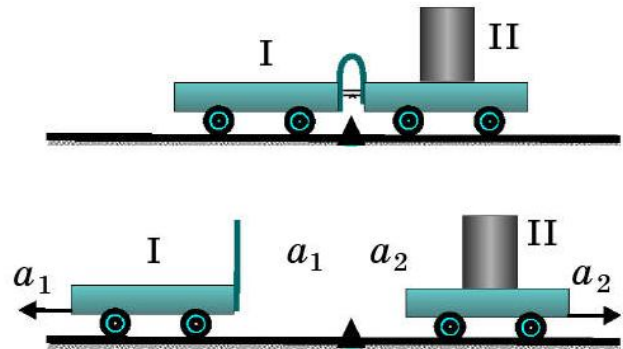
Енді екінші арбаның үстіне жүк қойып, тәжірибені қайталайық (60-сурет). Бірақ бұл жағдайда бірінші арбаның жылдамдығы екіншісіне қарағанда үлкен болады, яғни:

$$a_1 > a_2.$$

Екінші арбаның үстіне қойылған жүк қанша көп болса, оның үдеуі соншама кіші болады. Былайша айтқанда, жүк қанша көп болса, оның тыныш күйін өзгерту соншама қиын болады. Жүк көп болғанда дененің тыныш немесе қозғалыстағы күшін сақтау қабілеті үлкен болады.



59-сурет. Инерттілігі біркелкі арбалардың қозғалысы.



60-сурет. Инерттілігі әркелкі арбалардың қозғалысы.



**Денеге әсер ететін күш болмағанда оның тыныштықтағы не қозғалыстағы өз жағдайын сақтау қасиетін инерттілік дейді.**

Денеге күш әсер еткенде оның инерттілігінің үлкен немесе кіші екені көрінеді. Штангаға қарағанда гантелді көтеру, яғни қозғалту оңай. Өйткені гантелдің инерттілігі штанганыкіне қарағанда кішілеу. Ойыншық машинаны қолымызбен итеріп жіберсек, ол қозғалады. Бірақ нағыз машинаны итеріп жүргізу қиын. Өйткені оның инерттілігі үлкен. Пойыздың инерттілігі кез келген машинаның инерттілігінен үлкен. Сондықтан пойызды орнынан қозғалтып, жылдамдығын арттыру, керісінше ол қозғалыста болса жылдамдығын өзгерту қиын. Үлкен жылдамдықпен келе жатқан пойызға тоқтауы үшін көп уақыт керек.



**Дененің инерттілігі қанша үлкен болса, оның тыныш немесе қозғалыстағы жағдайын өзгерту соншама қиын.**

## Масса

Барлық дене инерттілік қасиетке ие. Жоғарыдағы мысалдардан денелердің инерттілігі әр түрлі болатынын көрдік. Денелердің инерттілігін салыстыру үшін арнаулы шама қабылданған.



**Дененің инерттілік қасиетін сипаттайтын физикалық шама *масса* деп аталады және  $m$  әрпімен белгіленеді. *Масса* сөзі латыншада *бөлік, үзінді* деген мағынаны білдіреді.**

Дененің инерттілігі қанша үлкен болса, масса да соншама үлкен болады. Жоғарыдағы тәжірибеде жүк қойылған екінші арбаның массасы бірінші арбаның массасына қарағанда үлкен. Штанганың массасы гантелдің массасынан, нағыз машинаның массасы ойыншық машинаның массасынан, пойыздың массасы кез келген машинаның массасынан көп есе үлкен.

Халықаралық бірліктер системасында массаның бірлігі ретінде **килограмм (1 кг)** қабылданған.



**Температурасы  $4^{\circ}\text{C}$   $1 \text{ дм}^3$  ( $1 \text{ л}$ ) көлемдегі таза (дистилденген) судың массасы  $1 \text{ кг}$ -ға тең.**

Килограмның эталоны ретінде платина мен иридийдің қоспасынан цилиндр пішінінде дайындалған  $1 \text{ кг}$  массалы дене қабылданған. Оның түп нұсқасы Парижге жақын Севр қаласында Халықаралық өлшемдер бюросында сақталады.

Дененің массасы грамм (г), центнер (ц), тонна (т) сияқты бірліктермен де өлшенетінін білесің.

Денелердің массасы таразымен өлшенеді.

## Денелер жүйесінің массасы

Масса скаляр шама. Бірнеше дененің ортақ массасын табу үшін әрбір дененің массасы тікелей қосылады. Мысалы, қарастырылған жүйеде  $m_1$  және  $m_2$  массалы екі дене болсын. Бұл денелердің жүйесін құрайтын масса  $m = m_1 + m_2$  -ге тең болады. Егер жүйе  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$

массалы  $n$  денеден құралған болса, жүйенің массасы осы денелер массасының қосындысына тең болады:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n.$$

Осы қасиет бойынша масса зат мөлшерінің өлшемі міндетін атқарады.



**Тірек ұғымдар:** денелердің инерттілігі, масса, денелер жүйесінің массасы.



1. Дененің инерттілігі деген не? Оны мысалдармен түсіндір.
2. Масса деп нені айтамыз және ол қалай белгіленеді?
3. Халықаралық бірліктер системасында масса бірлігі ретінде қандай бірлік қабылданған?
4. Денелер жүйесінің ортақ массасы қалай есептеледі?
5. Сенің инерттілігің әкеңнің немесе шешенің инерттілігінен үлкен бе, кіші ме?

## § 21. НЬЮТОННЫҢ ЕКІНШІ ЗАҢЫ

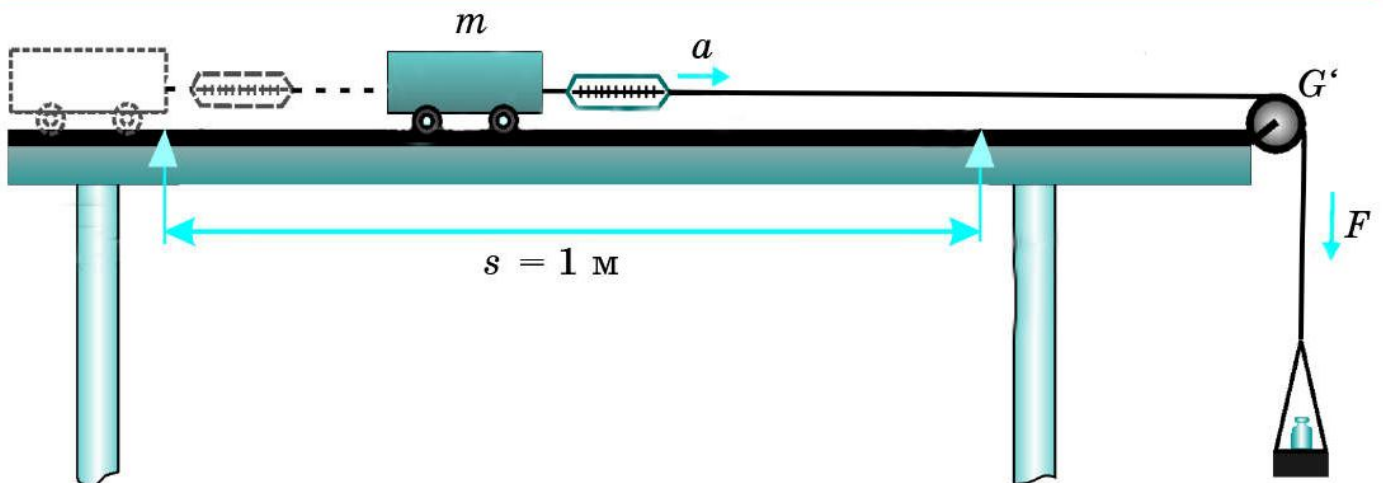
### Үдеу мен күш арасындағы қатынас

$a$  үдеумен түзу сызықты бір қалыпты қозғалған дененің  $t$  уақытта басып өткен жолы  $s = at^2/2$  көрінісінде өрнектелетінін білесің. Бұл формуладан дененің үдеуін табуға болады:

$$a = \frac{2s}{t^2}. \quad (1)$$

Егер денеге күш әсер етсе, оның жылдамдығы өзгереді, яғни үдеуге ие болады. Үдеудің әсер етуші күшке қалай байланыстылығын анықтау үшін мына тәжірибені өткізейік.

**1-тәжірибе.** Горизонталь столдың үстіне өте аз үйкеліспен қозғалатын  $m$  массалы арбаны қояйық. Арбаға  $D$  динамометр орнатылып, динамометрдің екінші ұшына  $G$  катушкадан өткізілген жіптің бір ұшы байланған. Жіптің катушкадан асып түскен екінші ұшына табақша ілінген. Арбаға әсер ететін  $F$  күшті динамометрдің көрсеткішіне қарай анықтауға болады (61-сурет).



61-сурет.  $m$  массалы  $F$  күш әсер еткенде оның алған үдеуі.

1. Табаққа сондай жүк қояйық, арбаны ұстап тұрғанда динамометрдің көрсеткіші, мысалы,  $F_1 = 0,1$  Н болсын. Арбаны  $s = 1$  м жерден қойып жібергенде, ол бұл жолды  $t_1 = 4,5$  с-та басып өтсін дейік. (1) формуладан алған үдеуі  $a_1 = 0,1$  м/с<sup>2</sup> болады.

2. Табақтағы жүктің массасын арттырып, арбаға әсер етіп жатқан күшті  $F_2 = 0,2$  Н деп алайық. Онда 1 м жолды арба  $t_2 = 3$  с-та басып өткенін анықтауға болады. Бұл жағдайда арбаның алған үдеуі  $a_2 = 0,2$  м/с<sup>2</sup> болады.

3. Күшті  $F_3 = 0,3$  Н деп алғанда, 1 м жолды арба  $t_3 = 2,5$  с-та басып өтеді. Оның алған үдеуі  $a_3 = 0,3$  м/с<sup>2</sup> болады.

Тәжірибе нәтижелерінен арбаға әсер ететін  $F$  күш қанша рет артса, оның алған  $a$  үдеуі де сонша рет артатыны көрініп тұр, яғни:

$$a \sim F. \quad (2)$$



**Дененің массасы тұрақты болғанда оның үдеуі әсер ететін күшке тура пропорционал.**

**2-тәжірибе.** Бұл жолы арбаға әсер ететін күш тұрақты болады ( $F_1 = 0,1$  Н) да арбаның массасын өзгертеміз.

1. Арбаның массасы  $m_1 = 1$  кг болсын. Арба  $s = 1$  м жолды  $t_1 = 4,5$  с-та басып өтеді. Мұндайда арбаның үдеуі 1-тәжірибедегідей  $a_1 = 0,1$  м/с<sup>2</sup> болады.

2. Арбаның үстіне дәл сондай басқа арбаны төңкеріп қояйық. Мұнда арбаның массасы  $m_2=2$  кг болады. Арба 1 м жолды  $t_2=6,5$  с-та басып өтетінін өлшеуге болады. Бұл жағдайда үдеу  $a_2=0,05$  м/с<sup>2</sup> болатынын есептеу мүмкін.

3. Арбаның үстіне сондай екі арбаны қойып, оның массасын  $m_3=3$  кг-ға жеткіземіз. Онда арба  $s=1$  м жолды  $t_3=7,8$  с-та басып өтеді. Үдеу:  $a_3=0,033$  м/с<sup>2</sup>-қа тең болады.

Тәжірибе нәтижелерінен арбаның массасы  $m$  қанша рет артса, оның  $a$  үдеуі де сонша рет кемитіні көрініп тұр:

$$a \sim \frac{1}{m}. \quad (3)$$



**Тұрақты күштің әсерінен дененің алған үдеуі дене массасына кері пропорционал.**

### Ньютонның екінші заңының формуласы және сипаттамасы

Өткізген тәжірибелердің нәтижелері  $a$  үдеу,  $F$  күш және  $m$  масса арасындағы байланысты анықтауға мүмкіндік береді:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (4)$$

Бұл — **Ньютонның екінші заңының** формуласы. Ол төмендегідей сипатталады:



**Дененің басқа денемен өзара әсерлесуінің нәтижесінде алған үдеуі оған әсер еткен күшке тура пропорционал және осы дененің массасына кері пропорционал.**

Ньютонның екінші заңын төмендегідей өрнектеуге болады:

$$F = ma. \quad (5)$$

Халықаралық бірліктер системасында күш бірлігі ретінде **ньютон (Н)** қабылданғанын білесің. (5) формуладан:

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1 \text{ кг} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$



**1 Н — 1 кг массалы денеге 1 м/с<sup>2</sup> үдеу беретін күш.**

Ньютонның екінші заңының векторлық көрінісі мынадай өрнектеледі:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (6)$$

*Есеп шығару үлгісі*

Массасы 50 г хоккей шайбасы мұз үстінде тұр. Егер хоккеист оны 100 Н күшпен соқса, шайба қандай үдеу алады?

*Берілген:*

$$m = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг};$$

$$F = 100 \text{ Н}.$$

*Табу керек:*

$$a - ?$$

*Формуласы:*

$$a = \frac{F}{m}.$$

*Шешуі:*

$$a = \frac{100 \text{ Н}}{0,05 \text{ кг}} = 2000 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

*Жауабы:*  $a = 2000 \text{ м/с}^2.$



**Тірек ұғым:** Ньютонның екінші заңы.



- 1-тәжірибені түсіндіріп бер.
- Дене массасы тұрақты болғанда оның үдеуі мен әсер ететін күш арасында қандай қатынас болады?
- 2-тәжірибені түсіндіріп бер.
- Тұрақты күштің әсерінен дененің алған үдеуі мен массасының арасында қандай қатынас болады?
- Ньютонның екінші заңы қалай өрнектеледі және сипатталады?
- Күш бірлігінің физикалық мағынасын түсіндір.



- 1-тәжірибе бойынша арбаның массасы 1 кг, оған әуелі 0,1 Н, екінші рет 0,2 Н, үшінші рет 0,3 Н күш әсер еткен. Әр кез үшін арбаның үдеуін тап және қорытынды шығар.
- 2-тәжірибе бойынша арбаға әр кез 0,1 Н күш әсер еткен. Арбаның бірінші кездегі массасы 1 кг, екіншісінде 2 кг, үшіншісінде 3 кг болса, әр кездегі қозғалысы үшін үдеуін тап және қорытынды шығар.
- Массасы 50 г дене жерге еркін түседі. Денеге әсер ететін күшті тап.  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
- Горизонталь бетте тұрған арбаға қозғалыс бағытында 0,1 Н күш әсер етті. Егер арба  $0,2 \text{ м/с}^2$  үдеумен қозғалатын болса, оның массасын тап.



Жоғарыдағы тақырыптағы тәжірибелер негізінде “Дене үдеуінің массасы мен қойылған күшке тәуелді екенін үйрену” тақырыбында зертханалық жұмыс орындалады.

## § 22. НЬЮТОННЫҢ ҮШІНШІ ЗАҢЫ

### Тәжірибелер талдауы

Табиғатта ешқашан бір дененің екінші денеге әсері бір жақтама болмайды. Бір дене екінші денеге әсер етсе, екінші дене де бірінші денеге әсер етеді.

§ 20-та өткізген тәжірибеге тағы да талдау жасап көрейік. 59-суретте көрсетілген арбалардың массалары өзара тең, яғни  $m_1 = m_2$ . Бірінші арбадағы эластикалық пластинаны иіп тұрған жіп күйдірілсе, екі арба екі жаққа қарай бірдей үдеумен ( $a_1 = a_2$ ) қозғала бастайды. Бұл екі арбаға бірдей шамадағы, бірақ қарама-қарсы бағыттағы  $F_1$  және  $F_2$  күштер әсер етеді.

Өзара әсерлесетін денелердің массасы әр түрлі болғанда да бұл күштер шама жағынан бір-біріне тең болады. Оған сенімді болу үшін 50-суреттегі тәжірибені тағы да бір рет қарастырайық. Онда екінші арбаның үстіне жүк қойып, оның массасы арттырылған және  $m_2 > m_1$  деп алынған. Бірінші арбадағы жіп күйдірілгенде екі арба екі жаққа қарай қозғала бастаған. Бірақ бұл кез бірінші арбаның үдеуі екінші арбаның үдеуінен үлкен, яғни  $a_1 > a_2$  болған. Екінші арбаның массасы біріншінікінен қанша рет көп болса, оның үдеуі бірінші арбаныкінен сонша рет кіші болады. Бірақ әр кез арба массасының алған үдеуіне көбейтіндісі өзара тең болады, яғни  $m_1 a_1 = m_2 a_2$ . Демек, массалары әр түрлі болуына қарамастан, арбалардың бір-біріне әсер етуші күштері шама жағынан бірдей болады екен, яғни:

$$F_1 = F_2 . \quad (1)$$

### Ньютонның үшінші заңының формуласы мен сипаттамасы

59 және 60-суреттердегі арбаларға әсер еткен күштер өзара тең болса да, олар бір-біріне қарама-қарсы бағытталған. Сондықтан арбаларға әсер етіп жатқан күштердің векторлық көріністегі қатынасы төмендегідей өрнектеледі:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \quad (2)$$

мұнда минус таңбасы  $F_2$  күш  $F_1$  күшке қарама-қарсы бағытталғанын білдіреді.

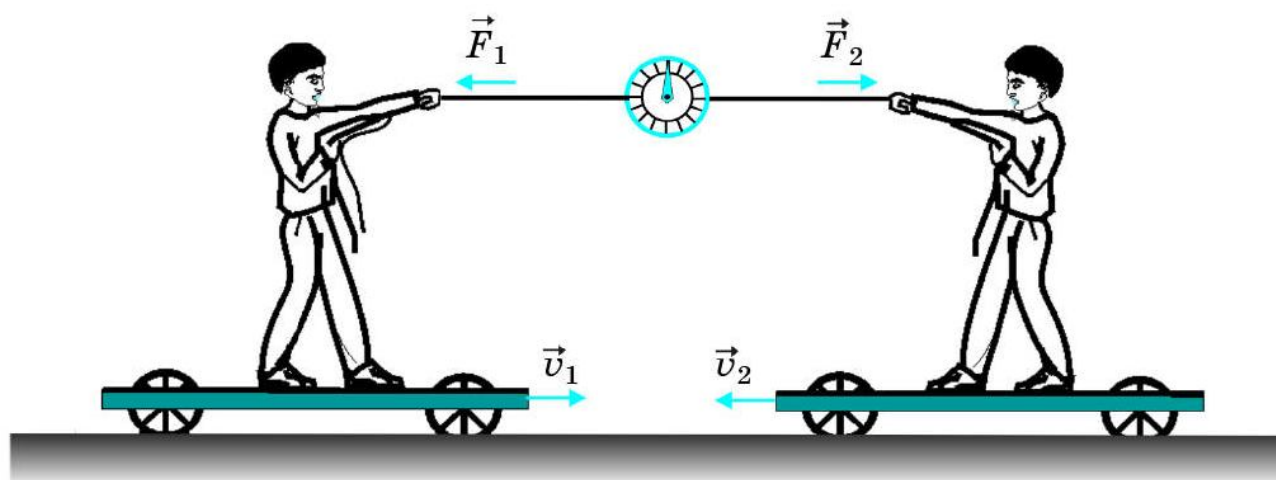


**Өзара әсерлесетін екі дене бір-біріне шама жағынан тең және түзу сызық бойымен қарама-қарсы жаққа бағытталған күшпен әсер етеді.**

Бұл заң *Ньютонның үшінші заңы* деп аталады.

Өзара әсерлесетін  $F_1$  және  $F_2$  күштерден  $F_1$  әсер күші,  $F_2$  кері әсер күші деп, Ньютонның үшінші заңын **кері әсер заңы** деп те атайды.

Кері әсер заңының көрінуі әр қадамда ұшырасады. Роликте тұрып арқанды бір-бірінен тартқан екі баланың біреуі екіншісін қандай күшпен тартса, өзі де екінші балаға сондай кері әсер күшімен тартылады (62-сурет).



**62-сурет.** Бір дене екінші денеге қандай күшпен әсер етсе, екінші дене бірінші денеге сондай күшпен әсер етеді.

Стол үстінде тұрған кітап столға қандай күшпен әсер етсе, стол да кітапқа сондай күшпен кері әсер етеді.

Ұштары тірекке қойылған тақтаның үстінде тұрған бала тақтаға өз ауырлық күшімен әсер етіп, оны иеді. Тақта да балаға дәл сондай шамадағы күшпен әсер етеді. Баланың ауырлық күші төменге бағытталса, тақтаның кері әсер күші жоғарыға бағытталған.

Столға жұдырықпен бір ұрсаң, стол да жұдырығыңа сондай күшпен кері әсер етеді. Қабырғаны 300 Н күшпен итерсең, ол да саған 300 Н күшпен кері әсер етеді.

### Ньютонның үшінші заңынан шығатын қорытындылар

Күштердің  $F_1 = m_1 a_1$  va  $F_2 = m_2 a_2$  өрнектерін Ньютонның үшінші заңына қойып, төмендегілерді аламыз:

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \quad \text{яки} \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (3)$$



**Денелердің өзара әсерлесу кезінде алған үдеулері денелердің массаларына кері пропорционал, олар өзара қарама-қарсы бағытталған.**

Оған массалары әр түрлі арбалармен өткізілген тәжірибені мысалға келтіруге болады (60-сурет).

Өзара әсерлесуде денелер алған үдеулер  $a_1 = v_1/t$  және  $a_2 = v_2/t$  екенін есепке алсақ, (3) формуладан мынау туындайды:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (4)$$



**Денелердің өзара әсерлесуден алған жылдамдықтары денелердің массаларына кері пропорционал болып, олар өзара қарама-қарсы бағытталған.**

Мысалы, бала тыныш тұрған қайықтан жағалауға секірсе, қайықтың қозғалыс бағыты баланың бағытына қарама-қарсы болады. Қайықтың массасы баланың массасынан неше есе үлкен болса, алған жылдамдығы баланың жылдамдығынан сонша есе кіші болады.

*Есеп шығару үлгісі*

Массасы 50 кг бала қайықтан жағалауға секіріп, 0,5 с ішінде 10 м/с жылдамдық алды. Егер қайықтың массасы 200 кг болса, осы уақыт ішінде қайық қандай жылдамдық алады? Осы уақытта бала және қайық қандай үдеу алады?

*Берілген:*

$$\begin{aligned} m_1 &= 50 \text{ кг}; \\ m_2 &= 200 \text{ кг}; \\ v_1 &= 10 \text{ м/с}; \\ t &= 0,5 \text{ с}. \end{aligned}$$

*Табу керек:*

$$\begin{aligned} v_2 &- ? \quad a_1 - ? \\ a_2 &- ? \end{aligned}$$

*Формуласы:*

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \text{ -ден } v_2 = v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2};$$

$$a_1 = \frac{v_1}{t};$$

$$a_2 = \frac{v_2}{t}.$$

*Шешуі:*

$$v_2 = 10 \cdot \frac{50}{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$a_1 = \frac{10}{0,5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$a_2 = \frac{2,5}{0,5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

*Жауабы:*  $v_2 = 2,5 \text{ м/с}; a_1 = 20 \text{ м/с}^2; a_2 = 5 \text{ м/с}^2.$



**Тірек ұғымдар:** Ньютонның үшінші заңы, кері әсер күші, кері әсер заңы.



1. Ньютонның үшінші заңының формуласы қалай өрнектеледі?
2. Ньютонның үшінші заңы қалай сипатталады?
3. Ньютонның үшінші заңы неліктен кері әсер заңы деп те аталады?
4. 62-суретте көрсетілген тәжірибелерді түсіндір.
5. Ньютонның үшінші заңы масса және үдеу арқылы қалай өрнектеледі және сипатталады?



1. Егер 62-суреттегі екі баланың массасы бірдей болып, арқанды тек бірінші бала тартса, екінші бала арқанды ұстап тұрған болса, оларға әсер ететін күштер мен алған жылдамдықтар қандай болады?
2. 62-суреттегі бірінші баланың арбамен қосқандағы массасы 50 кг, ал екінші баланың арбамен қосқандағы массасы 56 кг болсын. Егер екінші бала бірінші баланы 40 Н күшпен тартса, екінші бала бірінші баланы қандай күшпен тартқан болады? Әр арба қандай үдеу алады? Қайсы арбаның алған жылдамдығы үлкен болады?
3. Арбада тұрған бала қабырғаға байланған арқанды 80 Н күшпен тартқанда, арба 1 секунд ішінде 2 м/с жылдамдық алды. Арба қандай үдеу алған және баланың арбамен бірге массасын тап.
4. Тыныш тұрған денеге 5 Н күш әсер еткенде, 1 м/с<sup>2</sup> үдеу алады. Сол дене 4 м/с<sup>2</sup> үдеу алуы үшін оған қандай шамадағы күш әсер етуі керек?

## § 23. ҚОЗҒАЛЫС ЗАҢДАРЫНЫҢ АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫСҚА ҚОЛДАНЫЛУЫ

### Центрге тартқыш күш

Шеңбер бойымен бір қалыпты қозғалған дененің үдеуі болады. Мұндай үдеуді ( $a_{ц.т.}$ ) центрге тартқыш үдеу деген едік.  $R$  радиусты жіпке

ілінген  $m$  массалы шар  $v$  сызықты жылдамдықпен айналса, шардың алған  $a_{\text{ц.т.}}$  үдеуі төмендегідей боларын білеміз:

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

Дене қозғалысындағы үдеуді күш тудырады. Айналмалы қозғалыста үдеуді қандай күш тудырады?

Айналмалы қозғалыста үдеу дененің айналу центріне бағытталатынын білесің. Айналмалы қозғалыста денеге әсер ететін күш те үдеу бағытында, яғни айналу орталығына тартылған болады. Сондықтан бұл күш **центрге тартқыш күш** деп,  $F_{\text{ц.т.}}$ -пен белгілейміз. Ньютонның екінші заңына сәйкес  $F_{\text{ц.т.}} = ma_{\text{ц.т.}}$  екендігінен:

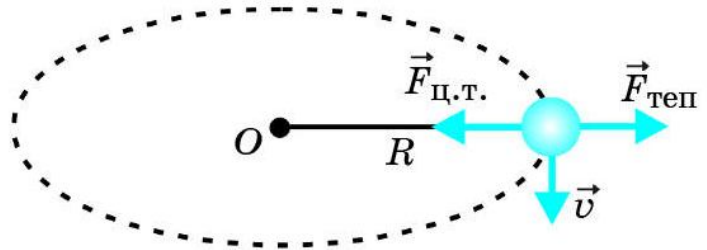
$$F_{\text{ц.т.}} = \frac{mv^2}{R}. \quad (2)$$



**Денеге әсер ететін центрге тартқыш күш дененің массасына және сызықты жылдамдығының квадратына тура пропорционал, айналу радиусына кері пропорционал.**

Жіпке байланған шарды айналдырғанымызда біз оған жіп арқылы әсер етеміз (63-сурет). Жіп шарды  $F_{\text{ц.т.}}$  күшпен центрге тартып тұрады.

Шардың сызықты жылдамдығы  $v$  центрге тартқыш күшке перпендикуляр бағытталған болады.



63-сурет. Айналмалы қозғалыста шарға әсер етіп жатқан күштер.

### Центрден тепкіш күш

Ньютонның үшінші заңы айналмалы қозғалыс үшін де орынды. Айналмалы қозғалыс жасайтын шарға әсер ететін центрге тартқыш күшке шама жағынан тең және оған қарама-қарсы бағытталған күш бар (64-сурет). Бұл күш **центрден тепкіш күш** деп аталады.

Центрден тепкіш күш центрге тарту күші сияқты төмендегідей өрнектеледі:

$$F_{\text{теп}} = \frac{mv^2}{R}. \quad (3)$$

Центрден тепкіш күш формуласы центрге тартқыш күш формуласымен бірдей, бірақ олар қарама-қарсы бағытталған болады. Яғни:

$$\vec{F}_{\text{ц.т.}} = -\vec{F}_{\text{теп.}} \quad (4)$$

Шелекке жартылай су құйып, оны басымыздан асыра айналдырсақ су төгілмейді. Шелекте айналып жатқан су айналу орталығынан қашуға әрекет жасайды.

Центрден тепкіш күшті тұрмыс пен техникада кең қолданады. Мысалы, жуылған киімді кептіру аппаратындағы арнайы барабанға салады. Барабан үлкен жылдамдықпен айналғанда оның тор қабырғасынан центрден тепкіш күш әсерінен киімдегі су бөлшектері атылып сыртқа шығады. Сөйтіп киім кебеді.

Сүт сепараторының көмегімен сүттің қаймағын ажыратып алады. Онда сепаратор барабанының үлкен жылдамдықпен айналуы оның ішіндегі сүтті екі бөлікке бөледі. Центрден тепкіш күш әсерімен майсыз сүт сыртқа шығады және арнаулы ыдысқа жиналады. Барабан центрінде майлы жеңіл сүт (қаймақ) қалады.

*Есеп шығару үлгісі*

Массасы 100 г шар 50 см ұзындықтағы жіпке байланып, айналдырылуда. Айналу периоды 0,5 с болса, шардың сызықты және оған әсер етіп жатқан центрден тепкіш күшті тап.

<p><i>Берілген:</i></p> <p><math>m=100\text{г}=0,1\text{кг};</math>  <math>R=50\text{см}=0,5\text{м};</math>  <math>T=0,5\text{с}.</math></p> <hr/> <p><i>Табу керек:</i></p> <p><math>v - ?</math> <math>F_{\text{теп}} - ?</math></p>	<p><i>Формуласы:</i></p> $v = \frac{2\pi R}{T};$ $F_{\text{теп}} = \frac{mv^2}{R}.$	<p><i>Шешуі:</i></p> $v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5}{0,5} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 6,3 \frac{\text{м}}{\text{с}};$ $F_{\text{теп}} = \frac{0,1 \cdot (6,3)^2}{0,5} \text{ Н} \approx 8 \text{ Н}.$ <p><i>Жауабы:</i> <math>v \approx 6,3 \text{ м/с}; F_{\text{теп}} \approx 8 \text{ Н}.</math></p>
---	---	--



**Тірек ұғымдар:** центрге тартқыш күш, центрден тепкіш күш.



1. Центрге тартқыш күш қалай пайда болады?
2. Центрге тартқыш күш формуласы қалай өрнектеледі?
3. Центрден тепкіш күш деп қандай күшті айтады?
4. Центрден тепкіш күштің формуласы неліктен центрге тартқыш күш формуласымен бірдей?

5. Центрден тепкіш күшті тұрмыста, техникада қалай пайдаланады?
6. Жіпке кішкентай денені байлап, оны айналдыр. Мұнда центрге тартқыш және центрден тепкіш күштердің болуын және олардың айналуын айтып бер.

**M**  
**15**

1. Массасы 20 г шар 25 см ұзындықтағы жіпке байлап айналдырылуда. Айналу периоды 0,2 с болса, шардың сызықты жылдамдығын және оған әсер етіп жатқан центрден тепкіш күшті тап.
2. *A.* 1-есеп шартындағы дене массасын екі есе үлкен деп алып, есепті шеш.  
*B.* 1-есеп шартындағы шар байланған жіптің ұзындығын екі есе ұзын деп алып есепті шеш.  
*D.* 1-есеп шартындағы шардың айналу периодын екі есе үлкен деп алып есепті шеш.  
*A, B және D* есептердің шешімін 1-есептің шешімімен салыстыр және қорытынды шығар.
3. Мотоцикл цирк аренасында диаметрі 25 м шеңбер бойымен 45 км/с жылдамдықпен қозғалуда. Егер мотоциклге әсер етіп жатқан центрден тепкіш күш 2,5 кН болса, мотоцикл және мотоциклшінің массасы бірге қанша болады? Онда мотоцикл қандай центрге тартқыш күш алады?

#### IV ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆ Инерция — дененің өз күйін сақтау қабілеті. Барлық денелер инерцияға ие.
- ◆ Ньютонның бірінші заңы — инерция заңы: әрбір дене оған басқа денелер әсер етпейінше, өзінің тыныш немесе түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын сақтайды.
- ◆ Күш денелердің өзара әсерінің өлшемі. Күш — физикалық шама,  $N$  — күштің негізгі бірлігі. Күш динамометрмен өлшенеді.
- ◆ Инерттілік — әсер ететін күш болмағанда дененің тыныштықтағы немесе қозғалыстағы өз жағдайын сақтау қасиеті.
- ◆ Масса дененің инерттілік қасиетін сипаттайтын физикалық шама.

- ◆ Ньютонның екінші заңының формуласы:  $a = \frac{F}{m}$  немесе  $F = ma$ .
- ◆ Ньютонның екінші заңы: Дененің басқа денемен өзара әсерлесуінен алған үдеуі оған әсер еткен күшке тура пропорционал, осы дененің массасына кері пропорционал.
- ◆ Ньютонның үшінші заңының формуласы:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ .
- ◆ Ньютонның үшінші заңы: Өзара әсерлесетін екі дене бір-біріне шама жағынан тең және түзу сызық бойымен қарама-қарсы жаққа бағытталған күшпен әсер етеді.
- ◆ Айналмалы қозғалған дене белгілі күшпен центрге тартылады. Бұл күш центрге тартқыш күш. Оның формуласы:  $F_{ц.т.} = \frac{mv^2}{R}$ .
- ◆ Айналмалы қозғалыс жасаған дене белгілі бір күшпен центрден тебілуге әрекет жасайды. Оның формуласы:  $F_{теп} = \frac{mv^2}{R}$ .
- ◆ Центрден тепкіш күш пен центрге тартқыш күш шама жағынан тең, қарама-қарсы бағытталған болады:  $\vec{F}_{ц.т.} = -\vec{F}_{теп}$ .

#### IV ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Массасы 2 кг дене жерге еркін түсуде. Денеге әсер етіп жатқан күшті тап.  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
2. Массасы 200 г арба  $0,5 \text{ м/с}^2$  үдеумен қозғалуы үшін оған қандай шамадағы өзгермейтін күш әсер етуі керек?
3. Темір жолда тұрған вагонды 2 кН күшпен итергенде ол  $0,1 \text{ м/с}^2$  үдеумен қозғала бастайды. Вагонның массасын тап.
4. Тыныш тұрған  $0,5 \text{ кг}$  массалы дене өзгермейтін күшпен қозғалып, 5 с-та 20 м жүрді. Денеге әсер еткен күштің шамасын тап.
5. Мұздың горизонталь бетінде  $100 \text{ гр}$  массалы болат шар тұр. Егер оны горизонталь  $50 \text{ мН}$  күшпен түртіп жіберсе, шар қандай үдеумен қозғала бастайды. Үйкеліс есептелмесін.
6. Тегіс горизонталь бетте тұрған арбаға  $4 \text{ Н}$  өзгермейтін күшпен әсер еткенде ол  $2 \text{ м/с}^2$  үдеу алды. Егер оған  $6 \text{ Н}$  күшпен әсер етсек, ол қандай үдеу алады?

7. 6-есеп шарты бойынша әр екі жағдай үшін арбаның 1 с ішінде алған жылдамдығын тап.
8. Массасы 2000 кг автомобиль 0,8 м/с<sup>2</sup> үдеумен қозғала бастады. Мотор автомобильге қандай күшпен әсер етеді? Үйкеліс күші мен ауаның кедергісі есептелмесін.
9. Бір-біріне қарама-қарсы қозғалған 0,5 кг және 1,5 кг массалы екі дене соқтығысты және екеуі де тоқтап қалды. Егер соқтығысқанша бірінші дене 6 м/с жылдамдықпен қозғалған болса, екінші дене қандай жылдамдықпен қозғалған?
10. Трактор тіркегішті 10 кН күшпен тартқанда оған 0,5 м/с<sup>2</sup> үдеу береді. Тарту күші 30 кН басқа трактор осы тіркегішке қандай үдеу береді?
11. Массасы 80 т реактивтік самолёт двигателінің тарту күші 120 кН болса, самолёт жылдамдық алу үшін қандай үдеумен қозғалады?
12. Массасы 0,4 кг допқа 0,01 с ішінде соққы берілгенде ол 20 м/с жылдамдық алды. Доп қандай күшпен тебілген?
13. 25 см ұзындықтағы жіпке байланған 100 г массалы шар шеңбер бойымен секундына 2 рет айналуға. Шарға әсер етіп жатқан центрден тепкіш күш және центрге тартқыш үдеуді тап.
14. 13-есеп шартындағы шар секундына 4 рет айналдырылса, центрден тепкіш күш пен центрге тартқыш үдеу неше есе артады немесе кемейеді?
15. 1 м ұзындықтағы жіпке байланған дене секундына 1 рет айналады. Денеге әсер ететін центрден тепкіш күш 10 Н болуы үшін дененің массасы қандай болуы керек?
16. Лайсаң жолда батып қалған автомобиль қозғала алмай, доңғалағынан 10 м/с жылдамдықпен лай шашуда. Егер автомобиль доңғалағының диаметрі 1 м, шашылып жатқан лайдың орташа массасы 5 г болса, лай қандай күшпен шашылуда?



## V тарау. ТАБИҒАТТАҒЫ КҮШТЕР ӘСЕРІНДЕ ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚОЗҒАЛУЫ

### § 24. ЭЛАСТИКАЛЫҚ КҮШ

#### Деформация

Денелерге күш әсер етсе, олар созылуы, сығылуы, жылжуы немесе бұралуы мүмкін. Кейде денелерде мұндай қасиет айқын көрінеді. Мысалы, сыртқы күштің әсерінен резина немесе (пружина) серіппе ұзарады, сығылады және бұралады, ағаш немесе пластмасса иіледі.



**Сыртқы күштің әсерінен денелердің пішіні мен көлемінің өзгеруі деформация деп аталады.**

Деформациялар эластикалық және пластикалық деформацияларға бөлінеді. Сыртқы күштің әсері тоқтағанда дененің өзгерген пішіні мен көлемі алғашқы күйіне қайтса, **эластикалық деформация** болады. Мысалы, созылған резина немесе серіппе сыртқы әсер тоқтағаннан кейін өз күйіне қайтады. Сызғышты аздап иіп қойып жіберсек, ол тағы да туырланады. Бұндай денелерді **эластикалық денелер** дейміз.

Әсер етіп жатқан сыртқы күш тоқтағанда дененің пішіні мен көлемі тіктелмесе, бұл **пластикалық деформация** болады. Мысалы, пластилин езілсе немесе созылса, ол бұрынғы қалпына қайтпайды. Бұндай денелер **пластикалық денелер** дейіледі.

Төменде біз тек эластикалық денелермен жұмыс істейміз.

#### Эластикалық күштің пайда болуы

64-а суретте екі тірекке горизонталь қойылған жұқа тақтай көрсетілген. Егер оның ортасына бала отырса, тақтай иіліп, тоқтайды (64-сурет). Тақтайдың иілуін қандай күш тоқтатып қалады?

Баланың ауырлық күші әсерімен тақтай иіледі, (деформацияланады). Егер баланың ауырлық күшін  $\vec{F}_c$  сыртқы күш десек, тақтайдың иілуіне кедергі жасайтын күш  $\vec{F}_{эл}$  эластикалық күш болады.  $\vec{F}_{эл}$  эластикалық күш  $\vec{F}_c$  сыртқы күшке теңескенде тақтайдың иілуі тоқтайды. Бұл күштер бір-біріне қарама-қарсы бағытталған. Мұнда Ньютонның үшінші заңы орынды:

$$\vec{F}_c = -\vec{F}_{эл} \quad (1)$$



**Дене деформацияланғанда сыртқы күшке кедергі жасайтын және оған қарама-қарсы бағытталған күш эластикалық күш деп аталады.**

Садақ қатты тартылғанда (65-сурет), резина, серіпке созылғанда не сығылғанда  $\vec{F}_c$  күшке қарсы  $\vec{F}_{эл}$  күш пайда болады.

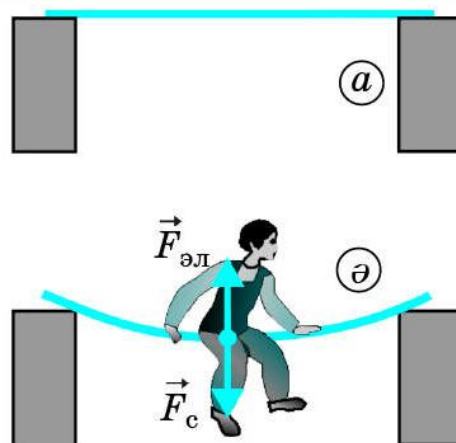
### Гук заңы

Тірекке орнатылған серіппе ілгегіне  $\vec{F}_c$  күшпен әсер ететін жүк ілейік. Мұнда серіппе деформацияланып,  $\Delta l$  ұзындыққа ұзарады, яғни жылжиды. Бұдан  $\vec{F}_c$  күшке шама жағынан тең және қарама-қарсы бағытталған  $\vec{F}_{эл}$  күш пайда болады (66-сурет). Бұл күш  $\Delta l$  жылжуға тура пропорционал болады, яғни:

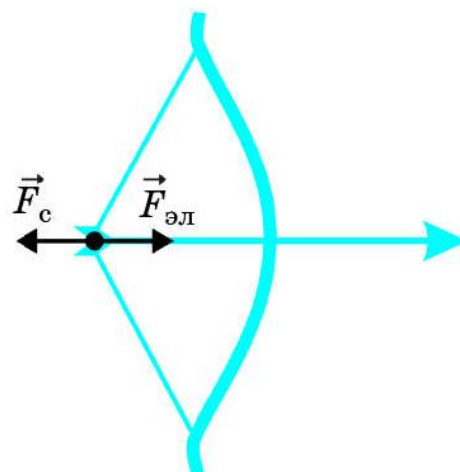
$$F_{эл} = -k\Delta l, \quad (2)$$

мұнда  $k$  – деформацияланған серіппенің қатандығы. Халықаралық бірліктер жүйесінде оның бірлігі Н/м болады.

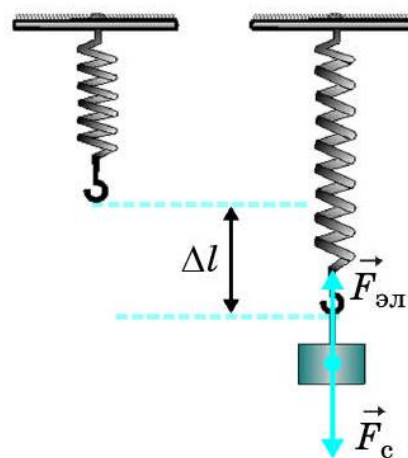
(2) формула төмендегідей сипатталады:



64-сурет. Тақтайдың иілуі.



65-сурет. Садақтың иілуі.



66-сурет. Серіппенің созылуы.



**Дененің эластикалық деформациясы оған қойылған сыртқы күшке тура пропорционал.**

Бұл заңды 1660 жылы ағылшын ғалымы Роберт Гук тапқан. Сондықтан ол *Гук заңы* деп аталады. Дененің (серіппе, сым) қатандығы  $k$  канша үлкен болса, оны ұзарту (созу) немесе сығу, яғни деформациялау соншама қиын болады. Гук заңындағы қатандық  $k$  түрлі денелер үшін әр түрлі. Мысалы, стерженнің ұзындығы  $l$ , көлденең қимасы  $S$  болса, қатандағы  $k$  төмендегідей өрнектеледі:

$$k = E \frac{S}{l}, \quad (3)$$

мұнда  $E$  — әр түрлі денелер үшін әр түрлі созылғыштық модулі.

Серіппе  $F_c$  сыртқы күштің әсерімен сығылғанда ол  $\Delta l$ -ға қысқарады. Бұл жағдайда да Гук заңы орынды. Серіппенің орнына аз деформацияланатын темір стержень, алюминий сым немесе басқа денелер алсақ та олар сыртқы күштің әсерінен аз болса да ұзарады немесе қысқарады, яғни созылғыштық күші пайда болады.

#### *Есеп шығару үлгілері*

Тірекке орнатылған сымға ілінген дене 300 Н ауырлық күшімен әсер етеді. Егер бұл күштің әсерінен сым 0,5 мм ұзарған болса, оның қатандығын тап.

*Берілген:*

$$F_c = 300 \text{ Н}; \\ \Delta l = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}.$$

*Табу керек:*

$$k - ?$$

*Формуласы:*

$$F_c = k \Delta l;$$

$$k = \frac{F_t}{\Delta l}.$$

*Шешуі:*

$$k = \frac{300}{0,0005} \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 600\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = \\ = 6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

*Жауабы:*  $k = 6 \cdot 10^5 \text{ Н/м}.$



**Тірек ұғымдар:** деформация, эластикалық деформация, эластикалық дене, пластикалық деформация, пластикалық дене, эластикалық күш, Гук заңы, эластикалық модуль.



1. Деформация деп нені айтады?
2. Эластикалық және пластикалық деформациялардың бір-бірінен қандай айырмашылығы бар?
3. Эластикалық күш дегеніміз не және қалай пайда болады?

4. Эластикалық күш пен сыртқы әсер күші арасында қандай қатынас бар?
5. Гук заңы қалай өрнектеледі және сипатталады?
6. Резинаның бір ұшын тірекке байлап, екінші ұшынан тарт. Онда қандай күштер көрінеді? Олардың бағыты қандай?

- М 16**
1. 4 Н күштің әсерінен 5 см-ге ұзарған серіппе қатаңдығын тап.
  2. Қатаңдығы 500 Н/м резина 10 Н күшпен тартылса, ол қанша ұзарады?
  3. Қандай күштің әсерімен қатаңдығы 1000 Н/м серіппе сығылғанда 4 см-ге қысқарады?
  4. Жүк машинасы жеңіл автомобильді троспен 1 кН күшпен тартса, трос қанша ұзарады? Тростың қатаңдығы  $10^5$  Н/м.
  5. Берілген сым бөлігінің қатаңдығы  $2 \cdot 10^5$  Н/м-ге тең. Осы сымның жартысының қатаңдығы қандай?
  6. Ұзындығы бірдей екі серіппе бірінен соң бірі біріктіріліп, екі ұшынан ұстап тартылды. Мұнда қатаңдығы 100 Н/м серіппе 4 см-ге ұзарды. Егер екінші серіппе 2 см-ге ұзарса, оның қатаңдығы қандай?

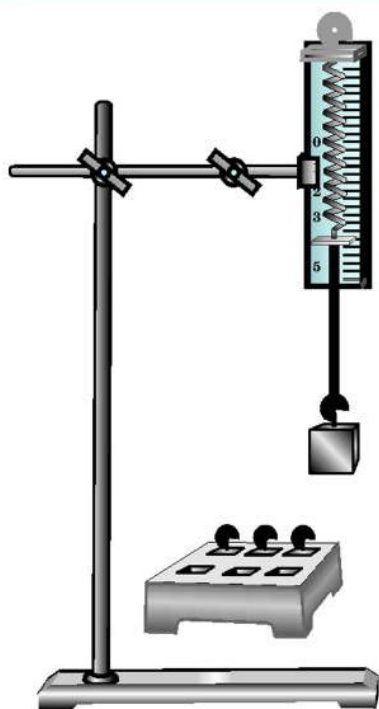
## § 25. СЕРІППЕНІҢ ҚАТАҢДЫҒЫН АНЫҚТАУ (2-зертханалық жұмыс)

**Жұмыстың мақсаты:** ең қарапайым динамометр серіппесінің қатаңдығын анықтау арқылы денелердің деформациясы және қатаңдығы туралы түсінікті кеңейту, эластикалық күш туралы алған теориялық білімді пысықтау.

**Қажетті құралдар:** штатив, ең қарапайым динамометр, жүктер жинағы, миллиметрлік қағаз.

### Жұмысты орындау тәртібі

1. Динамометрдің шкаласына миллиметрлік қағаз жабыстыр.
2. Динамометрді штативке 58-суретте көрсетілгендей етіп орнат.
3. Динамометр көрсеткішінің бастапқы жағдайын шкаласындағы миллиметрлік қағазға белгілеп қой.
4. Динамометрдің ілгегіне  $m_1$  массалы жүкті іл, оның әсерінен пружинаның  $\Delta l_1$  ұзаруын өлше және нәтижені кестеге жаз.



67-сурет. Серіппе қатандығын анықтау құралдары.

5. Динамометр ілгегіне  $m_1$  массалы жүктің орнына алдын  $m_2$ , сосын  $m_3$  массалы жүкті іл. Екі жағдай үшін де жүктің әсерінен серіппенің  $\Delta l_2, \Delta l_3$  ұзаруын өлшеп, нәтижені кестеге жаз.

6. Динамометрге ілінген әр жүк үшін серіппеге әсер еткен сыртқы күштерді  $F_c = mg$  формуласымен есепте және нәтижелерін ( $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп ал). Кестеге жаз.

7. Әр өлшеген  $\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3$  және есептелген  $F_{c1}, F_{c2}, F_{c3}$  нәтижелерді  $k = F_c / \Delta l$  формулаға қойып,  $k_1, k_2, k_3$  серіппенің қатандығын есепте және нәтижелерін кестеге жаз.

8.  $k_{\text{орт}} = (k_1 + k_2 + k_3) / 3$  формула бойынша серіппе қатандығының орташа мәнін есепте және нәтижені кестеге жаз.

2-кесте

№	$m$	$F_t$	$\Delta l$	$k$	$k_{\text{орт}}$
1					
2					
3					



1. Динамометрге  $m_1, m_2, m_3$  массалы жүк ілінген, серіппенің созылғыштық күші неге тең және қалай бағытталған?
2. Динамометр серіппесінің ілгегіне жүк ілінгенде созылғыштық күші қалай пайда болатынын түсіндір.
3. Неге әр өлшеу үшін серіппенің қатандығы  $k_1, k_2, k_3$  дерлік бірдей мәнге тең?

## § 26. БҮКІЛӘЛЕМДІК ТАРТЫЛЫС ЗАҢЫ

### Бүкіләлемдік тартылыс заңы

Айдың Жердің айналасында, Жердің Күннің айналасында айналуын білесің. Неге Ай Жерден, Жер Күннен “қашып” кетпейді? Өйткені Ай мен Жер, Жер мен Күн өзара әсерлесіп, белгілі күшпен тартылып тұрады. Бұл күштің табиғаты қандай? Ол қандай бірліктерге тәуелді?

Ньютон 1687 жылы өзінше ғалымдардың пікіріне және өзінің бақылауларына негіздеп төмендегі қорытындыға келді (68-сурет):

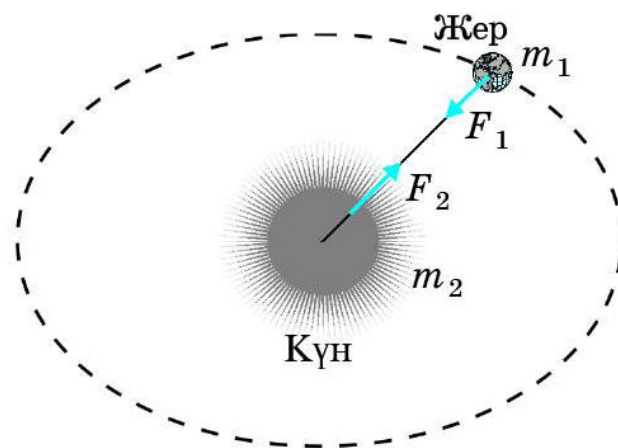


**Жердің Күнмен тартылу күші олардың массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал, араларындағы қашықтықтың квадратына кері пропорционал.**

Ньютон тарту күшінің мұндай табиғаты тек Жер мен Күннің арасындағы тартылысқа емес, Ай мен Жер, басқа планеталар мен Күн, айналымыздағы денелер мен Жер арасындағы тартылуға да тиісті екенін ашты.

Ньютонның қорытындысына сәйкес, әлемдегі денелердің өзара тартылу күші төмендегідей анықталады:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \quad (1)$$



68-сурет. Жер мен Күннің өзара тартылуы.

мұнда  $m_1$ ,  $m_2$  — әсерлесуші денелер массасы,  $R$  — олардың арақашықтығы,  $G$  — пропорционалдық коэффициенті, ол гравитациялық тұрақты деп аталады. Латыншада *gravitas тартылу*, *ауырлық* дегенді білдіреді.

Бұл формула бүкіл әлемдегі денелердің тартылу күшін өрнектейтіндіктен ол **бүкіләлемдік тартылу заңы** деп аталады. Бүкіләлемдік тартылу заңы төмендегідей өрнектеледі:



**Екі дененің өзара тартылу күші олардың массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың арасындағы қашықтықтың квадратына кері пропорционал.**

Ағылшын ғалымы Генри Кавендиш 1798 жылы өзі жасаған сезгір бұрама таразымен гравитациялық тұрақтының сан мәні мынаған тең екенін анықтады:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}. \quad (2)$$

$1/1,5 \approx 0,667$  болғандықтан есеп шығарғанда  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$  орнына  $(1/1,5 \cdot 10^{10}) \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$  мәнді пайдалануға болады.

Айналамыздағы барлық денелер машиналар, адамдар, стол-стулдар, шкафтар, тіпті үйлер де бір-біріне тартылып тұрады. Бұл күштер өте кіші болғандықтан бізге сезілмейді.

### Жер, Ай және Күнге қатысты өлшеу мағлұматтары

Бүкіләлемдік тартылыс заңына қатысты есептерді шығаруда Жер, Ай және Күнге қатысты шамаларды пайдаланады. Төменде сол шамалар берілген. Есеп шығарғанда бұл шамалардың дөңгелектелген шамалас мәндерін пайдалануға болады.

1. Жердің орташа радиусы —  $6,371 \cdot 10^6 \text{ м} \approx 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$ .
2. Жердің массасы —  $5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ .
3. Жерден Айға дейінгі орташа қашықтық —  $3,844 \cdot 10^8 \text{ м} \approx 3,8 \cdot 10^8 \text{ м}$ .
4. Айдың радиусы —  $1,737 \cdot 10^6 \text{ м} \approx 1,7 \cdot 10^6 \text{ м}$ .
5. Айдың массасы —  $7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг} \approx 7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ .
6. Жерден Күнге дейін орташа қашықтық— $1,496 \cdot 10^{11} \text{ м} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ .
7. Күннің радиусы —  $6,96 \cdot 10^8 \text{ м} \approx 7 \cdot 10^8 \text{ м}$ .
8. Күннің массасы —  $1,99 \cdot 10^{30} \text{ кг} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ .

*Есеп шығару үлгісі*

Жер мен Күннің арасындағы тартылыс күшін тап.

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m_1 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг};$ $m_2 = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг};$ $R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м};$ $G = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$	$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$	$F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} \text{ Н} \approx$ $\approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н}$
<p><i>Табу керек:</i></p> <p><math>F - ?</math></p>		<p><i>Жауабы:</i> <math>F \approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н}</math>.</p>



**Тірек ұғымдар:** бүкіләлемдік тартылыс заңы, гравитациялық тартылыс күші, гравитациялық тұрақты.



1. Әлемдегі денелердің бір-біріне тартылу күші туралы Ньютонның қорытындысы қандай?

2. Бүкіләлемдік тартылу заңының формуласы қалай өрнектеледі?
3. Неліктен гравитациялық тартылу күшіне негізделген заң бүкіләлемдік тартылу заңы деп аталады?
4. Бүкіләлемдік тартылу заңын сипаттап бер.
5. Гравитациялық тұрақтының физикалық мағынасы және оның мәнін айт.
6. Айналамыздағы денелердің бір-біріне тартылуын неге сезбейміз?

**M**  
**17**

1. Жер мен Айдың арасындағы тартылу күшін тап.
2. Әрқайсысының массасы 50 кг екі бала бір-бірінен 1 м қашықтықта тұр. Балалар бүкіләлемдік тартылу заңы бойынша бір-біріне қандай күшпен тартылады?
3. Теңіз портында екі үлкен кеме бір-бірінен 100 м қашықтықта тұр. Егер кемеңнің массасы 1000 т болса, олар бір-біріне қандай күшпен тартылады?
4. Массанды, Жердің массасын және радиусын біліп, өзіннің Жерге қандай күшпен тартылуын есепте. Өзің мен Жердің арасындағы қашықтықты Жердің радиусына тең деп ал.

## § 27. АУЫРЛЫҚ КҮШІ

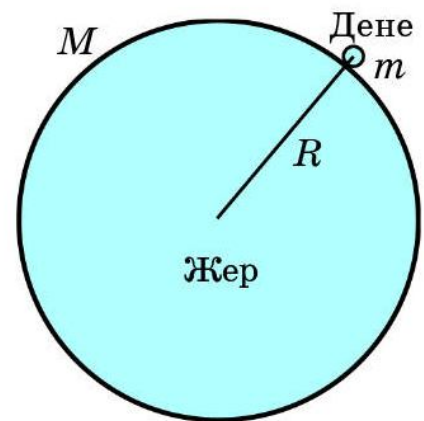
Жер бетіндегі денелер неге Жерге тартылады? Олар үшін де бүкіләлемдік тартылу заңы орынды ма?

Бүкіләлемдік тартылу заңының формуласын пайдаланып Жердің бетінде тұрған  $m_1 = m = 1$  кг массалы дене мен Жер шарының өзара тартылу күшін есептеп көрейік (69-сурет).

$$F = G \frac{mM}{R^2}. \quad (1)$$

Дене мен Жер арасындағы қашықтыққа Жер шарының радиусы алынады, яғни  $R=6,4 \cdot 10^6$  м.  $m = 1$  кг массалы дене мен  $M=6 \cdot 10^{24}$  кг массалы Жердің тарту күшін табайық:

$$F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{1 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ Н} \approx 9,8 \text{ Н}.$$



69-сурет. Жер және оның сыртындағы дененің тартылысу сызбасы.

Демек, массасы 1 кг дене мен Жер бір-бірін 9,8 Н күшпен тартады.

Ньютонның екінші заңына сәйкес дене Жерге қандай күшпен тартылса, ол Жерді өзіне сондай күшпен тартады. Тек бұл күштер өзара қарама-қарсы бағытталған. Бірақ тек массасы 1 кг дене 9,8 Н күшпен Жерге тартылуы туралы сөз болуы мүмкін. Себебі мұндай өзара тартылысуда Жер шары жылжымайды.

Ньютонның екінші заңына сәйкес дененің Жерге тартылу күші мынаған тең:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (2)$$

Демек, 1 кг массалы дене Жердің тартылыс күшінің әсерінде 9,8 м/с<sup>2</sup>-қа тең үдеуге ие болады.

Кез келген массалы, мысалы,  $m = 8$  кг немесе 25 кг массалы денелер Жерге қандай күшпен тартылады? Бұл күштің әсерінде олар қандай үдеу алады?

$$m = 8 \text{ кг үшін: } F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{8 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ Н} \approx 78,4 \text{ Н}; \quad a = \frac{78,4 \text{ м}}{8 \text{ с}^2} = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$m = 25 \text{ кг үшін: } F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{25 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ Н} \approx 245 \text{ Н}; \quad a = \frac{245 \text{ м}}{25 \text{ с}^2} = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Демек, дененің массасы қанша болуынан тыс, жерге тартылыс күшінен  $a$  үдеудің мәні бірдей болады, яғни 9,8 м/с<sup>2</sup>-қа тең екен. Біз бұл үдеуді **еркін түсу үдеуі** деп алып, оны  $g$  әрпімен белгіледік. Шын мәнінде бұл тақырыпта еркін түсу үдеуінің мәнін шығардық. Демек,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  екен.

Денені Жерге тартып тұратын күшті **ауырлық күші** дейді, ол  $F_{\text{ауыр}}$  деп белгіленеді. Ньютонның екінші заңының формуласындағы  $a$  үдеуді  $g$  еркін түсу үдеуімен алмастырып,  $m$  массалы дененің ауырлық күшін төмендегідей өрнектеуге болады:

$$F_{\text{ауыр}} = mg. \quad (3)$$



**Дененің Жерге тартылыс кәшін ауырлық күші дейді.**

(3) формула дененің ауырлық күші мен массасы арасындағы байланысты да өрнектейді. Бұл формула Жер бетінде Н есебіндегі ауырлық күші кг есебіндегі дене массасынан 9,8 есе үлкен екенін көрсетеді.

*Есеп шығару үлгісі*

Көпір үстінде тұрған 10 тонна массалы жүк машинасының ауырлық күшін тап. Машина көпірге қандай күшпен әсер етеді?

*Берілгені:*  
 $m = 10 \text{ т} = 10\,000 \text{ кг};$   
 $g = 9,8 \text{ м/с}^2.$

*Формуласы:*

$$F_{\text{ауыр}} = mg.$$

*Шешуі:*

$$F_{\text{ауыр}} = 10\,000 \cdot 9,8 \text{ Н} = 98\,000 \text{ Н} = 98 \text{ кН}.$$

*Табу керек:*

$$F_{\text{ауыр}} - ?$$

*Жауабы:*  $F_{\text{ауыр}} = 98 \text{ кН};$  машина көпірге де 98 кН күшпен әсер етеді.



**Тірек ұғымдар:** дене мен Жердің тартылыс күші, Жердің тартылыс күші, дененің Жерге тартылуы, дененің ауырлық күші.



1. Бүкіләлемдік тартылыс заңына сәйкес, Жердің бетіндегі  $m$  массалы дене және Жер арасындағы өзара тартылыс күшінің формуласы қалай өрнектеледі?
2. Бүкіләлемдік тартылыс заңы және Ньютонның екінші заңының формулалары негізінде еркін түсу үдеуінің мәні қалай табылады?
3. Неліктен дене мен Жер арасындағы өзара тартылыс күші сол дененің ауырлық күші деп аталады?
4. Ауырлық күшінің формуласы қалай өрнектеледі?
5. Ауырлық күші деп нені айтады?

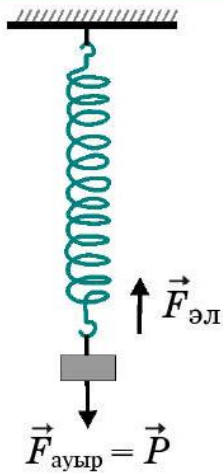


1. Массасы 200 кг кітап сөресі Жерге қандай күшпен тартылады? Сөренің ауырлық күші қандай? Осы және кейінгі есептерде  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
2. Массанды біліп, өзіңнің ауырлық күшіңді анықта.
3. Жол шетінде тұрған автомобильдің ауырлық күші 20 кН-ға тең. Автомобильдің массасын тап.

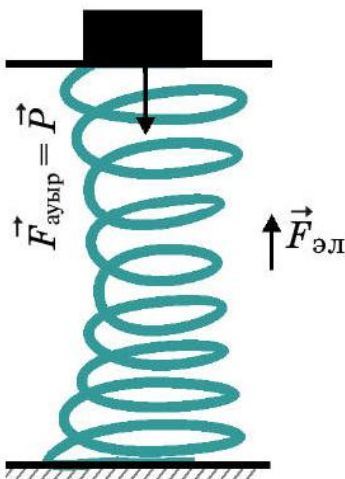
## § 28. ДЕНЕНІҢ САЛМАҒЫ

Физикада ауырлық күшінен басқа салмақ деген ұғым да бар. Дене салмағының мәнін түсіну үшін мынадай тәжірибе өткізейік.

**1-тәжірибе.** Ілгекке орнатылған серіппеге массасы  $m$  дене ілейік. Денеге төменге бағытталған  $F_{\text{ауыр}} = mg$  ауырлық күші әсер етеді. Осы күштің әсерінде серіппе созылады, яғни деформацияланады. Соның нә-



70-сурет. Дене ауырлық күшінің ілгекке әсері.



71-сурет. Дене ауырлық күшінің тірекке әсері.

тижесінде  $F_{эл}$  эластикалық күші пайда болады (70-сурет).

Эластикалық күш деген не және ол қалай пайда болады?

$F_{ауыр}$  ауырлық күшінің әсерінен жоғары қарай бағытталған  $F_{эл}$  эластикалық күші артады. Белгілі мерзімнен кейін  $F_{эл}$  эластикалық күші шама жағынан  $F_{ауыр}$  ауырлық күшіне теңеседі, яғни бұл күштер тепе-тең болады және серіппеге ілінген дене тыныш күйге келеді. Дененің тыныш күйінде аспаға  $F_{ауыр}$  ауырлық күшіне тең күш әсер етеді. Бұл күш серіппеге ілінген дененің салмағы.

**2-тәжірибе.** Серіппенің үстіне орнатылған тірекке белгілі  $m$  массалы дене қоямыз. Сол сәтте серіппе қысқара бастайды, яғни деформацияланады. Нәтижеде  $F_{эл}$  эластикалық күш көріне бастайды. Эластикалық күш артып, дененің ауырлық күшіне шама жағынан теңескенде серіппенің қысқаруы тоқтайды және дене тыныш күйге өтеді. Дененің тыныш күйінде тірекке  $F_{ауыр}$  ауырлық күшіне тең күш әсер етеді (71-сурет). Бұл күш серіппе үстіндегі тірекке қойылған дененің салмағы.



**Жерге тартылу нәтижесінде дененің тірекке немесе аспаға әсер ететін күші дененің салмағы деп аталады және  $P$  әрпімен белгіленеді.**

Жоғарыдағы тәжірибелерде дене тепе-тең жағдайға келгенде дененің  $P$  салмағы  $F_{ауыр}$  ауырлық күшіне тең болады. Тыныш күйінде тұрған дененің ауырлығы мына формуламен өрнектеледі:

$$P = mg.$$

Салмақ түсінігін ауырлық күші түсінігімен шатастырмау керек. Олардың бір-бірінен айырмашылық жасайтын екі қасиетін біліп алу керек. *Біріншіден*, ауырлық күші — бұл денеге әсер етіп жатқан Жер-

дің тарту күші, салмақ — бұл дененің тірекке немесе аспаға көрсеткен әсер күші. *Екіншіден*, ауырлық күші белгілі жерде дененің тік бағыттағы үдеуіне тәуелді емес, яғни өзгермейді. Ал ауырлық дене тек қана тыныш күйде тұрғанда немесе тік бір қалыпты қозғалыста өзгермейді.

Дене тік бағытта өзгертін қозғалыс жасағанда салмақ өзгереді. Мысалы, 1-тәжірибедегі серіппеге ілінетін дененің массасы 100 г, яғни 0,1 кг болсын. Онда дененің ауырлық күші  $F_{\text{ауыр}} = 0,1 \cdot 9,8 \text{ Н} = 0,98 \text{ Н} \approx 1 \text{ Н}$ . Бұл күш дене серіппеге ілінгенде де, серіппе созылғанда да, тыныш күйіне қайтқанда да өзгермейді. Бірақ, салмақ 0 мәннен 1 Н-ға дейін артады. Дене серіппеге ілінген уақыттың өзінде де дененің серіппеге ілінген аспаға әсері болмайды, яғни дененің салмағы 0-ге тең болады. Қысқа уақыт ішінде серіппе созылады және дененің аспаға әсері де артады, яғни дененің салмағы 0-ден 1 Н-ға дейін өзгеріп отырады. Серіппе созылып болған соң, яғни дене тепе-тең күйге келгенде дененің салмағы 1 Н-ға тең болады.

2-тәжірибеде де осындай жағдай болады.

Тұрмыста масса орнына көбірек салмақ ұғымы қолданылады. Мысалы, базарда таразымен өнімнің массасы өлшенсе де, салмағы өлшенді дейіледі. Оны қателік дей алмаймыз, өйткені өнім тыныш тұр, яғни тепе-теңдік жағдайында таразыға тартылады. Бұл жағдайда салмақ Н-да емес, кг немесе г-да есептеледі.

### Есеп шығару үлгісі

Динамометрге жүк ілінгенде, біраздан соң ол тепе-теңдік күйіне келеді. Сонда динамометр 10 Н-ды көрсетті. Динамометрге ілінген жүктің массасы қанша? Тепе-тең жағдайда динамометр серіппесінің эластикалық күші қанша болады? Жүктің салмағы ше? Динамометрмен массаны өлшеуге бола ма?

*Берілгені:*

$$\begin{aligned} F_{\text{ауыр}} &= 10 \text{ Н}; \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2. \end{aligned}$$

*Формуласы:*

$$F_{\text{ауыр}} = mg; \quad m = \frac{F_{\text{ауыр}}}{g}.$$

*Шешуі:*

$$m = \frac{10}{9,8} \approx 1 \text{ кг}.$$

*Табу керек:*

$$m - ? \quad F_{\text{эл}} - ? \quad F_{\text{ауыр}} - ?$$

*Жауабы:* 1)  $m \approx 1 \text{ кг}$ ; 2)  $F_{\text{эл}} = F_{\text{ауыр}} = 10 \text{ Н}$ ;

3)  $P = F_{\text{эл}} = 10 \text{ Н}$ ; 4) Жер бетінде

тұрған динамометрдің көмегімен массаны да өлшеу мүмкін. Ол үшін динамометр шкаласы кг және г-да дәрежеленген болуы керек. Өлшеп жатқанда серіппесі де тепе-тең жағдайда болуы шарт.



**Тірек ұғымдар:** ауырлық күшінің аспаға әсері, ауырлық күшінің тірекке әсері, дененің салмағы.



1. 70-сурет бойынша серіппеге ілінген дененің салмағын түсіндір.
2. 71-сурет бойынша тірекке қойылған дененің салмағы туралы пікірінді айт.
3. Дененің салмағы деп нені айтады?
4. Салмақтың ауырлық күшінен айырмашылығын түсіндір.
5. Тұрмыста неге көбірек масса орнына салмақ қолданылады? Бұл дұрыс па? Жауабыңды негіздеп бер.



1. Тірекке бекітілген серіппеге массасы 50 г дене ілінген. Денеге әсер ететін ауырлық күші және серіппенің эластикалық күші өзара теңескенде дененің салмағы неге тең болады? Осы және кейінгі есептерде  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
2. Серіппенің үстіне орнатылған тірекке массасы 80 г дене қойылған. Тепе-теңдік жағдайында дененің салмағы қандай болады?
3. Қозғалмайтын динамометрге 200 г жүк ілінді. Тепе-тең жағдайда жүктің салмағы қанша? Эластикалық күші ше?
4. Өзіңнің массанды біліп, тыныш тұрғандағы салмағыңды есепте.

## § 29. АСҚЫН САЛМАҚ ЖӘНЕ САЛМАҚСЫЗДЫҚ

### Асқын салмақ

Динамометрге  $m$  массалы денені іліп, оны тыныш күйінде ұстап тұрайық. Тепе-теңдік жағдайы тіктелгенде дененің салмағы  $P = F_{\text{ауыр}}$  немесе  $P = mg$  болады (72-а сурет).

Егер динамометрді жоғарыға қозғалтсақ, динамометрдің серіппесі созылады. Біраздан кейін яғни серіппенің эластикалық күші дененің салмағымен тепе-тең болғанда, дене жоғарыға  $a$  үдеумен қозғалады (72-ә сурет). Сонда динамометрдің көрсеткіші де артады. Бұл дененің салмағы да артады деген сөз. Мұнда салмақтың артуы  $ma$ -ға тең болады:

$$P = F_{\text{ауыр}} + ma \quad \text{немесе} \quad \boxed{P = mg + ma.} \quad (1)$$



**Дене жоғары қарай тік бағытта  $a$  үдеумен қозғалғанда оның салмағы  $ma$ -ға артады. Бұл арту асқын салмақ деп аталады.**

Өмірде асқын салмаққа көп кездесеміз. Мысалы, тыныштық күйіндегі лифт көтеріле бастағанда ол  $a$  үдеу алады. Мұнда оның ішінде тұрған адам лифттің еденіне әдеттегіден көп күшпен басады. Лифттегі адам салмағының артуы  $ma$ -ға тең болады (65-сурет).

Самолёт жерден үдеумен көтерілгенде асқын салмақтың нәтижесінде кейбір адамдардың миында ауру пайда болады. Әсіресе, зымыран (ракета) үлкен үдеумен ұшырылғанда, оның ішінде ғарышкер үлкен асқын салмаққа шыдауы керек.

### Салмақсыздық

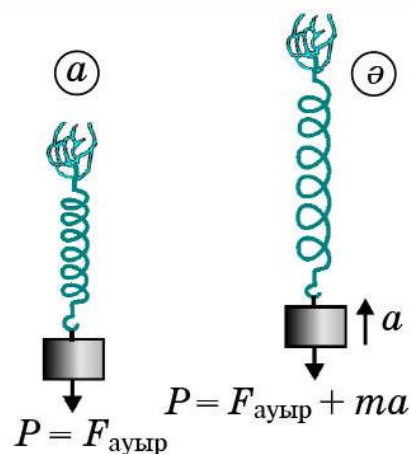
Енді динамометрді шұғыл төменге қарай қозғалтайық. Мұнда динамометрдің серіпшесі сығылады. Бір сәтте серіпшенің эластикалық күші дененің салмағымен тепе-тең болады да, дене төменге  $a$  үдеумен қозғалады (74-а сурет). Осы уақытта динамометрдің көрсеткіші кемейеді. Бұл дененің салмағы да кемейеді деген сөз. Мұнда салмақтың кемеюі  $ma$ -ға тең болады:

$$P = F_{\text{ауыр}} - ma \quad \text{яки} \quad P = mg - ma. \quad (2)$$

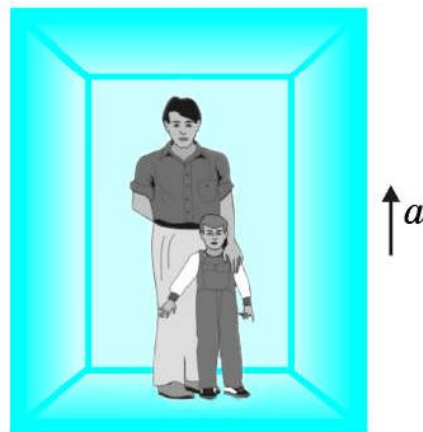


**Дене төменге  $a$  үдеумен қозғалғанда оның салмағы кемиді.**

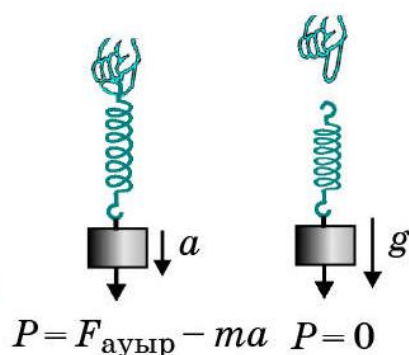
Тыныштық күйінде тұрған лифт  $a$  үдеумен төмен қарай қозғалғанда оның ішіндегі адам  $ma$  -ға жеңілдейді.



**72-сурет.** Дененің тыныш жағдайы ( $a$ ) және жоғарыға үдемелі қозғалысы ( $ә$ ).



**73-сурет.** Лифттің үдемелі қозғалысы.



**74-сурет.** Дененің  $a$  үдеумен ( $a$ ) және  $g$  үдеумен ( $ә$ ) төменге қозғалысы.

Жүк ілінген динамометрді қойып жіберсек, динамометр қысқарып, жүк  $a=g$  үдеумен төмен қарай қозғалады. Мұнда динамометрдің шкаласы оған ілінген дененің салмағы 0-ге тең екенін, яғни салмақсыздық жағдайын көрсетеді (74-ә сурет):

$$P = m(g - a) = m(g - g) = 0.$$

Жер бетіне еркін түсетін дене салмақсыздық күйінде болады. Денелердің еркін түсуі ауырлық күші — бүкіләлемдік тартылыс күші әсерінде көрінеді. Сондықтан салмақсыздық күйін мынадай сипаттауға болады:



**Тек бүкіләлемдік тартылыс күшінің әсерімен еркін қозғалған әрбір дене салмақсыздық күйінде болады.**

Жер орбитасында айналып жүрген ғарыш кемесі, оның ішіндегі ғарышкер, еркін түсу үдеуімен ұшып бара жатқан ұшақ салмақсыздық күйінде болады. Салмақсыздық күйіндегі ғарышкер ғарыш кемесінің орындығына қысым түсірмейді, кеме ішінде еркін ұшып жүреді. Бұл жағдайда ғарышкердің салмағы нөлге тең болады.

*Есеп шешу үлгісі*

Балуан жерде тұрған 64 кг массалы тасты көтерді. Мұнда тас  $2,7 \text{ м/с}^2$  үдеуге ие болды. Дененің ауырлық күшін тап. Тасты жерден көтеру кезінде оның салмағы қандай болады?

<p><i>Берілгені:</i></p> <p><math>m = 64 \text{ кг};</math></p> <p><math>a = 2,7 \text{ м/с}^2;</math></p> <p><math>g = 9,8 \text{ м/с}^2.</math></p> <hr style="width: 100%;"/> <p><i>Табу керек:</i></p> <p><math>F_{\text{ауыр}} - ? \quad m - ?</math></p>	<p><i>Формуласы:</i></p> <p><math>F_{\text{ауыр}} = mg;</math></p> <p><math>P = mg + ma;</math></p> <p><math>P = m(g + a).</math></p>	<p><i>Шешуі:</i></p> <p><math>F_{\text{ауыр}} = 64 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 630 \text{ Н};</math></p> <p><math>P = 64 \text{ кг} \cdot (9,8 + 2,7) \text{ м/с}^2 = 800 \text{ Н}.</math></p> <p style="text-align: right;"><b>Жауабы:</b> <math>F_{\text{ауыр}} \approx 630 \text{ Н}; P = 800 \text{ Н}.</math></p>
--	---	--



**Тірек ұғымдар:** асқын салмақ, салмақсыздық.



1. Асқын салмақ деп нені айтады?
2. Салмақсыздық жағдайы болу үшін дене тік төмен қарай қандай үдеумен қозғалуы керек?
3. Салмақсыздық күйін түсіндіріп бер және оған мысал келтір.

**M**  
**20**

1. Әрқайсысының массасы 400 г екі кітапты бірінің үстіне бірін қойып,  $5 \text{ м/с}^2$  үдеумен бірге жоғары қарай көтерілуде. Сондай үдеумен көтерілу кезінде үстіңгі кітап астыңғы кітапқа қандай ауырлықпен әсер етеді? Есептерді шығарғанда  $g=10\text{м/с}^2$  деп алынсын.
2. Массасы 3 кг дене үдеумен жоғарыға көтеріліп, салмағы 39 Н-ға жетті. Дене қандай үдеумен көтерілген?
3. 1-есептегі кітаптар  $5 \text{ м/с}^2$  үдеумен бірге жоғарыдан төменге түссін, үстіңгі кітап астыңғы кітапқа қандай ауырлықпен әсер етеді?
4. 1-, 3-есептерде айтылған кітаптар еркін түсу үдеуімен бірге вертикаль бойлап төменге түссін, үстіңгі кітап астыңғы кітапқа қандай ауырлықпен әсер етеді?

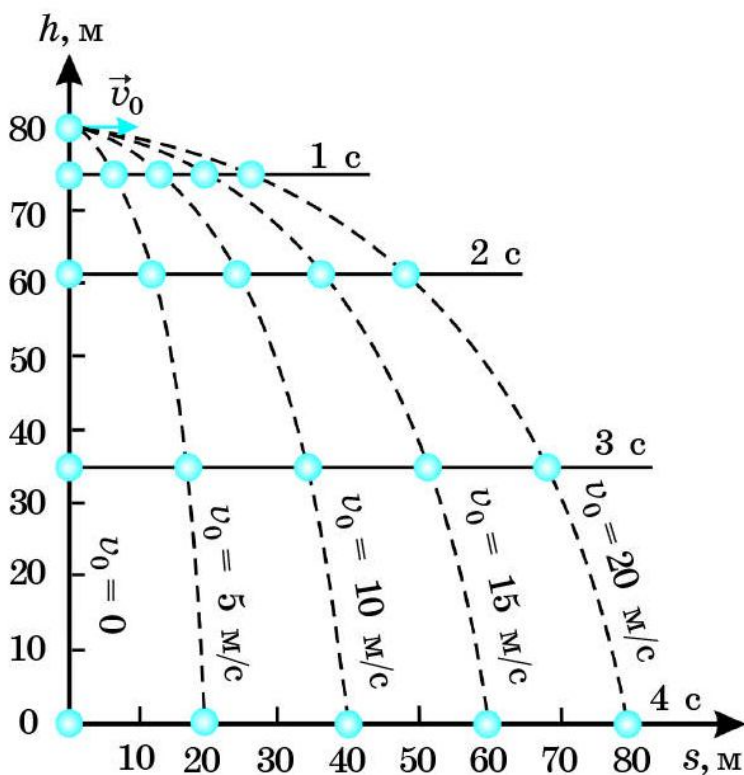
### § 30. ЖЕРДІҢ ТАРТЫЛЫС КҮШІ ӘСЕРІНДЕГІ ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

#### Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы

80 м биіктіктегі мұнарадан дене тасталды. Еркін түсу үдеуі  $g = 10 \text{ м/с}^2$  болса, 1 с-та 5 м, 2 с-та 20 м, 3 с-та 45 м, 4 с-та 80 м қашықтықты басып өткенін есептеуге болады (75-сурет).

Дене биік мұнарадан  $v_0$  бастапқы жылдамдықпен горизонталь бағытта лақтырылды. Жердің тарту күшінен бұл дене қисық сызықты қозғалыс жасап, мұнарадан  $s$  қашықтыққа барып түседі.

Биіктіктен горизонталь бағытта лақтырылған дененің қозғалысындағы екі қызықты құбылысқа тоқталайық.



75-сурет. Биіктіктен горизонталь бағытта лақтырылған дененің қозғалысы.

*Біріншісі.* 80 м биіктіктен тасталған дене жерге 4 с-та түседі. Осы биіктіктен 5 м/с, 10 м/с, 20 м/с бастапқы жылдамдықпен горизонталь лақтырылған денелер де бірдей 4 с-та жерге түседі. Тіпті, олардың 1 с, 2 с, 3 с соындағы жерден биіктіктері де бірдей болып, бастапқы жылдамдықсыз тасталған денедегі сияқты болады.



**Биіктіктен тасталған дене жерге қанша уақытта түссе, сол биіктіктен горизонталь бағытта лақтырылған дене де жерге сонша уақытта түседі.**

*Екіншісі.* Горизонталь лақтырылған дене кез келген тең уақыттар арасында мұнарадан бірдей қашықтыққа ұзақтайды. Егер дененің қысық сызықты қозғалысының жерге проекциясы түсірілсе, оның проекциясы түзу сызықты бір қалыпты қозғалысты өрнектейді. Сондықтан мұнараның түбінен дене түскен жерге дейінгі қашықтық мынадай өрнектеледі:

$$s = v_0 t \quad (1)$$

Дене 75-суреттегідей, 80 м биіктіктегі мұнарадан 5 м/с, 10 м/с, 15 м/с, 20 м/с бастапқы жылдамдықпен горизонталь бағытта лақтырылса, қандай қашықтыққа барып түсетінін есептейік. Мұнда  $t = 4$  с деп алып, (1) формуладан әрбір жағдай үшін  $s$  қашықтықты табамыз:

- 1)  $v_0 = 5$  м/с-та  $s = 5$  м/с  $\cdot$  4 с = 20 м;
- 2)  $v_0 = 10$  м/с-та  $s = 10$  м/с  $\cdot$  4 с = 40 м;
- 3)  $v_0 = 15$  м/с-та  $s = 15$  м/с  $\cdot$  4 с = 60 м;
- 4)  $v_0 = 20$  м/с-та  $s = 20$  м/с  $\cdot$  4 с = 80 м.

### Бірінші ғарыштық жылдамдық

Біз горизонталь лақтырылған дененің қозғалысын қарастырғанымызда Жердің бетін жазық деп алдық. Жердің беті сфера сияқты екенін білеміз. Солай болса да дене бір сәт жүз метрге горизонталь лақтырылғанда Жер бетін жазық деп алу мүмкін. Егер биіктіктен горизонталь лақтырылған дененің жүздеген, мыңдаған километр қашықтықтағы қозғалысы қарастырылса, Жер бетінің сфералық пішінде екенін есепке алу қажет болады.

Дене мұнарадан өте үлкен  $v_0$  бастапқы жылдамдықпен горизонталь бағытта лақтырылған болсын. Дененің бастапқы жылдамдығы қаншама үлкен болса, ол Жер бетін бойлап сонша ұзаққа барып түседі. Бастапқы

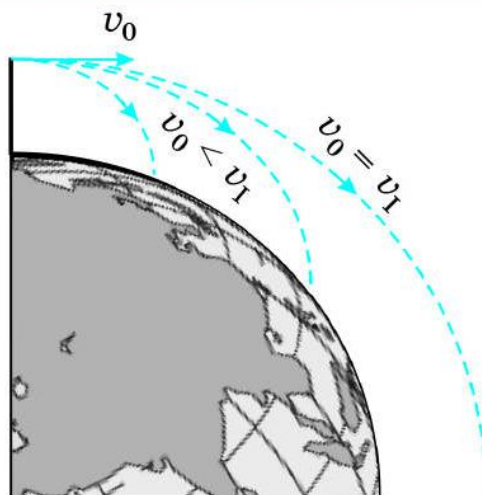
жылдамдықты арттырып, сондай  $v_1$  жылдамдыққа жету мүмкін, оның нәтижесінде дене Жерге қайтып түспейді (76-сурет). Дене  $h$  биіктікте белгілі орбита бойлап  $v_1$  жылдамдықпен Жерді айналып жүретін жасанды серікке айналады.

Дене Жер шарын айналып жүруі үшін оны қандай жылдамдықпен лақтыру керек. Айналмалы қозғалыстағы дененің центрге тартқыш үдеуі  $a = v^2/R$  -ға тең екені белгілі. Егер Жер бетіне жақын горизонталь лақтырылған дене  $R$  радиусты Жер шарын  $v_1$  жылдамдықпен айналса,  $a$  орнына  $g$  еркін түсу үдеуін алуға болады. Онда  $g = v_1^2/R$  формуладан:

$$v_1^2 = gR. \quad (2)$$

Бұл формулада еркін түсу үдеуі  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  және жер шарының радиусы  $R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$  екенінен жылдамдық  $v_1$  -ны анықтауға болады:

$$v_1 \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с} \quad \text{немесе} \quad v_1 \approx 7,9 \text{ км/с}. \quad (3)$$



76-сурет. Бірінші ғарыштық жылдамдыққа жету.



**Жердің тартылыс күшінің әсерінен дененің Жердің айналасында шеңбер бойлап қозғалуына жеткізетін жылдамдық бірінші ғарыштық жылдамдық дейіледі.**

### Есеп шығару үлгісі

Бала биік жастаста тұрып, көлге қарай горизонталь бағытта  $15 \text{ м/с}$  жылдамдықпен тас атты. Арадан  $2 \text{ с}$  өтіп, тастың суға түскені білінді. Көлдегі су деңгейінен бала тұрған жастастың биіктігін тап. Тас қозғалыс проекциясы бойынша қанша қашықтыққа барып түскен? Тасты лақтырғанда баланың қолы жартастан  $1 \text{ м}$  биікте болғанын ескер.  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп ал.

*Берілген:*

$$\begin{aligned} v_0 &= 15 \text{ м/с;} \\ t &= 2 \text{ с;} \quad h_0 = 1 \text{ м;} \\ g &= 10 \text{ м/с}^2. \end{aligned}$$

*Табу керек:*

$$h_1 - ? \quad s - ?$$

*Формуласы:*

$$\begin{aligned} h &= \frac{gt^2}{2}; \\ h_1 &= h - h_0; \\ s &= v_0 t. \end{aligned}$$

*Шешуі:*

$$\begin{aligned} h &= \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ м} = 20 \text{ м;} \\ h_1 &= (20 - 1) \text{ м} = 19 \text{ м;} \\ s &= 15 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ с} = 30 \text{ м.} \end{aligned}$$

**Жауабы:**  $h_1 = 19 \text{ м}; s = 30 \text{ м}.$



**Тірек ұғымдар:** горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы, бірінші ғарыштық жылдамдық.



1. Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысын талдап бер.
2. Мұнарадан лақтырылған дененің мұнараның түбінен түскен жеріне дейінгі қашықтық қалай анықталады?
3. Горизонталь лақтырылған дене Жердің айналасында айналуы үшін қандай шарт орындалуы керек?
4. Бірінші ғарыштық жылдамдық деген не? Оның мәнін айт.



1. Дене мұнарадан горизонталь бағытта 8 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Дене 3 с уақыттан кейін жерге барып түсті. Мұнараның биіктігін тап. Дене мұнарадан қанша қашықтыққа барып түскен? Осы және кейінгі есептерде  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
2. Дене мұнарадан горизонталь бағытта 12 м/с бастапқы жылдамдықпен лақтырылды және ол 60 м қашықтыққа барып жерге түсті? Дененің жерге түсу уақытын және мұнараның биіктігін тап.
3. Автомобиль 80 км/с, ұшақ 900 км/с жылдамдықпен қозғалуда. Олар әрбірінің жылдамдығы бірінші ғарыштық жылдамдықтан неше есе кем?

## § 31. ЖЕРДІҢ ЖАСАНДЫ СЕРІКТЕРІ

### Ракетаға Жерді айналу үшін қажет жылдамдық

Егер ракета (зымыран) бірнеше км биіктікте бірінші ғарыштық жылдамдықпен ұшса, ауаның кедергісі мен үйкелісінен қызып, жанып кетеді. Ауасыз жерде ғана ракета сондай үлкен жылдамдықпен қозғала алады.

Жерден бірнеше жүз километр биіктіктегі ортаны ауасыз деуге болады. Сондықтан да ғарышқа ұшырылған ракеталар сондай биіктікте ұшып жүреді. Ракета, мысалы,  $h = 300$  км биіктікте Жердің айналасында айналмалы қозғалыс жасауы үшін бірінші ғарыштық жылдамдық қандай болуы керек?

Бірінші ғарыштық жылдамдықтың  $v_1^2 = gR$  формуласындағы  $R$  орнына  $R + h$  қашықтық қойылады. Жердің бетінен биікке көтерілген сайын еркін түсу үдеуі  $g$ -ның мәні кеміп отырады. Жердің бетінен 300 км биіктікте еркін түсу үдеуі  $g = 9,0 \text{ м/с}^2$  болады. Есептеулерге қара-

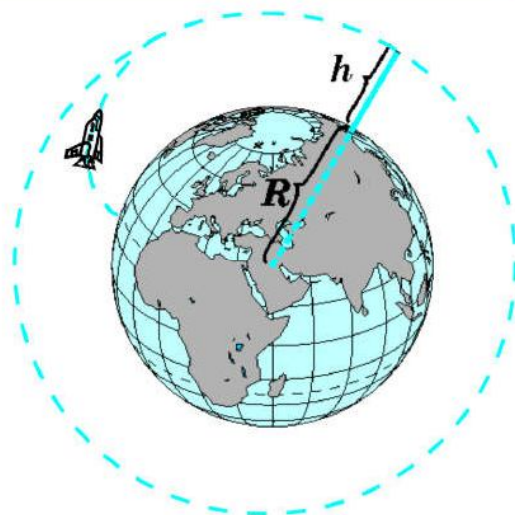
ғанда, 300 км биіктікте Жер шарының айналасында шеңбер бойымен қозғалуы үшін оның жылдамдығы 7,7 км/с болуы керек.



**Адам қолымен жасалып көкке ұшырылған және жасанды түрде Жердің серігіне айналған зымыран (ракета), ғарыштық кемелер Жердің жасанды серігі дейіледі.**

Зымыран Жердің жасанды серігіне айналуы үшін кем дегенде 300 км биіктікке көтеріледі. Ол үшін зымыранға кемінде 7,7 км/с жылдамдық беріледі.

Жасанды серікті ұшыру үшін оны тасымалдаушы-ракетамен қажетті биіктікке алып шығады. Белгілі уақытта оның жылдамдығы бірінші ғарыштыққа арттырылады және бағыты горизонталь жағдайда болады (77-сурет).



77-сурет. Зымыранның  $h$  биіктіктегі орбита бойымен қозғалыс траекториясы.

### Ғарыштың игерілуі

Адамзат тарихында бірінші рет 1957 жылы 4 қазанда массасы 83 кг дене қуатты тасушы-зымыранның көмегімен қажет биіктікке шығарылып, оған бірінші ғарыштық жылдамдық беруге қол жеткізілді. Шар пішінді бұл дене Жердің айналасында орбита бойымен айнала бастаған, яғни жасанды серікке айналған.

1961 жылы 12 сәуірде бірінші рет адам ғарышқа ұшырылды. Жерден көтеріліп, жасанды серікке айналдырылған “Восход” ғарыштық кемесінде *Юрий Гагарин* ғаламшарымызды бір рет айналып, Жерге аман-есен қайтып түсті.

Ғарышты игерудегі тағы бір табыс — 1969 жылы 21 маусымда астронавттар **Н. Армстронг** пен **Е. Олдрин** басқарған ғарыштық кеме Айға қонды, адамзат алғаш Айға қадам жасады.

Космосты игеруде елімізде туылып өскен ғарышкерлердің де үлесі бар. Ташкент облысының Искандер аулында туылған ұшқыш космонавт *Владимир Жәнібеков* 5 рет (1978, 1981, 1982, 1984, 1985 жылдары) ғарышқа ұшып, орбитада барлығы 145 күн болған. Осы уақытта ол екі рет



Ташкентте космонавт Владимир Жәнібековке қойылған ескерткіш.



Космонавт Салижан Шарипов.

ашық ғарышқа шығып, ғарыш аппаратының сыртқы бөлігіндегі жөндеу жұмысына қатысқан. Космонавтика саласындағы көп қызметі үшін екі рет Қаһарман болған (1978 және 1981 жылы). 1985 жылы авиация генерал-майоры әскери шені берілген. Өзбекстандық ұшқыш-ғарышкерге Ташкентте бюст орнатылған.

1998 жылы 22 қаңтарда халықаралық экипаждың құрамында Қырғызстанның Ош қаласында туылған өзбек ұланы *Салижан Шарипов* Америка Құрама Штаттарының ғарыш кемесінде ғарышқа ұшты (73-сурет). 2004 жылы С. Шарипов екінші рет ғарышқа ұшты. Бұл кез ол Ресейдің ғарыш кемесінде ұшып, ұзақ уақыт ғарышта зерттеу жұмысын жүргізуге қатысты.

Қазір космонавтика өте дамыған. Жердің айналасында түрлі мемлекеттердің көптеген Жерден басқарылатын жасанды серіктері ұшып жүр. Олардың көмегімен ғарышты зерттеумен қатар Жердегі ауа райы, Жердегі әр түрлі үдерістер де тұрақты зерттеледі. Теле және радиохабарларда, ұялы телефон байланыстарында жер жүзі бойынша тарату жасанды серіктер арқылы жүзеге асырылады.

Күн жүйесінің барлық ғаламшарларына қарай Жерден басқарылатын ракеталар ұшырылған. Олар басқа ғаламшарлардан түрлі мәліметтерді Жерге жеткізіп тұрады.

Біз өткен тақырыптарда бірінші ғарыштық жылдамдық және оның мәнін білдік. Екінші және үшінші ғарыштық жылдамдық та бар.

Есептеулерге қарағанда, екінші ғарыштық жылдамдық  $v_{II} = 11,2$  км/с-қа тең. Жасанды серіктің жылдамдығы екінші ғарыштық жылдамдыққа жеткізілсе, ол Жердің орбитасынан шығып кетеді және Күннің айналасында орбита бойлап қозғала бастайды. Сөйтіп ол Күннің жасанды серігіне айналып қалады.

Егер ракета Жердің Күннің айналасындағы орбитасы бойлап қозғалысы бағытында  $v_{III} = 16,7$  км/с жылдамдықпен ұшырылса, ракета үшінші ғарыштық жылдамдыққа жетеді де, Күн Жүйесінен шығып кетеді.



**Тірек ұғымдар:** ракета, жасанды серік, ғарыш, ғарыш кемесі, екінші ғарыштық жылдамдық, үшінші ғарыштық жылдамдық.

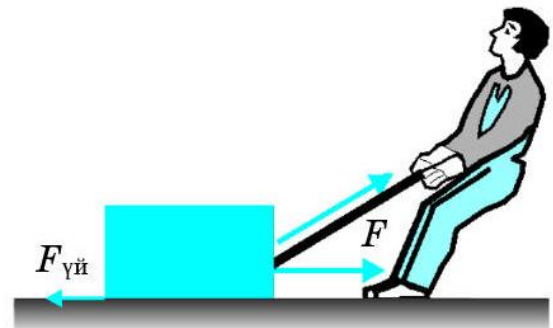


1. Ракета 300 км биіктікте Жердің айналасында айналуы үшін бірінші ғарыштық жылдамдық қандай болуы керек?
2. Жердің жасанды серігі деген не?
3. Жердің жасанды серігі қалай ұшырылады?
4. Ғарыштың зерттелуі және игерілуі жайлы айт.
5. Екінші және үшінші ғарыштық жылдамдық туралы не білесің?

## § 32. ҮЙКЕЛІС КҮШІ. ТЫНЫШТЫҚТАҒЫ ҮЙКЕЛІС

### Үйкеліс күші

Механикада оқитын тағы бір күш — үйкеліс күші. Төбешіктен сырғанап түскен шана горизонталь бағытқа өткенде оның жылдамдығы кемейіп барып тоқтайды. Демек, шана қозғалысының бағытына қарсы күш бар. Жерде тұрған жүкті тартып сүйреу үшін де қандай да бір күш кедергі жасайды (78-сурет).

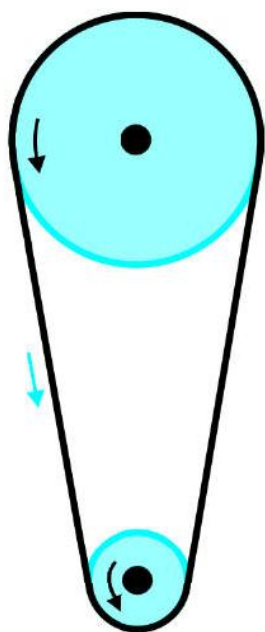


78-сурет. Үйкеліс күшінің пайда болуы.



**Бір дененің басқа дененің бетінде қозғалуынан пайда болатын және қозғалысқа қарсы бағытталған күш үйкеліс күші деп аталады.**

Стол үстінде жинаулы тұрған кітаптарды жылжыту үшін күшпен әсер етуіміз керек. Мұз үстінде сырғанаған шайба, моторы өшірілген автомобиль жайлап барып тоқтайды. Бұл мысалдарда кітап пен столдың беті, шайба мен мұздың беті, автомобиль доңғалағы мен айналу оғы, шина



79-сурет. Үйкелістің пайда болуы.

мен асфальт арасында үйкеліс күші пайда болады. Таспалы ұзатқыш та үйкелістен шкивтерді айналдырады (79-сурет).



**Үйкеліс күшінің пайда болуының бірінші себебі — бір-біріне тиіп тұратын денелердің кедір-бұдырлығы.**

Тіпті өте теп-тегіс көрінетін денелердің сыртында да кедір-бұдыр мен тырналған жерлер болады. Мысалы, мұз өте тегіс болып көрінеді. Бірақ оны лупаның көмегімен қараса, оның кедір-бұдыры анық көрінеді.

Бір дене екінші дененің бетінде сырғанағанда немесе домалағанда бұл кедір-бұдырлар бір-біріне үйкеліп, қозғалысқа тосқауыл жасайтын күшті туындатады.



**Үйкеліс күшінің пайда болуының екінші себебі — бір-біріне тиіп тұратын денелер молекулаларының өзара тартылуы.**

Егер денелердің беті жақсы тегістелген болса, денелер бір-біріне тигенде олардың молекулалары бір-біріне өте жақын болады. Мұнда бір-біріне тиіп тұрған дене молекулаларының арасында тартылыс күші сезілетіндей болады.

Денелердің бір-біріне үйкелену құбылыстарын үш түрге бөлуге болады: **тыныштық күйіндегі үйкеліс, сырғанау үйкелісі және домалау үйкелісі.**

### Тыныштықтағы үйкеліс

Дене салыстырмалы тыныштықта тұрғанда үйкеліс күші оны бір жерде ұстап тұрады және дененің орнынан қозғалуына тосқауыл жасайды. Бұл күш тыныштықтағы үйкеліс күші.

Транспортёрдің көмегімен жүктерді көлбеу жазықтықпен жоғарыға алып шығу мүмкін. Бұнда жүктің бетімен транспортёр таспасының беті арасындағы тыныштықтағы үйкеліс күші жүкті ұстап тұрады (80-сурет).

Бөлмедегі стол-стул, сөрелер т.б. денелер тыныштықтағы үйкеліс күшінің нәтижесінде еденде қимылдамай тұрады. Егер үйкеліс күші болмағанда оларды түртіп жіберсең болды бөлме ішінде қозғалып, сырғанап жүретін еді.

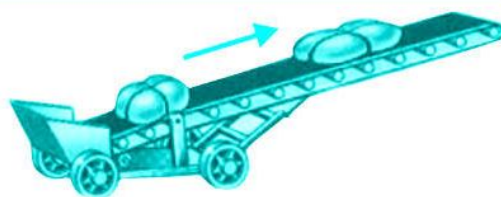
Еденде тұрған жүкті горизонталь бағытта қозғалту үшін оған тыныштықтағы үйкеліс күшіне тең және қарама-қарсы бағытталған күшпен әсер етуіміз керек.

Жүргенімізде аяқ киімнің табаны мен жер бетінің арасында тыныштықтағы үйкеліс күші пайда болады. Үйкеліс күші болмағанда біз жүре алмайтын едік, мұздың үстінде жүргендей сырғанап берер едік. Біз жерді арқаға  $F$  күшпен итереміз. Үйкеліс күші  $F_{\text{үй}}$  болса қозғалыс бағытында болып, шама жағынан  $F$  күшке тең (81-сурет).

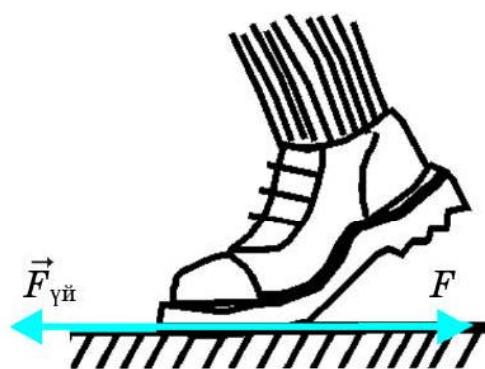
Жүргенде жерді арқаға қарай итеретінімізге көз жеткізу үшін спортшылар жаттығу жасайтын роликті жолақты мысалға алуға болады. Онда спортшы алға қарай жүрсе, жолақ арқаға қарай қозғалады (82-сурет).

Автомобиль шинасы да жерді арқаға қарай итереді. Шинаның сырты мен жер бетінің арасында тыныштықтағы үйкеліс пайда болғандықтан доңғалақ автомобильді алға қарай қозғалтады.

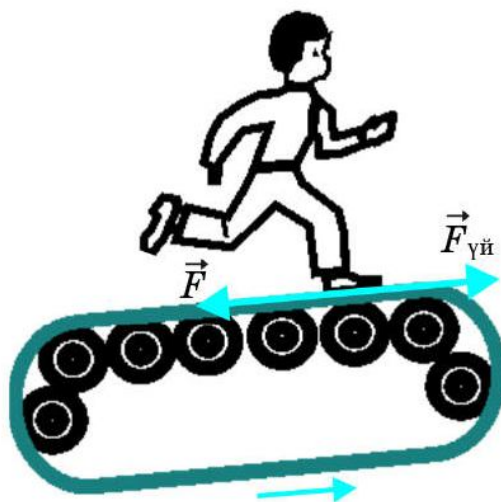
Тыныштықтағы үйкеліс күшін өлшеуге болады. Егер тақтайшаны (денені) горизонталь бетке қойып, динамометрмен тартсақ, дене орнынан қозғалмаса да динамометрдің көрсеткіші артады және белгілі максимал  $F = F_{\text{үй}(т)}$  мәнге жеткенде дене орнынан қозғалады (83-сурет). Мұнда  $F_{\text{үй}(т)}$  — тыныштықтағы үйкеліс күші.



80-сурет. Транспортерда жүкті жоғарыға шығару.



81-сурет. Жүргенде үйкелістің пайда болуы.



82-сурет. Үйкелістен жолақтың артқа қозғалысы.



**Дененің тыныштық күйден қозғалысқа түсу кезіндегі үйкеліс күші тыныштықтағы үйкеліс күші дейледі.**



**Тірек ұғымдар:** үйкеліс күші, тыныштықтағы үйкеліс, тыныштықтағы үйкеліс күші.



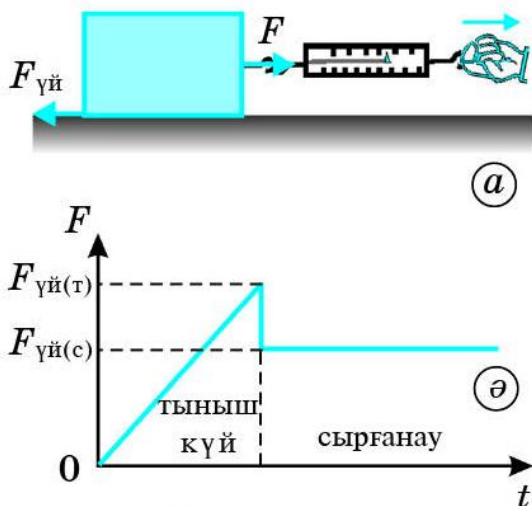
1. Үйкеліс күшінің сипаттамасын айт. Үйкеліс күші қалай бағытталған болады?
2. 78- және 79-суреттердегі мысалдардан үйкеліс күшінің пайда болу себептерін түсіндір.
3. Тыныштықтағы үйкеліс күші деп нені айтады? Мысал келтір.
4. Күнделікті өмірімізде кездесетін тыныштықтағы үйкелістер қалай пайда болады?

## § 33. СЫРҒАНАУ ҮЙКЕЛІСІ. ДОМАЛАУ ҮЙКЕЛІСІ

### Сырғанау үйкелісі



**Бір дененің үстінде басқа дене сырғанағанда үйкеліс пайда болады. Бұндай үйкеліс сырғанау үйкелісі дейледі.**



**83-сурет.** Тыныштықтағы және сырғанау үйкелістің пайда болуы (а) және олардың графигі (ә).

Мысалы, шана қарда сырғанағанда, стол үстіндегі кітапты жылжытқанда үйкеліс пайда болады.

83-а суретте бейнеленген денені динамометрмен тартып орнынан қозғатайық. Дененің орнынан қозғалуы кезінде динамометрдің көрсеткіші шұғыл кемиді. Динамометрді тарту арқылы денені бір қалыпты қозғалтсақ, динамометрдің көрсеткіші өзгермей қалады. Динамометр көрсеткішінің осы өзгермейтін мәні *сырғанау үйкеліс күшіне* тең болады. Демек, сырғанау үйкеліс күші тыныштықтағы үйкеліс күшінен кіші болады (83-ә сурет).

Тәжірибе көрсеткендей, сырғанау үйкеліс күші дененің ауырлық күшіне пропорционал болады. Ньютонның үшінші заңы бойынша ауырлық күші  $F_{ауыр}$  шама жағынан тіректің реакция күші  $P$ -ға тең. Демек, сырғанау үйкеліс күші  $F_{үй(сыр)}$  реакция күші  $P$ -ға пропорционал болады:

$$F_{үй(c)} = \mu P, \quad (1)$$

мұнда  $\mu$  – сырғанау үйкеліс коэффициенті болып, оның мәні бір-біріне үйкеленетін денелердің материалына, беттерінің тегістігіне және басқаларға тәуелді. Кейбір жұп материалдар үшін сырғанау үйкеліс коэффициентінің шамалас мәндері төмендегі кестеде берілген.

3-кесте

№	Материалдар	$\mu$	№	Материалдар	$\mu$
1.	Мыс пен мұз	0,02	5.	Қола мен шойын	0,2
2.	Болат пен мұз	0,04	6.	Ағаш пен ағаш	0,4
3.	Болат пен болат	0,12	7.	Былғары мен шойын	0,6
4.	Болат пен қола	0,15	8.	Резина мен бетон	0,75

### Домалау үйкелісі

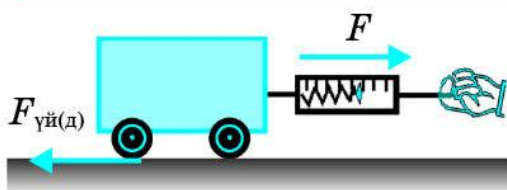


**Егер бір дене екінші бір дененің үстінде домаласа, пайда болған үйкеліс *домалау үйкелісі* деп аталады.**

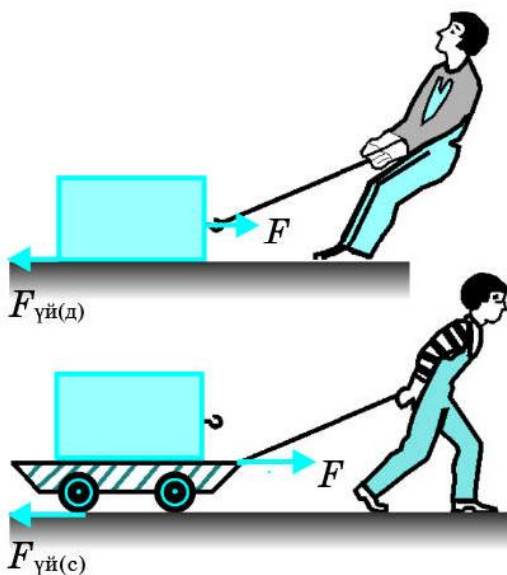
Доңғалақ дөңгелегеде, бөшке немесе бөренелер домалатылғанда домалау үйкелісі пайда болады.

Домалау үйкелісі пайда болуының басты себебі доңғалақ тиіп тұрған бетте ауырлық күшінің әсерінен пайда болған деформация. Домалаудың нәтижесінде доңғалақта және дөңгелеген бетте шұқыр пайда болады. Шұқыр доңғалақтың айналуына кедергі жасайды. Доңғалақ беті мен домалап жатқан бет қанша қатты болса, доңғалақ дөңгелегенде сонша аз деформацияланады және домалау үйкеліс күші  $F_{үй(д)}$  – соншама кіші болады.

Арбадағы әрбір доңғалақтың домалау үйкеліс күшін анықтауға болады. Ол үшін арба динамометр арқылы бірдей жылдамдықта тартылады.



84-сурет. Домалау үйкеліс күшін анықтау.



85-сурет. Сырғанау және домалау үйкелістерінің салыстырылуы.

Мұнда арба дөңгелектерінің домалау үйкеліс күшін  $F_{үй(д)}$  динамометр көрсеткен  $F$  күштің мәніне тең болады (84-сурет). Бұл күштің мәнін 4-ке бөлсе, арбадағы әрбір дөңғалақтың домалау үйкеліс күші анық болады.

Домалау үйкеліс күші сырғанау  $F_{үй(д)}$  үйкеліс күші  $F_{үй(с)}$  нен көп есе кіші (85-сурет). Сондықтан ертеде адамдар ауыр жүктерді бір жерден екінші жерге көшіргенде бөренелерді пайдаланған. Дөңғалақ жасалғаннан кейін оны пайдаланған. Дөңғалақтың ойлап табылуы ұлы ашулардың бірі болды.

Тәжірибелер домалау үйкеліс күші  $F_{үй(д)}$  денеге әсер ететін реакция күші  $P$ -ға тура пропорционал, домалайтын дене радиусы  $R$ -ға кері пропорционал болатынын көрсетті, яғни:

$$F_{үй} = \mu_d \frac{P}{R}, \quad (2)$$

Мұнда  $\mu_d$  — домалау үйкеліс коэффициенті. Оның мәні бір-біріне үйкелетін денелердің

материалына, бетінің тегістігіне және басқаларға байланысты.  $\mu_d$  дың жуық мәні полат пен полат үшін 0,2 мм -ге, автомобиль дөңғалағының резинасы мен асфальт үшін 2 мм-ге тең.

*Есеп шығару үлгісі*

2 т массалы автомобильдің дөңғалағы мен асфальт арасындағы домалау үйкеліс күшін тап. Дөңғалақтың диаметрін 1 м, резина мен асфальт арасындағы домалау үйкеліс коэффициенті 2 м. Ал  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

<i>Берілгені:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг};$ $D = 1 \text{ м}; \mu_d = 2$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	$P = mg;$ $R = \frac{D}{2};$ $F_{үй(д)} = \mu_d \frac{P}{R}.$	$P = 2000 \cdot 10 \text{ Н} = 20000 \text{ Н};$ $R = \frac{1}{2} \text{ м} = 0,5 \text{ м};$ $F_{үй(д)} = 2 \cdot \frac{20000}{0,5} = 80000 \text{ Н} = 80 \text{ кН}.$
<p><i>Табу керек:</i></p> $F_{үй(д)} = ?$		<p><i>Жауабы:</i> <math>F_{үй(д)} = 80 \text{ кН}.</math></p>



**Тірек ұғымдар:** сырғанау үйкелісі, сырғанау үйкеліс күші, сырғанау үйкеліс коэффициенті, домалау үйкелісі, домалау үйкеліс күші, домалау үйкеліс коэффициенті.



1. Сырғанау үйкелісі деп қандай үйкелісті айтады?
2. Сырғанау үйкеліс күшінің формуласы қалай өрнектеледі?
3. Домалау үйкеліс күшін түсіндіріп бер. Оның формуласы қалай өрнектеледі?
4. Домалау үйкеліс күшін динамометрмен қалай анықтайды?
5. Айналандағы кездесетін сырғанау үйкелісі және домалау үйкелісі жайлы не білесің?



1. Горизонталь жағдайдағы тақтайдың бетінде ағаштан жасалған массасы 5 кг тақтайша бір қалыпты сырғанады. Пайда болған сырғанау үйкеліс күшін тап.
2. Горизонталь жағдайдағы полат бетіне болаттан жасалған массасы 10 кг дене горизонталь бағытта күшпен бір қалыпты тартып сырғанатылды. Дене қандай күшпен тартылуда?
3. Горизонталь жағдайдағы полат бетінде радиусы 10 см, массасы 3 кг полат диск бір қалыпты домалатылды. Пайда болған домалау үйкеліс күшін тап.
4. 3-есепте айтылған диск қырымен горизонталь жағдайдағы болат бетте бір қалыпты сырғанады. Сырғанау үйкеліс күшін тап, оны 3-есептегі домалау үйкеліс күшімен салыстыр және қорытынды шығар.

### § 34. СЫРҒАНАУ ҮЙКЕЛІС КОЭФФИЦИЕНТІН АНЫҚТАУ (3-зертханалық жұмыс)

**Жұмыстың мақсаты:**

ағаш сызғыштың үстінде сырғанаған тақтайшаның үйкеліс коэффициентін анықтау арқылы сырғанау үйкелісі туралы алған білімді пысықтау.

**Керекті құралдар:**

Ұзын ағаш сызғыш, ілгекті тақтайша, динамометр, массасы 100 г -қ екі таразы тасы.

### Жұмысты орындау тәртібі

1. Таразымен тақтайшаның массасын өлше.

2.  $P = mg$  формуланы пайдаланып, тақтайшаның салмағын анықта.

3. Горизонталь жағдайдағы ағаш сызғыштың үстіне тақтайшаны қой. Тақтайшаға динамометрді іліп, оны сызғыштың бойымен бір қалыпты сырғанат және динамометрдің көрсеткішін  $F_{\text{үй(c)}}$  сырғанау үйкеліс күшіне тең деп алып, оны кестеге жаз.


4.  $\mu = \frac{F_{\text{үй(c)}}}{P}$  формуланы пайдаланып, сырғанау үйкеліс коэффициентін тап.

5. Тақтайшаның үстіне алдымен 100 г-ды, сосын, 200 г-ды тас қойып, тәжірибені қайтала. Олар үшін де сырғанау үйкеліс күшін тап. Нәтижелерді кестге жаз.

6.  $\mu_{\text{орт}} = (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)/3$  формуланы пайдаланып, сырғанау үйкеліс коэффициентінің орташа мәнін есепте және шыққан нәтижені 4-кестеге жаз.

4-кесте

№	$m$ , кг	$N$ , Н	$F_{\text{үй(c)}}$ , Н	$\mu_c$	$\mu_{\text{с(орт)}}$
1.					
2.					
3.					

-  1. Динамометрдің көмегімен сырғанау үйкеліс күшін қалай анықтайды?  
 2. Неліктен динамометрдің көрсеткішін шама жағынан сырғанау үйкеліс күшіне тең деп алуға болады?  
 3. Зертханалық жұмыс нәтижесін талда және қорытынды жаса.

## § 35. ТАБИҒАТ ЖӘНЕ ТЕХНИКАДАҒЫ ҮЙКЕЛІС

### Үйкелістің маңызы

Табиғат және техникада үйкеліс өте үлкен маңызға ие. Үйкеліс пайдалы немесе зиянды болуы мүмкін. Үйкеліс пайдалы болғанда оны артыруға, зиянды болса кемейтуге әрекет жасаймыз.

Үйкеліс болмағанда не болатынын ойлап көрейікші. Үйкеліс болмағанда адамдар да, жануарлар да жерде жүре алмайтын еді. Жүргенде аяғымызбен жерді итереміз. Үйкеліс кем болатын мұз үстінде жүру қиын екенін білесің. Үйкеліс болмағанда заттар қолымыздан сырғанап түсіп кететін еді.

Автомобильде тежегіш берілгенде үйкеліс күші оны тоқтатады. Тыныштықтағы үйкеліссіз ол қозғала алмайтын еді, доңғалақтар айнала беріп, автомобиль орнында тұра беретін еді. Үйкелісті арттыру үшін автомобиль шиналарының сырты бүртікті болады.

Тыныштық күйіндегі үйкеліс күші еденде тұрған стол-стул және шкафтарды ұстап тұрады, тақтайға қағылған шегені ұстап тұрады, байланған арқанның шешіліп кетуіне жол бермейді.

Өсімдіктер мен жануарлардың әр түрлі органдары үйкелістің нәтижесінде ұстап қалу міндетін атқарады. Мысалы, өсімдіктердің шырмауығы, пілдің тұмсығы, жорғалаушы жануарлардың құйрығы кедір-бұдырлы болады.

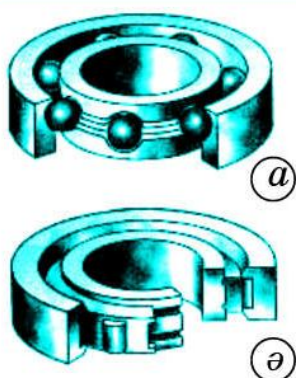
### Зиянды үйкеліс және оны кемейту

Бір-бірінің үстінде қозғалатын беттерде пайда болатын үйкелістер көп жағдайларда зиянды болады. Бұндай жағдайларда үйкелісті азайтатын әр түрлі құралдар қолданылады. Мысалы, машиналардағы үйкелістің нәтижесінде қозғалатын бөлшектер қызады және жейіледі. Үйкелісті азайту үшін бір-біріне тиіп тұратын беттер тегістеледі, олардың аралары майланады.

Үйкелісті азайту мақсатында машина және станоктардың айналатын біліктеріне подшипниктер кигізіледі. Подшипниктердің білікке тікелей тиіп тұратын бөлігі – *сына* полат, шойын немесе қоладан жасалады. Сынаның ішкі бетіне қорғасын немесе қалайының әр түрлі қоспалары қапталады және майланады. Білік айналғанда ол сынаның үстінде сырғанайды. Бұндай подшипниктерді сырғанайтын подшипниктер дейді.

Сырғанайтын подшипниктер білік пен сына арасындағы сырғанау үйкеліс күшін кемейтуге негізделген.

Домалау үйкеліс күші сырғанау үйкеліс күшінен едәуір кем болғандықтан техникада өте көп қолданылады. Шарикті және роликті подшип-



**86-сурет.** Шарикті (а) және роликті (ә) подшипниктер.

никтердің қолданылуы домалау үйкеліс күшінің аздығына негізделген. Бұндай подшипниктерде айналып жатқан білік подшипниктің қозғалмайтын сыңарына сырғанамастан, полат шарлар мен роликтердің үстінде домалайды (86-сурет).

Подшипниктің қатты полаттан дайындалатын ішкі шеңбері білікке өткізіледі. Сыртқы шеңбері машинаның корпусына бекітілген. Білік айнағанда ішкі шеңбер шарлар немесе роликтер де домалайды. Шарлар мен роликтер шеңбер арасына орналастырылады. Шарикті немесе роликті подшипниктер қолданылғанда олардың үйкеліс күші сырғанайтын подшипниктерге қарағанда 20–30 есе кем болады.

Қиядан түсіп келе жатқан велосипедтің педалін айналдырмасаң да оның доңғалағы айнала береді. Өйткені велосипед доңғалағының білігіне шарикті немесе роликті подшипник кигізілген. Егер подшипник болмаса велосипедті жүргізу қиын.

Автомобильдер, станоктор, электр двигательдер мен басқалардың айналатын бөлігінде шарикті және роликті подшипниктер қолданылады. Қазіргі заман өндірісі мен транспортын мұндай подшипниктерсіз көз алдымызға елестетуге болмайды. Ғылым-техниканың жоғары дамуы кезеңінде үйкеліс күші өте аз подшипниктер шығару жолға қойылған.



**Тірек ұғымдар:** подшипник, вкладыш, сырғанау подшипнигі, шарикті және роликті подшипниктер.



1. Табиғатта үйкеліс күші жоқ деп ойлап көр және пікіріңді айт.
2. Қандай зиянды үйкелісті білесің?
3. Автомобиль доңғалағының қайсы бөлігіндегі үйкеліс пайдалы, қайсы бөлігіндегі үйкеліс зиянды?
4. Сырғанайтын подшипниктің құрылысы мен жұмыс істеу принципін айт.
5. Сырғанайтын подшипниктер неліктен домалау подшипниктеріне қарағанда кем қолданылады?
6. Шарикті және роликті подшипниктердің құрылысы мен жұмыс істеу принципін айт.
7. Подшипниктердің қолданылуы туралы не білесің?

## V ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆ Сыртқы күштің әсерінен денелердің пішіні мен көлемі өзгереді, яғни реформацияланады.
- ◆ Сыртқы әсер тоқтағанда деформацияланған дене алғашқы күйіне қайтса, ондай денелер эластикалық дене, немесе пластикалық дене болады.
- ◆ Гук заңы: Дененің эластикалық деформациясы оған қойылған сыртқы күшке тура пропорционал, яғни  $F_{эл} = -k\Delta l$ .
- ◆ Бүкіләлемдік тартылуы заңы: Екі дененің өзара тартылу күші олардың массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың арасындағы қашықтықтың квадратына кері пропорционал, яғни:
 
$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$
- ◆ Ауырлық күші — денелердің Жерге тартылу күші. Оның формуласы:  $F_{ауыр} = mg$ .
- ◆ Дененің салмағы — жерге тартылудың нәтижесінде тірекке немесе аспаға әсер ететін күш. Тыныш тұрған дененің салмағы:  $P = mg$ .  $a$  үдеумен тік қозғалып жатқан дененің салмағы:  $P = m(g - a)$ .  $a = g$ -да салмақсыздық болады.
- ◆ Салмақсыздық — дененің тек гравитациялық күштердің әсеріндегі еркін қозғалысы.
- ◆ Бірінші ғарыштық жылдамдық — Жердің тартылу күшінің әсерімен дененің жердің айналасында шеңбер бойлап қозғалуына жеткізетін жылдамдық. Оның мәні:  $v_1 = 7,9$  км/с.
- ◆ Дене жерден биіктікте орбита бойлап айналуы үшін қажет бірінші ғарыштық жылдамдық.
- ◆ Дененің басқа бір дененің бетінде қозғалуына үйкеліс қарсылық жасайды. Үйкеліс күші дененің қозғалысына қарама-қарсы бағытта болады.
- ◆ Денелердің үйкелуі үш түрлі — тыныштықтағы үйкеліс, сырғанау үйкелісі, домалау үйкелісі болады.
- ◆ Тыныштықтағы үйкелісі күші денені бір жерде ұстап тұрады және орнынан қозғалуына қарсылық жасайды.

- ◆ Сырғанау үйкеліс дененің бетінде басқа дене сырғанағанда болады. Сырғанау үйкеліс күші реакция күшіне пропорционал болады:  $F_{\text{үй(с)}} = \mu P$ .
- ◆ Дене басқа дененің бетінде домаласа домалау үйкеліс болады. Домалау үйкеліс күші реакция күшіне тура пропорционал, домалап жатқан дененің радиусына кері пропорционал:  $F_{\text{үй(д)}} = \mu_d \frac{P}{R}$ .

## V ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. 2 Н күштің әсерімен 10 см ұзарған резинаның қатандығын тап.
2. Серіппелі таразыға 1 кг жүк ілінгенде оның пружинасы 8 см-ге ұзарған. Серіппенің қатандығын тап. Осы және кейінгі жаттығуларда 10 м/с<sup>2</sup> деп алынсын.
3. Қатандығы 60 Н/м серіппеге жүк іленгенде ол 5 см-ге ұзарды. Серіппеге ілінген жүктің массасын тап.
4. Қатандығы 10 Н/м резинаға 60 г жүк ілінгенде ол қанша ұзарады?
5. Ұзындықтары бірдей, бір ұштары біріктірілген екі серіппенің басынан ұстап тартылды. Мұнда қатандығы 120 Н/м болған серіппе 4 см-ге ұзарды. Екінші серіппе 3 см-ге ұзарған болса, оның қатандығы қанша болады?
6. Массасы 1200 кг автомобильді 0,3 м/с<sup>2</sup> үдеумен буксирге алғанда қатандығы 40 к Н/м тростың қанша созылатынын тап. Үйкеліс күшін есепке алма.
7. Массалары 1200 кг-дық екі автомобильдің масса центрлері арасындағы қашықтық 5 м-ге тең. Автомобильдер бір-біріне қандай күшпен тартылады?
8. Бір-бірінен 50 м қашықтықта тұрған 8000 т және 12500 т массалы екі кеменің өзара тартылу күшінің шамасын тап.
9. 26 §-тағы мәліметтерді пайдаланып, Күн мен Жердің арасындағы тартылыс күшін тап.
10. Массасы 100 т үй Жерге қандай күшпен тартылады? Үйдің ауырлығы қандай?

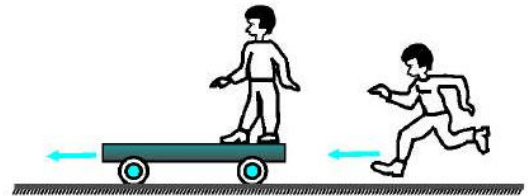
11. Жер бетінде тұрған жүк машинасының ауырлығы 100 кН-ға тең. Жүк машинасының массасын тап.
12. Тірекке орнатылған серіппеге 150 г массалы дене ілінді. Денеге әсер ететін ауырлық күші мен серіппенің эластикалық күші өзара теңескенде дененің ауырлығы неге тең болады?
13. Дене мұнарадан горизонталь бағытта 8 м/с бастапқы жылдамдықпен лақтырылып, мұнарадан 40 м қашыққа барып түсті. Дененің жерге түсу уақыты мен мұнараның биіктігін тап.
14. Жер бетінде тұрған массасы 1 кг дененің ауырлық күші неге тең?
15. Лифт 5 м/с<sup>2</sup> үдеумен жоғарыға қарай қозғала бастады. Осы сәтте лифт ішіндегі массасы 45 кг баланың салмағы қанша болады?
16. Лифт 5 м/с<sup>2</sup> үдеумен төменге қарай қозғала бастады. Осы сәтте лифт ішіндегі массасы 45 кг баланың салмағы қанша болады?
17. Горизонталь жағдайдағы ағаш тақтайдың бетінде ағаштан жасалған массасы 1 кг тақтайша бір қалыпты сырғанауда. Пайда болған сырғанау үйкеліс күшін тап.  $\mu_c = 0,4$  деп ал.
18. Асфальт жолда бір қалыпты қозғалған массасы 1200 кг автомобиль доңғалағының бірге домалау үйкеліс күшін тап. Доңғалақтардың радиусы 30 см  $\mu_d = 0,1$  см деп ал.
19. Массасы 1200 кг автомобиль тежелгішті басып, доңғалақтары домаламастан жайлап сырғанаған болса, шиналар мен асфальт арасындағы сырғанау үйкеліс күшін тап.  $\mu = 0,75$  деп ал.
20. Массасы 0,5 кг брусokқа 7 кг жүк қойып горизонталь бетте серіппе арқылы тартылуда. Тақтайдың горизонталь бетке үйкелу коэффициенті 0,2-ге, серіппенің қатаңдығы 150 Н/м-ге тең болса, серіппе қанша созылады?

# САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

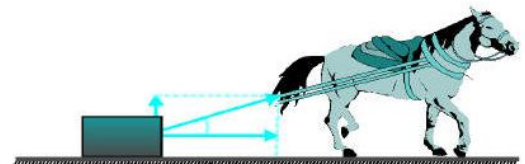
Егер денеге қойған күштер белгілі болса, Ньютон заңдары механикалық есептерді шешуге мүмкіндік береді. Бірақ көп жағдайларда бұл күштер белгісіз болғандықтан Ньютон заңын тікелей қолдана алмаймыз. Мысалы, екі дененің соқтығысуынан болатын күштердің мәнін анықтау қиын. Мұнда эластикалық күштердің пайда болатынын білеміз. Бірақ мұндай жағдайларда деформация өте күрделі болады. Күштердің әсер ету уақыты өте қысқа болады. Бұндай жағдайларда есепті шешуде Ньютон заңдарынан шығатын нәтижелер, соның ішінде жаңа физикалық шамалар — *импульс* және *энергия* шамалары қолданылады. Бұл шамалар *сақталу қасиетіне ие*.

Импульс және энергияның өзі, олардың сақталу қасиеті механикада ғана емес, физиканың басқа бөлімдерінде де кең қолданылады.

## VI тарау ИМПУЛЬСТЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ



## VII тарау. ЭНЕРГИЯ. ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЖӘНЕ АЙНАЛУ ЗАҢЫ



## VI тарау ИМПУЛЬСТЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ



### § 36. ИМПУЛЬС

#### Күш импульсы

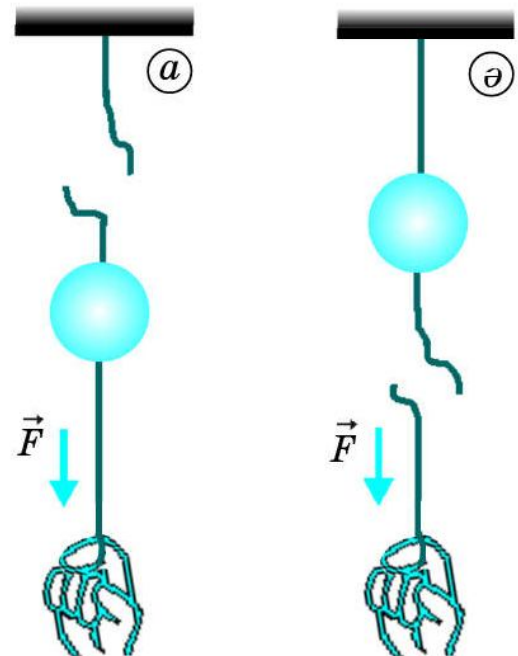
«Импульс» латынша «**impulsus**» сөзінен алынған, «түрткі» деген мағынаны білдіреді.

Денелердің өзара әсерлесуінің нәтижесі күштен басқа әсерлесу уақытына да байланысты. Оған көз жеткізу үшін мынадай тәжірибе жасап көрейік.

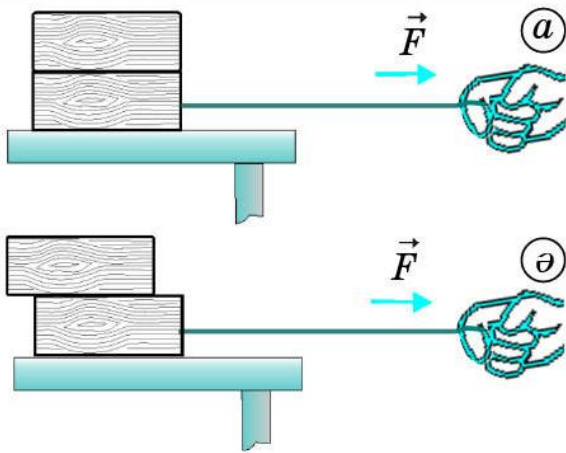
**1-тәжірибе.** Аспаға 87-суреттегідей денені жіппен іліп қояйық. Бірінші рет дененің астына байланған жіпті жайлап төменге қарай тартамыз. Онда денені тірекпен байланыстырып тұрған жіп үзіледі. Екінші рет жіпті тез жұлқып төмен қарай тартамыз. Онда дененің төменгі жағындағы жіп үзілетініне куә боламыз.

**2-тәжірибе.** Столдың үстіне тегіс екі тақтайшаны қабаттастырып қояйық. Төменіндегі тақтайшаға жіп байланған болсын. Бірінші рет төмендегі тақтайшаны жайлап тартамыз. Онда екі тақтайшада бір-біріне салыстырғанда стол үстінде сырғанайды. Екінші рет үстіндегі тақтайша төмендегі тақтайдың үстінен сырғанап артта қалады немесе түсіп кетеді (88-сурет).

Екі тәжірибеден қорытынды шығарсақ, шындығында денелердің өзара әсерлесуі тек күшке ғана емес, тіпті оның әсер ету уақытының жалға-



**87-сурет.** Ақырын (а) және бірден (ә) тартылғанда жіптің үзілуі.



**88-сурет.** Ақырын (а) және бірден (б) тартылғанда жоғарғы тақтайшаның жағдайы.

суына да байланысты екен. Сондықтан **күш импульсы** деген шама енгізілген.



**Күш импульсы денеге әсер етіп жатқан күштің осы күш әсер еткен уақытқа көбейтіндісіне тең.**

Яғни:

$$\vec{I} = \vec{F}t. \quad (1)$$

Халықаралық бірліктер системасында күш импульсының бірлігі **ньютон·секунд** (Н·с). 1 Н·с импульс — 1 с ішінде әсер ететін 1 Н күш импульсы.

Күш импульсы векторлық шама, оның бағыты күштің бағытындай болады.

### Дене импульсы

Сирек болса да автомашиналардың соқтығысуы, кейде жолдың жағасындағы бағана, ағаш немесе басқа нәрселерге барып ұрылуы болып тұрады. Мысалы, егер автомобиль 30 км/сағ жылдамдықпен келіп жол жағасындағы бағанға соғылса, бағанның бір кесір көруі немесе құлауы мүмкін. Егер осындай жылдамдықпен келе жатқан велосипед бағанға соғылса, бағанға ештеңе болмайды. Өйткені велосипедтің (жүргізушімен қоса) массасы автомобильдің массасынан кіші.

Егер автомобильдің жылдамдығы үлкен, мысалы 90 км/сағ болса, бағанға соққысы жылдамдығы 30 км/сағ болғандағыдан едәуір үлкен болады.

10 м/с жылдамдықпен қозғалған массасы 10 г дененің дуалға соққысы осындай жылдамдықпен келе жатқан массасы 100 г дененің соққысынан кіші болады.

Мылтық атылғанда оның массасы 10 г оғы 600 м/с жылдамдықпен ұшады дейік. Оқ осы жылдамдықпен жұқа тақтайды тесіп өтеді. Өйткені үлкен жылдамдықпен ұшқан массасы 10 г оқтың соққысы 10 м/с жылдамдықпен ұшқан осындай массалы дененің соққысынан едәуір үлкен.

Жоғарыда айтылған мысалдардан мынадай екі қорытынды шығады:



1. Қозғалып жатқан дененің жылдамдығы өзгермеген жағдайда дененің массасы қанша үлкен болса, оның соққысы да соғұрлым үлкен болады.
2. Қозғалып жатқан дененің жылдамдығы қанша үлкен болса, оның соққысы да соншама үлкен болады.

Демек, дене қозғалысын сипаттау үшін дененің массасы мен оның жылдамдығын жеке-жеке емес, бірге қарастыру керек. Сол мақсатта дененің импульсы деген шама енгізілген.



**Дене массасының оның жылдамдығына көбейтіндісі дененің импульсы деп аталады.**

Яғни:

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (2)$$

Халықаралық бірліктер системасында дене импульсының бірлігі  $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$  болады.  $1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$  импульс  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  жылдамдықпен қозғалып жатқан 1 кг массалы дененің импульсы.

Дене импульсы векторлық шама, оның бағыты жылдамдықтың бағытындай болады.

### Күш импульсы мен дене импульсы арасындағы қатынас

$\vec{v}_0$  бастапқы жылдамдықпен қозғалып жатқан дене  $t$  уақыт ішінде басқа денемен әсерлесіп, оның жылдамдығы өзгеріп,  $\vec{v}$  -ға тең болсын. Өзара әсерлесу үдерісінде дененің үдеуі төмендегідей өрнектеледі:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (3)$$

Егер дененің массасы  $m$ , басқа денемен әсерлесу күші  $F$  болса, онда Ньютонның екінші заңына сәйкес үдеудің төмендегі формуласы да орынды:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (4)$$

Үдеудің екі формуласын өзара теңестіруге болады:

$$\frac{\vec{F}}{m} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \text{яки} \quad \boxed{\vec{F}t = \vec{m}v - \vec{m}v_0.} \quad (5)$$

Бұл формуладағы  $Ft$  – күш импульсы,  $\vec{m}v_0$  – өзара әсерлесуге дейінгі,  $\vec{m}v$  – өзара әсерлесуден кейінгі дененің импульстары екенін есепке алсақ, төмендегі қорытынды шығады:



**Өзара әсерлесу процесінде дене импульсының өзгеруі әсерлесу күшінің импульсына тең.**

*Есеп шығару үлгісі*

Тақырыптың “Дене импульсы” пунктінде келтірілген мысалдағы велосипед пен автомашинаның импульстарын тап. Велосипедтің массасы 100 кг (жүргізушісімен қоса), автомашинаның массасын 1200 кг деп ал.

*Берілген:*

$$m_v = 100 \text{ кг}; \quad m_a = 1200 \text{ кг};$$

$$v_v = v_a = 30 \frac{\text{км}}{\text{сағ}} \approx 8,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

*Табу керек:*

$$p_v - ? \quad p_a - ?$$

*Формуласы:*

$$p_v = m_v v_v;$$

$$p_a = m_a v_a.$$

$$\text{Жауабы: } p_v = 830 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}; \quad p_a \approx 10\,000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

*Шешуі:*

$$p_v = 100 \cdot 8,3 = 830 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}};$$

$$p_a = 1200 \cdot 8,3 \approx 10\,000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$



**Тірек ұғымдар:** импульс, күш импульсы, дене импульсы.



1. 87- және 88-суреттерде бейнеленген тәжірибелерді түсіндір.
2. Күш импульсы қалай өрнектеледі? Ол қандай бірлікпен өлшенеді?
3. Қозғалып бара жатқан дененің массасы қанша үлкен болса, оның қақтығысқандағы соқтығысы да соншама үлкен болатынын негіздеп бер.
4. Қозғалып бара жатқан дененің жылдамдығы қаншама үлкен болса, оның қақтығысу соққысы да соншама үлкен болатынын негіздеп бер.
5. Дене импульсы қалай өрнектеледі? Ол қандай бірлікпен өлшенеді?
6. Күш импульсы мен дене импульсының арасында қандай қатынас бар?



1. Тірекке ілінген денеге байланған жіпті төмен қарай 10 Н күшпен бірінші рет 2 с ішінде тартып тұрды, екінші рет сондай күшпен 0,1 с ішінде жұлқып тартылды. Екі жағдайда да денеге әсер еткен күш импульсын тап.

2. Тақырыпта келтірілген мысалдағы 10 г және 100 г массалы денелердің және мылтық оғының импульсын тап.
3. Массасы 2 кг дене 5 м/с жылдамдықпен қабырғаға соғылды және жылдамдығын жоғалтты. Дененің әсер күшінің импульсын тап.
4. Массасы 100 г шар горизонталь бетте 0,5 м/с жылдамдықпен келіп екінші шарға соғылды және 0,2 м/с жылдамдықпен қозғалысын алғашқы бағытта жалғастырды. Шарға соғылу кезінде оның импульсы қаншаға өзгерген?

## § 37. ИМПУЛЬСТЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

### Жабық жүйе

Жерден ғарыш кемесін ұшырғанда Жер мен ғарыштық кемені бірге жабық жүйе деп қарауға болады. Өйткені Күн, Ай мен басқа аспан денелерінің ғарыштық кемеге әсерін есепке алмаса да болады.



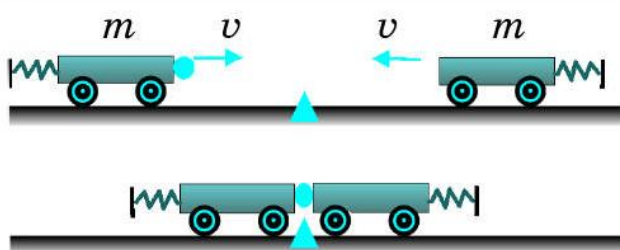
**Денелер жүйесі басқа сыртқы денелермен өзара әсерлеспесе немесе жүйеге әсер етіп жатқан күштер өзара теңессе мұндай денелер жүйесі жабық жүйе деп аталады.**

Горизонталь бетте бірнеше шар бір-бірімен соқтығысып, әсерлескен болсын. Егер шарлардың бетке үйкелуін есепке алмайтындай дәрежеде кішкентай болса, онда бұл шарларды жабық жүйе деп қарастыруға болады.

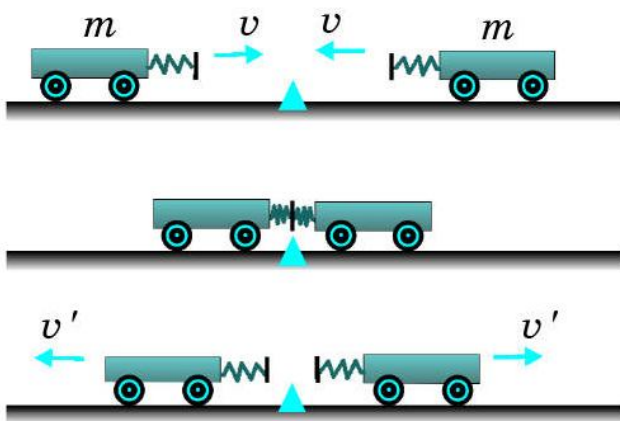
### Массалары мен жылдамдықтары бірдей болған денелердің соқтығысуы

**1-тәжірибе.** Горизонталь рельске  $m$  массасы бірдей екі арбаны 89-суреттегідей қоямыз. Арбаларға әсер ететін ауырлық күші және рельстің реакция күші өзара тепе-теңдікте болады. Сондықтан қарастырылып жатқан денелер жүйесін жабық жүйе деп алуға болады.

Арбалардың бір жағына серіппелі буфер орнатылған. Бірінші арбаның екінші жағына пластилин жабыстырылған. Арбаларға бірдей  $v$  жылдамдық береміз. Сонда бірінші арбаның импульсы  $mv$  -ға тең. Екінші арбаның жылдамдығы бірінші арбаның жылдамдығына тең, бірақ карама-қарсы бағытталған. Сондықтан екінші арбаның импульсы —  $mv$ -ға тең болады.

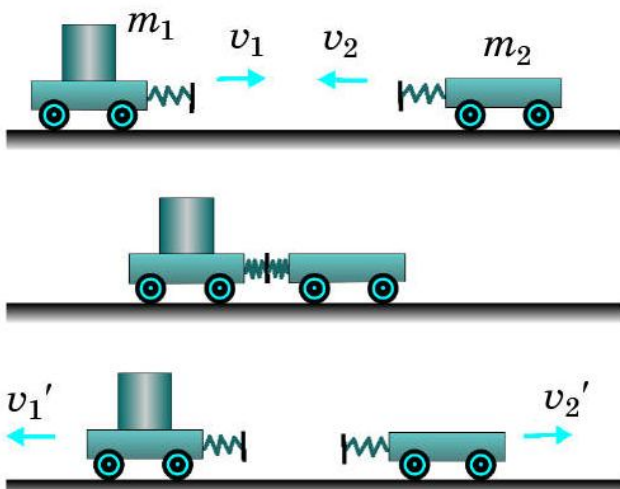


89-сурет. Әрбір арбаның импульсының нөлге тең болуы.



90-сурет. Соқтығысқаннан кейін арбалар импульсының қосындысының нөлге тең болуы.

демек, бұл жағдайда да, арбалар соқтығыспастан бұрын да, соқтығысқаннан кейін де олардың импульстарының қосындысы нөлге тең.



91-сурет. Түрлі массалы арбалардың соқтығысуы.

Олай болса жабық жүйедегі екі арбаның импульстарының қосындысы  $mv + (-mv) = mv - mv = 0$  болады. Арбалар соқтығысқанда пластилин оларды бір-біріне жабыстырып қояды да арбалар тоқтайды, яғни импульстарының қосындысы нөлге тең.

**2-тәжірибе.** Енді арбалардың серіппелі буферлері 87-суреттегідей бір-біріне қарап тұрсын. Екі арбаға да үлкендігі бірдей, бірақ бағыты қарама-қарсы  $v$  жылдамдық береміз. Бірінші реттегі сияқты бұнда да арбалар соқтығыспастан бұрынғы импульстарының қосындысы нөлге тең. Бірақ арбалар соқтығысқаннан кейін әрқайсысының импульсы нөлге тең болмайды. Өйткені олар соқтығысқаннан кейін бірдей  $v'$  жылдамдықпен қашықтай бастайды. Сонда олардың импульстарының қосындысы  $m(-v') + mv' = -mv' + mv' = 0$  болады. Демек,

### Массалары мен жылдамдықтары әртүрлі денелердің импульсы

**3-тәжірибе.** Арбалардың массалары әртүрлі —  $m_1$  және  $m_2$  болсын. 88-суреттегідей оларды рельске орналастырып, біріншісіне  $v_1$ , екіншісіне қарама-қарсы бағытта  $v_2$  жылдамдық береміз. Арбалар соқтығысқаннан кейін сәйкесінше  $v_1'$  және  $v_2'$  жылдамдықпен кері қайта бастайды. Екі арбаның импульсының қалай өзгертінін есептейік.

Бірінші арба импульсының өзгеруі:  $Ft = m_1 v'_1 - m_1 v_1$ .

Екінші арба импульсының өзгеруі:  $-Ft = m_2 v'_2 - m_2 v_2$ .

Бұл теңдіктерді бірінен соң бірін қосамыз:

$$Ft - Ft = m_1 v'_1 - m_1 v_1 + m_2 v'_2 - m_2 v_2$$

$$\text{немесе } m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2.$$

Бұл теңдіктің сол жағы арбалардың соқтығысудан бұрынғы, оң жағы соқтығысқаннан кейінгі импульстарының қосындысын өрнектейді. Демек, арбалар бір-біріне соқтығысқанда да олардың импульстарының қосындысы өзгермей қалады, яғни импульстар қосындысы сақталады.

### Импульстың сақталу заңының сипаттамасы

Жоғарыда жабық жүйеде екі дененің өзара әсерлесуінің нәтижесінде импульстарының сақталатынын көрдік. Егер жабық жүйеде көп денелер алынса да өзара әсерлесетін денелердің импульстарының қосындысы өзгермейді, яғни сақталатынын дәлелдеуге болады. Жалпы импульстың сақталу заңы төмендегідей сипатталады:



**Жабық жүйені құрайтын денелер импульстарының қосындысы сол жүйедегі денелердің кез келген қозғалысында және өзара әсерлесуінде өзгермейді, яғни импульстар қосындысы сақталады.**

Импульстың сақталу заңы физиканың негізгі заңдарының біреуі. Бұл заң тек макроскопиялық денелердің өзара әсерлесуіне ғана емес, тіпті молекулалар, атомдар, қарапайым бөлшектердің өзара әсерлесуі үшін де орынды.

Импульстың сақталу заңы табиғат пен техникада кең қолданылады.

*Есеп шығару үлгісі*

Массасы 50 т теміржол вагоны 9 км/сағат жылдамдықпен массасы 30 т тыныш тұрған вагонға келіп тіркелді. Вагондардың тіркелгеннен кейінгі жылдамдығын тап.

*Берілген:*

$$\begin{aligned} m_1 &= 50 \text{ т;} \\ m_2 &= 30 \text{ т;} \\ v_1 &= 9 \text{ км/сағат;} \\ v_2 &= 0. \quad v'_1 = v'_2. \end{aligned}$$

*Табу керек:*

$$v'_1 = v'_2 = ?$$

*Формуласы:*

$$\begin{aligned} m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v'_1 + m_2 v'_2. \\ m_1 v_1 &= (m_1 + m_2) v'_1. \\ v'_1 &= \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}. \end{aligned}$$

*Шешуі:*

$$\begin{aligned} v'_1 &= \frac{50 \cdot 9}{50 + 30} \frac{\text{км}}{\text{сағат}} \approx \\ &\approx 5,6 \frac{\text{км}}{\text{сағат}}. \end{aligned}$$

$$\text{Жауабы: } v'_1 = v'_2 = 5,6 \frac{\text{км}}{\text{сағат}}.$$



**Тірек ұғымдар:** жабық жүйе, импульстың сақталу заңы.



1. Жабық жүйеге сипаттама бер және мысалдармен түсіндір.
2. Массасы мен жылдамдықтары бірдей болып, түзу сызықтың бойымен қарама-қарсы бағытта қозғалып бара жатқан денелердің соқтығысудан бұрынғы импульстарының қосындысы неге тең?
3. 3-сұрақта айтылған денелердің соқтығысқаннан кейінгі импульстарының қосындысы неге тең?
4. Массасы мен жылдамдығы әр түрлі болып, түзу сызықтың бойымен қарама-қарсы бағытта қозғалып бара жатқан екі дененің соқтығысудан бұрынғы және кейінгі импульстарының қосындысы неге тең болады?
5. Импульстың сақталу заңын түсіндіріп бер.



1. 2 м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатқан массасы 30 т темір жол вагоны тыныш тұрған вагонға тіркелді. Тіркелгеннен соң вагондардың жылдамдығы 1 м/с-қа тең болады. Екінші вагонның массасын тап.
2. 6 м/с жылдамдықпен жүгіріп бара жатқан массасы 50 кг бала, 2 м/с жылдамдықпен кетіп бара жатқан массасы 30 кг арбаны қуып жетіп, оның үстіне мініп алды. Арбаның баламен қоса алғандағы жылдамдығы қанша?
3. Тақырыптағы 3-тәжірибеде (88-суретте) келтірілген арбалардың массалары сәйкесінше 1 кг және 0,5 кг, соқтығысқанша жылдамдықтары 2 м/с және 3 м/с болып, соқтығысқаннан кейін бірінші арба 1,5 м/с жылдамдық алса, екінші арба соқтығысқаннан кейін қандай жылдамдықпен қозғала бастайды?

## § 38. РЕАКТИВТІ ҚОЗҒАЛЫС

### Реактивті қозғалыс туралы түсінік

Импульстың сақталу заңының қолданылуының бірі — реактивті қозғалыс.



**Жүйенің бірер-бір бөлігі белгілі жылдамдықпен қозғалса, жүйенің қалған бөлігі оған қарама-қарсы бағытта қозғалады. Пайда болған мұндай қозғалысты реактивті қозғалыс деп атайды.**

Реактивті қозғалысты көз алдамызға келтіру үшін мынадай тәжірибе өткізейік.

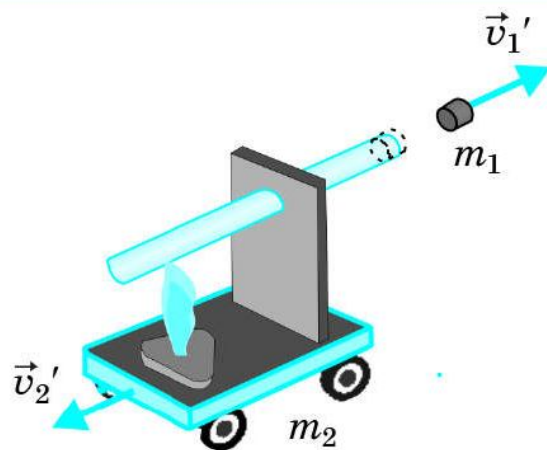
Пробирканың жартысына дейін су құйып, тығынмен бекітейік те 89-суреттегідей арбаға орнатайық. Спирт лампаның көмегімен пробиркадағы суды ысытайық. Су қайнау дәрежесіне жақындағанда тығын үлкен жылдамдықпен атылады, арба болса тығынның бағытына қарама-қарсы жаққа қарай қозғалады. Бұнда тығынды пробиркадан атып шығаратын будың қысым күшінен басқа бұл күшке қарама-қарсы бағытталған реактивті күш пайда болады. Реактивті күштің әсерімен арба тығынға қарама-қарсы бағытта қозғалады.

Мәселен, тығынның массасы  $m_1=10$  г, арбаның массасы (лампа және пробирканы қоса есептегенде)  $m_1 = 500$  г, тығынмен арбаның тығын атылмастан бұрынғы жылдамдығы  $v_1 = v_2 = 0$ , тығынның атылу жылдамдығы  $v_1'=10$  м/с-қа тең. Импульстың сақталу заңын пайдаланып, тығын атылғанда арбаның алған  $v_2'$  реактивті жылдамдығын есептейміз.

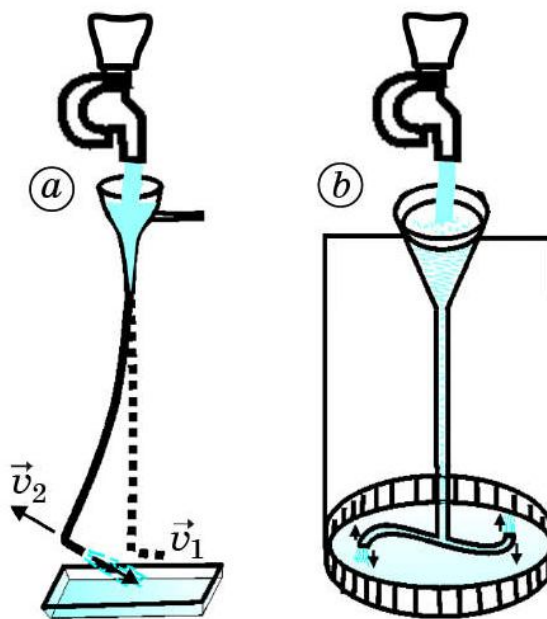
$m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$  де  $v_1=v_2=0$  болғандықтан сол жағы нөлге тең болады:  $0=m_1v_1'+m_2v_2'$ . Бұдан  $v_2' = -m_1v_1'/m_2$  немесе  $v_2' = -0,2$  м/с болады.

Реактивті қозғалысты көз алдымызға келтіру үшін тағы да басқа тәжірибені өткізуге болады. 93-суретте көрсетілген екі тәжірибеде де су  $v_1$  жылдамдықпен бір жаққа атылып тұрса, түтіктің өзі қарама-қарсы жаққа  $v_2$  реактивті жылдамдықпен қозғалады.

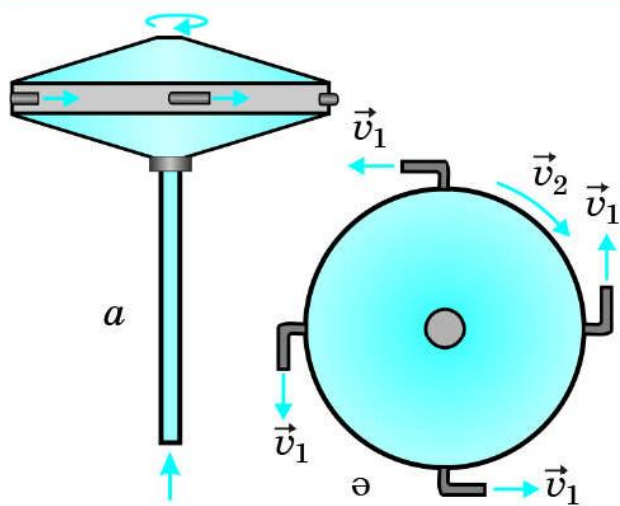
93-ә суреттегі тәжірибеде бүгілген шыны түтіктің екі ұшынан су атқылап тұрады. Мұнда судың қозғалысына қарама-қарсы бағытта пайда болған реактивті қозғалыстың есебінен шыны түтік айналады.



92-сурет. Тығынның қозғалысына қарама-қарсы бағытта пайда болған реактивті қозғалыс.



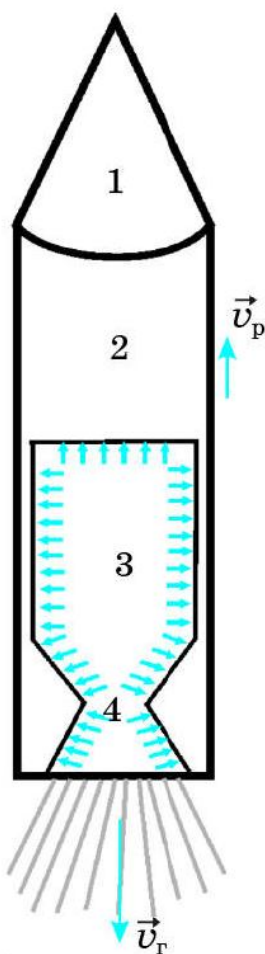
93-сурет. Судың қозғалысына қарама-қарсы бағытта пайда болатын реактивті қозғалыс.



**94-сурет.** Ауамен реактивті қозғалысты пайда ететін қондырғы:  
а) жанынан көрінісі; ә) жоғарыдан көрінісі.

Ауаның көмегімен де реактивті қозғалыс жасауға болады. 94-суретте сондай қондырғының негізгі бөлігі көрсетілген. Мұнда еркін айналатын диск жылжымайтын түтікке подшипник арқылы бекітілген. Сығылған ауа түтік арқылы диск ішіне кіреді. Қысым астындағы ауа дисктің шетіне орнатылған төрт түтік арқылы жанама тәрізде сыртқа атылып шығып тұрады. Бұл қарама-қарсы бағытта дискті айналдыратын реактивті қозғалыс тудырады.

Қондырғының көмекші бөлігі сығылған ауаны беретін бөліктен тұрады. Көмекші бөлік ретінде шаңсорғышты пайдалануға болады. Шлангтың көмегімен шаңсорғыштан үлкен қысымдағы сығылған ауа жіберілсе, реактивті қозғалыстың есебінен диск үлкен жылдамдықпен айналады. Көмекші бөліктің орнына үрленген ауа шарын пайдалануға да болады.



**95-сурет.** Зымыранның құрылысы.

### Зымыранның құрылысы мен қозғалысы

Соңғы 50–60 жылдардан бері көкке көптеген ғарыш кемелері, Жердің жасанды серіктері ұшырылып жатыр. Оларды Жерден орбитаға тасушы зымырандар алып шығады.



**Реактивті күштің әсерімен қозғалатын ұшу аппараты зымыран деп аталады.**

Зымыранның қозғалысы реактивті қозғалысқа негізделген. Зымыран бір басқышты және көп басқышты болады. Мәселен, төрт басқышты зымыранның құрылысы схема түрінде 95-суретте бейнеленген. Зымыран негізінен төрт бөлімнен құралады. 1-бөлімде Жер орбитасына шығаратын ғарыштық кеме немесе жасанды серік орналасады. Зымыранның 2-бөлігін

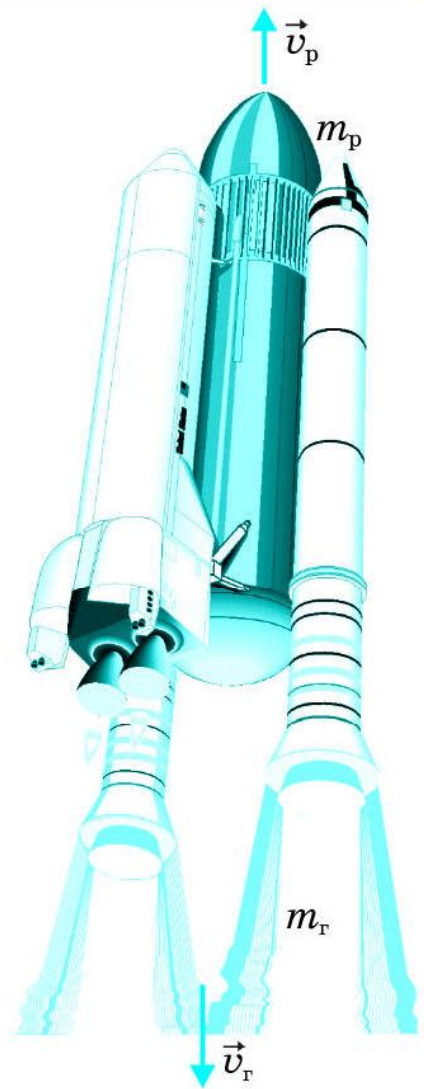
отын және зымыранды Жерден ұшыру жиһаздары құрайды. 3-бөлімде отын жану камерасы орналасқан, бұл жерге отынның жануы нәтижесінде жоғары температуралы және жоғары қысымды газ жиналады. Бұндай газ реактивті сопло (4-бөлім) арқылы өте үлкен жылдамдықпен сыртқа шығарылады. Сопло газ ағынының жылдамдығын арттырады. Соның нәтижесінде импульстың сақталу заңына сәйкес газ ағынының бағытына қарама-қарсы бағытта реактивті күш пайда болады. Бұл күштің әсерінен зымыран қозғалысқа түседі және реактивті жылдамдық алады (92-сурет).

Ракета соплосынан шығып жатқан газдың массасы  $m_p$ , жылдамдығы  $v_p$ , зымыранның массасы  $m_r$ , алған реактивті жылдамдығы  $v_r$  болсын. Импульстың сақталу заңын қолданып, төмендегі теңдікті жазуға болады:

$$m_r v_r + m_p v_p = 0 \quad \text{немесе} \quad v_p = - \frac{m_r v_r}{m_p}.$$

Бұл формуладан зымыранның массасы қанша кем болса, реактивті жылдамдығы сонша үлкен болатыны көрініп тұр. Шындығында зымыран массасының үлкен бөлігі отын массасына тура келеді. Отынның жану процесінде оның мөлшері кемиді және зымыранның массасы кемиді. Бұл зымыранның жылдамдығы артуына алып келеді. Зымыран белгіленген биіктікке шыққаннан кейін оның 1-бөлігі ғарыш кемесі (Жердің жасанды серігі) ретінде ұшуды жалғастыра береді, қалған бөлігі одан бөлініп, ауада жанып кетеді.

Импульстың сақталу заңы негізінде пайда болатын реактивті қозғалыс космонавтика саласында кең қолданылады. Космонавтика саласының қай дәрежеде дамығаны белгілі. Ғарыш зымырандарын жасауда орыс ғалымы К. Е. Циолковский (1852–1935) және С. Королев (1906–1966), М.В.Келдыш (1911–1978), және Г. Оберттің (1894–1989) үлесі үлкен.



96-сурет. Зымыранның аспанға ұшыуы.



**Тірек ұғымдар:** реактивті қозғалыс, зымыран, космонавтика.



1. Реактивті қозғалыс дегеніміз не?
2. 89- және 90-суретте бейнеленген тәжірибелерді түсіндір.
3. Зымыранның құрылысын түсіндір.
4. Импульстың сақталу заңының негізінде зымыранның қалай қозғалатынын түсіндір.
5. Ғарышты игеру туралы не білесің? Ғарыштық зымыранның жасалуына үлес қосқан ғалымдар туралы ше?

## VI ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆ Импульс латынша *impulsus* сөзінен алынып, *түркті* деген мағынаны білдіреді.
- ◆ Денелердің өзара әсерлесуінің нәтижесі күштен басқа әсерлесу уақытына да байланысты. Оны есептеу үшін күш импульсы шамасы енгізілген.
- ◆ Күш импульсы денеге әсер етіп жатқан күштің осы күш әсер еткен уақытқа көбейтіндісіне тең, яғни:  $\vec{I} = \vec{F} t$ .
- ◆ Денелердің өзара әсерілесуінің нәтижесі олардың массалары мен жылдамдықтарына да байланысты. Оны есептеу үшін күш импульсы шамасы енгізілген.
- ◆ Дененің импульсы дене массасы мен оның жылдамдығының көбейтіндісіне тең, яғни  $\vec{p} = m\vec{v}$ .
- ◆ Денелер жүйесі басқа сыртқы денелермен өзара әсерлеспесе немесе жүйеге әсер етіп жатқан күштер өзара тепе-тең болса, ондай денелер жүйесі жабық жүйе деп аталады.
- ◆ Импульстың сақталу заңы: Жабық жүйені құрайтын денелер импульстарының қосындысы сол жүйедегі денелердің кез келген қозғалысында және өзара әсерлесуінде өзгермейді, яғни импульстар қосындысы сақталады.
- ◆ Массалары  $m_1$  және  $m_2$  екі арба  $v_1$  және  $v_2$  жылдамдықпен соқтығысты. Соқтығысқаннан кейін қарама-қарсы жаққа  $v_1'$  және  $v_2'$  жылдамдықпен қозғалсын. Мұндай жабық жүйе үшін төмендегі теңдік орынды болады:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

- ◆ Сыртқы жүйемен байланысы жоқ жүйенің бір бөлігі бір жылдамдықпен қозғалса, қалған бөлігі қарама-қарсы бағытта қозғалады. Бұл қозғалыс реактивті қозғалыс болады.

## VI ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Денеге байланған жіпті жұлқып 0,05 с ішінде 20 Н күшпен тартқанда дене орнынан қозғалмады. Екінші рет осындай күшпен 2 с тартып тұрғанда дене орнынан қозғалды. Екі жағдай үшін де күш импульсын тап және оларды салыстыр.
2. Массасы 20 г тас 15 м/с жылдамдықпен келіп соғылса терезенің шынысы сынбайды. Бірақ 100 г тас сол жылдамдықпен соғылса сынады. 20 г тас 60 м/с жылдамдықпен соғылса да терезе сынады. Үш жағдайда да дененің импульсын есепте және оларды салыстыр. Неге бірінші жағдайда терезе сынбайды?
3. Массасы 100 г тас 5 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Лақтырған кезде тастың импульсы қанша болған?
4. Массалары 1200 кг-дық екі автомобиль жолда қарама-қарсы бағытпен келіп, бір-біріне соқтығысты. Егер олардың жылдамдығы сәйкесінше 90 км/сағ және 120 км/сағ болса, олар бір-біріне қандай шамадағы импульспен соқтығысқан? Егер осы автомобильдердің жылдамдығы 36 км/сағ және 54 км/сағ болғанда соқтығысу кезінде импульс қанша болады? Қайсы жағдайда соқтығысу зияны үлкен. Неліктен?
5. Горизонталь бетте массасы 400 г шар 1 м/с жылдамдықпен екінші шарға соғылды. Содан кейін бірінші шар 0,4 м/с жылдамдықпен қозғалысын жалғастырды. Соғылған кезде бірінші шардың импульсы қаншаға өзгерген?
6. 3 м/с жылдамдықпен келе жатқан массасы 60 т темір жол вагоны тыныш тұрған 40 т-лық вагонға тіркелді. Тіркелгеннен соң вагондар қандай жылдамдықпен қозғалған?
7. 4 м/с жылдамдықпен келе жатқан 40 кг массалы бала 1 м/с жылдамдықпен қозғалған 20 кг массалы арбаны қуып жетіп, оның үстіне шығып алды. Арбаның баламен бірге жылдамдығы қанша?

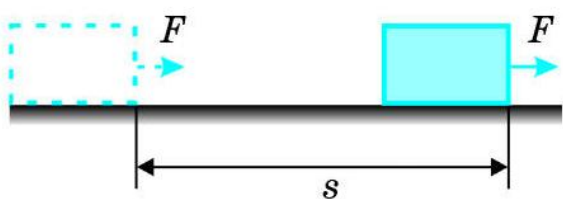


## VII тарау. ЖҰМЫС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ. ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

Табиғатта түрлі формадағы энергия — механикалық, жылу, электр, жарық, ядролық, химиялық сияқты алуан түрлі энергиялар бар. Бұл энергиялар бір-біріне айналып отырады. Мәселен, механикалық энергия жылу энергиясына, электр энергия механикалық энергияға айналуы мүмкін. Мұнда энергия формасы жағынан өзгергенімен, мөлшері сақталады, яғни энергия бардан жоқ болмайды, жоқтан бар болмайды. Сондықтан да табиғаттағы түрлі құбылыстар мен үдерістер энергия арқылы бір-бірімен байланысқан. Біз бұл тарауда механикалық қозғалыстағы жұмыс, энергия және оның сақталуымен, қуатымен танысамыз.

### § 39. МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

#### Механикалық жұмыс және оның бірліктері



97-сурет.  $F$  күштің әсерімен дененің  $s$  орын ауыстыруы.

Тегіс бетте тұрған денеге  $F$  күш әсер еткенде ол сол күштің бағытымен түзу сызық бойымен  $s$  қашықтыққа орын ауыстырсын. Мұнда  $A$  механикалық жұмыс орындалады (97-сурет):

$$A = Fs. \quad (1)$$



**Механикалық жұмыс күштің сол күш бағытымен дене басып өткен жолдың көбейтіндісіне тең.**

Халықаралық бірліктер жүйесінде жұмыс бірлігі — Джоуль (Дж). Бұл бірліктің аты ағылшын физигі *Джеймс Джоульдің* құрметіне қойылған.



**1 Дж — 1 Н күштің әсерімен дененің 1 м қашықтыққа орын ауыстырғандағы орындаған жұмысы.**

Практикада жұмыстың еселі бірліктері — *мегаджоуль* (1 МДж), *килоджоуль* (1 кДж), *миллиджоуль* (1 мДж), *микроджоуль* (1  $\mu$ Дж) да қолданылады. Жұмыстың еселі бірліктері мен негізгі бірліктерінің арасында мынадай қатынас бар:

$$1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ МДж} = 10^6 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ мДж} = 10^{-3} \text{ Дж}.$$

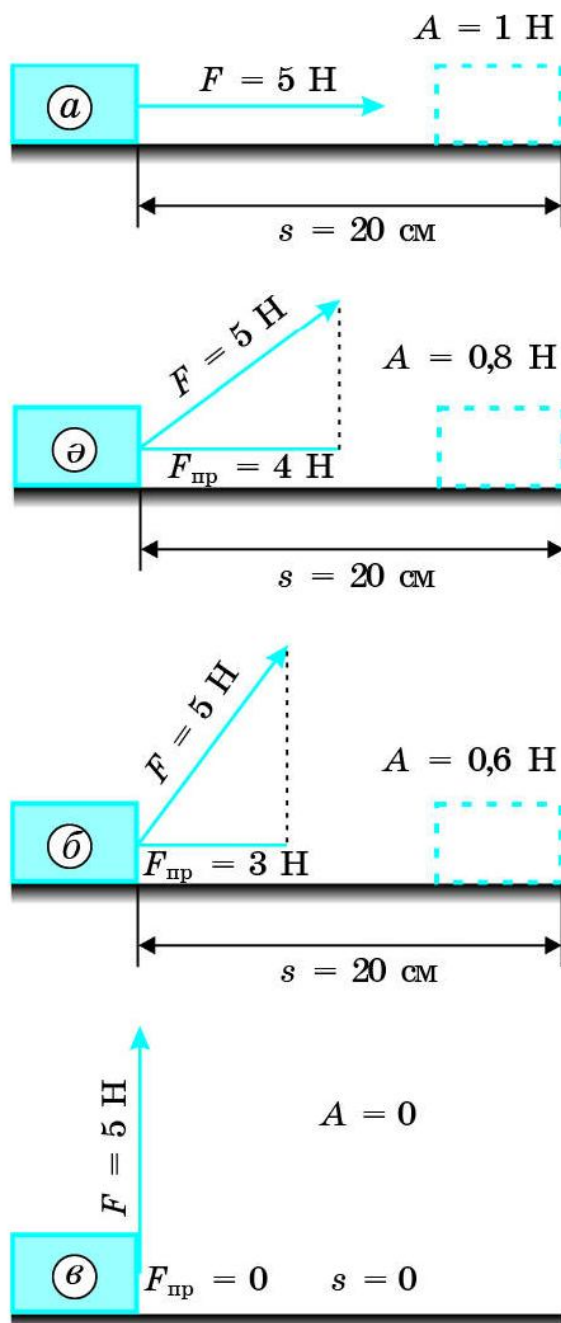
Механикалық жұмыс әр түрлі күштердің әсерінен орындалғандықтан оны күштің жұмысы деп те атайды.

Механикалық жұмыс скаляр шама.

### Әсер күшінің механикалық жұмысы

Жоғарыдағы механикалық жұмыстың (1) формуласы денеге әсер еткен күш және дененің орын ауыстыруы бірдей бағытта болатын жағдай үшін де орынды. Мысалы, дене  $F = 5 \text{ Н}$  күш әсерінде осы күш бағытында  $s = 20 \text{ см}$  қашықтыққа орын ауыстырсын. Онда бұл күштің орындаған жұмысы  $A = 5 \text{ Н} \cdot 0,2 \text{ м} = 1 \text{ Дж}$ -ға тең болады (98-а сурет).

Егер күштің бағыты дене қозғалысының бағытына тура келмесе, механикалық жұмыстың мәні қалай анықталады? Денеге әсер етіп жатқан күштің орын ауыстыру бағытымен белгілі бұрыш жасаса, онда әсер етіп жатқан күштің орын ауыстыру бағытының проекциясы алынады. Мысалы, денеге  $F = 5 \text{ Н}$  шамадағы



**98-сурет.** Орындалған жұмыстың күш бағытына тәуелділігі.

күш 98-ә суретте көрсетілгендей белгілі бір бұрышпен әсер етіп, дене осы күштің әсерінен 20 см қашықтыққа орын ауыстырсын. Суреттен көрініп тұрғандай бұл күштің орын ауыстыру бағытын проекциясы  $F_{\text{пр}} = 4 \text{ Н}$  құрайды. Онда бұл күштің орындаған жұмысы  $A = 4 \text{ Н} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,8 \text{ Дж}$ -ға тең. Денеге әсер етіп жатқан күштің бағыты мен орын ауыстыру бағыты арасындағы бұрыш артса  $F$  күштің  $F_{\text{пр}}$  проекциясы кеміп отырады. Бұл күштің орындаған жұмысы да кемуіне алып келеді. Мысалы, 98-б суретте денеге әсер етіп  $F = 5 \text{ Н}$  күштің бағыты мен орын ауыстыру арасындағы бұрыш 98-ә суреттегіден үлкен болғандықтан оның проекциясы кішілеу, яғни  $F_{\text{пр}} = 3 \text{ Н}$ -ды құрайды. Онда күштің орындаған жұмысы  $A = 3 \text{ Н} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,6 \text{ Дж}$ -ға тең болады.

Денеге әсер етіп жатқан күштің бағыты мен орын ауыстыру бағыты арасындағы бұрыш тағы да арттырылса, күштің проекциясы және оның нәтижесінде күштің жұмысы нөлге жуықтайды. Күштің бағыты орын ауыстыру бағытымен  $90^\circ$  құраса, күштің орын ауыстыру бағытына проекция нүктені, яғни нөлді құрайды (98-в сурет). Демек, денеге әсер ететін күш орын ауыстыру бағытына перпендикуляр бағытталған болса, ешқандай жұмыс орындалмайды.

#### Есеп шығару үлгісі

Автомобиль 5 кН мотор күшінің әсерімен 3 км жолды жүріп өтті. Автомобильдің моторы қанша жұмыс орындаған?

<p><i>Берілгені:</i></p> <p><math>F = 5 \text{ кН} = 5\ 000 \text{ Н};</math>  <math>s = 3 \text{ км} = 3\ 000 \text{ м}.</math></p> <hr/> <p><i>Табу керек:</i></p> <p><math>A - ?</math></p>	<p><i>Формуласы:</i></p> <p><math>A = Fs.</math></p>	<p><i>Шешуі:</i></p> <p><math>A = 5\ 000 \text{ Н} \cdot 3\ 000 \text{ м} =</math>  <math>= 15\ 000\ 000 \text{ Дж} = 15 \text{ МДж}.</math></p> <p style="text-align: right;"><i>Жауабы:</i> <math>A = 15 \text{ МДж}.</math></p>
--	--	--



**Тірек ұғымдар:** механикалық жұмыс, әсер күшінің механикалық жұмысы, күштің проекциясы.



1. Механикалық жұмысты сипатта және формуласын өрнекте.
2. Механикалық жұмыстың негізгі және еселі бірліктері, олардың арасындағы қатынастарды өрнекте.
3. Денеге әсер етіп жатқан күш бағыты дененің орын ауыстыру бағытында болмаса, орындалған жұмыс қалай анықталады?
4. Денеге әсер етіп жатқан күш бағыты дененің орын ауыстыру бағытына перпендикуляр болса, орындалған жұмыс неге тең?
5. Энергияның сипаттамасын айт және түсіндір.

**М**  
**25**

1. Жерде тұрған жүкке 250 Н күш әсер етіп жатқанда оны сол күштің бағытымен 8 м қашықтыққа дейін сүйреп апарды. Мұнда қанша жұмыс орындалған?
2. Арбаға белгілі бір бұрышта күш әсер етіп, 15 м қашықтыққа апарды. Егер арбаға әсер етіп жатқан күштің қозғалыс бағытына проекциясы 42 Н болса, онда қанша жұмыс орындалған?
3. Жолда бұзылып қалған автомобильді 3 адам итеріп 480 м қашықтағы шеберханаға апарды. Егер олардың бірі автомобильді 150 Н күшпен, екіншісі 200 Н күшпен, ал үшіншісі 250 Н күшпен итеріп барған болса, олардың әрбірі қаншадан жұмыс орындаған? Олардың үшеуі бірге қанша жұмыс орындаған?
4. Электровоз теміржол вагондарын 2 км қашықтыққа тартып барғанда, 240 МДж жұмыс орындады. Электровоз вагондарды қандай күшпен тартқан?

## § 40. КИНЕТИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯ

### Дене жылдамдығының өзгеруінде орындалған жұмыс

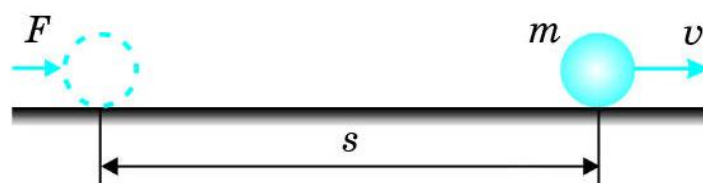


Дене немесе денелер жүйесінің жұмыс орындау қабілетін сипаттайтын физикалық шама *механикалық энергия* деп аталады.

*Энергия* деген сөз грек тілінен аударғанда “*белсенділік*” деген мағынаны білдіреді. Механикалық жұмыс сияқты механикалық энергияның да негізгі бірлігі — **Джоуль** (Дж). Механикалық энергия *кинетикалық энергия* және *потенциалдық энергияға* бөлінеді.

Үстелдің үстінде тұрған  $m$  массалы дене  $F$  күштің әсерімен үйкеліссіз қозғалып,  $a$  үдеу алған болсын (99-сурет).  $t$  уақыт ішінде дененің алған жылдамдығы:

$$v = at. \quad (1)$$



99-сурет.  $v$  жылдамдықтағы шардың кинетикалық энергиясы.

Сол уақыт ішінде дененің басып өткен жолы былай өрнектеледі:

$$s = \frac{at^2}{2} \quad (2)$$

(1) формуланы  $t = v/a$  түрінде жазып, оны (2) формуладағы  $t$  уақыттың орнына қоямыз және дене басып өткен жолдың төмендегі өрнегін аламыз:

$$s = \frac{v^2}{2a}. \quad (3)$$

Ньютонның екінші заңы бойынша, денеге әсер еткен күш:

$$F = ma. \quad (4)$$

(3) және (4) формулаларды пайдаланып, орындалған жұмысты табамыз:

$$A = Fs = ma \cdot \frac{v^2}{2a} \text{ немесе } A = \frac{mv^2}{2}. \quad (5)$$

Бұл формула  $m$  массалы тыныш тұрған дене  $v$  жылдамдыққа жетуі үшін орындалған жұмысты өрнектейді.

Егер  $m$  массалы дененің бастапқы жылдамдығы  $v_1$  болса, оның жылдамдығын  $v_2$ -ге арттыру үшін орындалатын жұмыс:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}. \quad (6)$$

### Кинетикалық энергияның өзгеруі

(5) формула  $v$  жылдамдықпен қозғалып жатқан  $m$  массалы дененің кинетикалық энергиясын да өрнектейді, яғни:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (7)$$



**Дене массасы мен жылдамдығы квадраты көбейтіндісінің жартысымен өлшенетін физикалық шама дененің кинетикалық энергиясы деп аталады. Кинетикалық энергия — дене қозғалысының мөлшерлік өлшемі.**

(6) формулада  $mv_1^2/2 = E_{k1}$ ,  $mv_2^2/2 = E_{k2}$  деп алынса, дененің жылдамдығы  $v_1$  -ден  $v_2$  -ге өзгергенде орындалған жұмысты төмендегідей өрнектеуге болады:

$$A = E_{k2} - E_{k1}, \quad (8)$$

мұнда  $E_{k1}$  — бастапқы жылдамдығы  $v_1$  болғанда дененің кинетикалық энергиясы,  $E_{k2}$  — жылдамдығы  $v_2$ -ге өзгергенде дененің кинетикалық энергиясы. Онда (8) формуланы төмендегідей түсіндіруге болады:



**Дененің кинетикалық энергиясының өзгеруі орындалған жұмысқа тең.**

### Есеп шығару үлгісі

36 км/сағат жылдамдықпен кетіп бара жатқан массасы 2 т автомобиль жылдамдығын 90 км/сағатқа дейін арттыруы үшін қандай жұмыс орындауы керек?

<p><i>Берілген:</i>  <math>m=2; T=2000\text{кг};</math>  <math>v_1=36\text{ км/сағ}=10\text{ м/с};</math>  <math>v_2=90\text{ км/сағ}=25\text{ м/с}.</math></p> <p><i>Табу керек:</i>  <math>E_{K1}-? E_{K2}-? A-?</math></p>	<p><i>Формуласы:</i></p> $E_{K1} = \frac{mv_1^2}{2};$ $E_{K2} = \frac{mv_2^2}{2};$ $A = E_{K2} - E_{K1}.$ <p><i>Жауабы:</i> <math>E_{K1} = 100\text{кДж}; E_{K2} = 625\text{кДж}; A = 525\text{кДж}.</math></p>	<p><i>Шешуі:</i></p> $E_{K1} = \frac{2000 \cdot 10^2}{2} \text{ Дж} = 100000 \text{ Дж} = 100\text{кДж};$ $E_{K2} = \frac{2000 \cdot 25^2}{2} \text{ Дж} = 625000 \text{ Дж} = 625\text{кДж};$ $A = (625 - 100)\text{кДж} = 525\text{кДж}.$
---	---	---

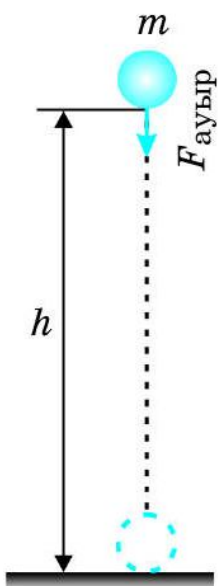


**Тірек ұғымдар:** механикалық энергия, кинетикалық энергия.

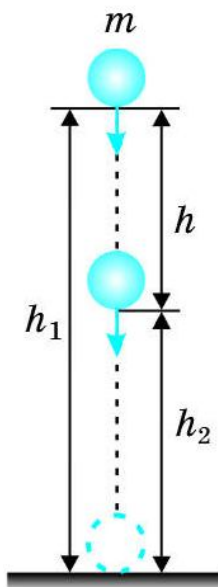
- ?**
1. Механикалық энергия дегеніміз не? Ол қандай бірліктермен өлшенеді?
  2. (5) формуланы шығар және түсіндір?
  3. Берілген массалы дененің жылдамдығы бір мәннен екінші мәнге өзгергенде орындалған жұмыс неге тең?
  4. Дененің кинетикалық энергиясы қандай физикалық шама?
  5. Дене кинетикалық энергиясының өзгеруі қай физикалық шамаға тең?

- М 26**
1. Мұздың үстіндегі 40 г массалы хоккей шайбасына соққы бергенде ол 25 м/с жылдамдық алды. Шайбаның кинетикалық энергиясын тап?
  2. 72 км/сағат жылдамдықпен бара жатқан 1,2 т массалы автомобильді тоқтату үшін қандай жұмыс орындау керек?
  3. 10 м/с жылдамдықпен бара жатқан велосипедтің жылдамдығын 20 м/с-қа дейін арттыру үшін қандай жұмыс орындау керек? Велосипедтің (жүргізушімен қоса есептегенде) массасы 100 кг-ға тең.
  4. 72 км/сағат жылдамдықпен бара жатқан 200 т массалы пойыздың жылдамдығын 144 км/сағатқа дейін арттыру үшін электровоз қандай жұмыс орындауы керек?
  5. 7,7 км/с жылдамдықпен ұшатын Жердің жасанды серігі 40 000 МДж кинетикалық энергияға ие. Жасанды серіктің массасын тап.

## § 41. ПОТЕНЦИАЛДЫҚ ЭНЕРГИЯ



**100-сурет.**  
Ауырлық күші әсерінде жұмыс орындалуы.



**101-сурет.**  
Потенциалдық энергияның өзгеруі.

$m$  массалы дене  $h$  биіктіктен еркін түсіп жатқан болсын (100-сурет). Мұнда дене тек қана Жердің тарту күші, яғни  $F_{\text{ауыр}} = mg$  ауырлық күшінің әсерімен қозғалады. Дененің  $h$  биіктіктен жерге түскенге дейін ауырлық күш орындайтын жұмыс былай өрнектеледі:

$$A = F s = F_{\text{ауыр}} h \text{ немесе } \boxed{A = mgh.} \quad (1)$$

Орындалуы мүмкін болған бұл жұмыс осы дененің **потенциалдық энергиясына** тең болады. Демек,  $h$  биіктікте тұрған  $m$  массалы дененің потенциалдық энергиясы да төмендегідей өрнектеледі:

$$\boxed{E_{\text{п}} = mgh.} \quad (2)$$

(2) формуламен өрнектелген потенциалдық энергия өзара әсерлесетін екі дене — шар мен Жердің бір-біріне қарағандағы жағдайына байланысты.



**Өзара әсерлесетін денелердің немесе дене бөлшектерінің бір-біріне қарағандағы жағдайына байланысты энергия потенциалдық энергия деп аталады.**

Енді  $h_1$  биіктікте тұрған  $m$  массалы дененің жағдайы  $h_2$ -ге өзгергенде орындалған жұмысты табалық (101-сурет). Дене жүріп өткен жол  $h = h_1 - h_2$  екенінен орындалған жұмысты төмендегіше өрнектеуге болады:

$$A = mgh = mg(h_1 - h_2) \text{ немесе } A = mgh_1 - mgh_2, \quad (3)$$

мұнда  $mgh_1 = E_{\text{п1}}$  — дененің  $h_1$  биіктіктегі потенциалдық энергиясы,  $mgh_2 = E_{\text{п2}}$  — дененің  $h_2$  биіктіктегі потенциалдық энергиясы екендігінен:

$$A = E_{\text{п1}} - E_{\text{п2}} \text{ немесе } \boxed{A = -(E_{\text{п2}} - E_{\text{п1}}),} \quad (4)$$

мұнда «-» таңба дененің жағдайы  $h_1$  биіктіктен  $h_2$  биіктікке өзгергенде дененің потенциалдық энергиясы азаятынын көрсетеді.

Демек:



**Дене потенциалдық энергиясының өзгеруі орындалған жұмысқа тең.**

Дене жоғарыдан төмен қарай түсіп жатқанда  $E_{п2} < E_{п1}$  болғандықтан  $A > 0$  болады. Мұнда ауырлық күші плюс жұмыс орындайды.

Денені жоғары қарай көтергенде  $E_{п2} > E_{п1}$  болғандықтан  $A < 0$  болады. Мұнда ауырлық күшін жеңу үшін минус жұмыс орындалады.

*Есеп шығару үлгісі*

Массасы 1 кг дененің 25 м биіктікте және 15 м биіктікте потенциалдық энергиясы қанша болады? Дене осы биіктіктен екінші биіктікке түскенде ауырлық күші қандай жұмыс орындайды?  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.

*Берілген:*

$$m=1\text{кг}; h_1=25\text{м}; \\ h_2=15\text{м}; g=10\text{м/с}^2.$$

*Табу керек:*

$$E_{п1}-? E_{п2}-? A-?$$

*Формуласы:*

$$E_{п1} = mgh_1;$$

$$E_{п2} = mgh_2;$$

$$A=-(E_{п2} - E_{п1}).$$

*Жауабы:*  $E_{п1}=250\text{Дж}; E_{п2}=150\text{Дж}; A=100\text{Дж}.$

*Шешуі:*

$$E_{п1}=1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ Дж} = 250 \text{ Дж};$$

$$E_{п2}=1 \cdot 10 \cdot 15 \text{ Дж} = 150 \text{ Дж};$$

$$A=-(150 - 250) \text{ Дж} = 100 \text{ Дж}.$$



**Тірек ұғымдар:** ауырлық күшінің орындаған жұмысы, потенциалдық энергия.



1. Дене  $h$  биіктіктен жерге түскенде қандай жұмыс орындалады?
2. Дененің  $h$  биіктіктегі потенциалдық энергиясы қалай өрнектеледі?
3. Потенциалдық энергия деп нені айтады?
4. Дене  $h_1$  биіктіктен  $h_2$  биіктікке түскенде ауырлық күшінің орындаған жұмысы қалай өрнектеледі?
5. Дененің тік қозғалысында қандай жағдайда плюс, қандай жағдайда минус жұмыс орындалады?



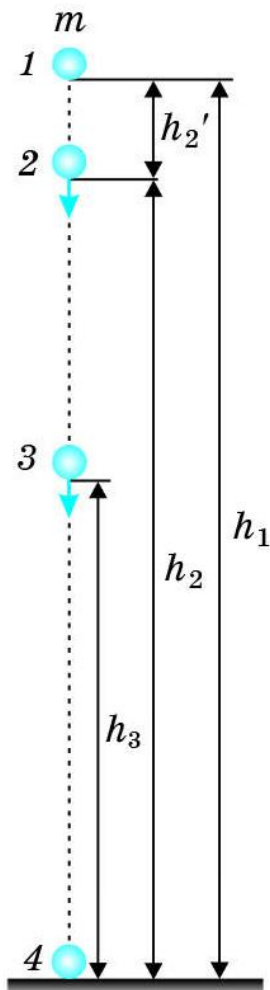
1. Массасы 200 г дененің 40 м биіктікте потенциалдық энергиясы қанша болады? Дене сол биіктіктен жерге түскенде ауырлық күші қандай жұмыс орындайды? Осы және кейінгі есептерде  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
2. 2 кг жүк 5 м биіктіктен 12 м биіктікке алып шығылды. Сол биіктіктерде дененің потенциалдық энергиялары қанша болады? Дененің жоғарыға алып шыққанда қандай жұмыс орындалады?

3. Ғимараттың 9-қабатында тұрған 40 кг массалы баланың жерге салыстырмалы потенциалдық энергиясы қанша болады? Әрбір қабаттың биіктігін 3 м деп алуға болады.



“Механикалық жұмыс” және “Потенциалдық энергия” тақырыптарында келтірілген тәжірибелер мен мәліметтер негізінде “Денені көтеруде және осы қашықтыққа орнын ауыстырғанда орындалған жұмысты өлшеу” тақырыбы бойынша зертханалық жұмыс орындалады.

## § 42. ПОТЕНЦИАЛДЫҚ ЖӘНЕ КИНЕТИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯЛАРДЫҢ АЙНАЛУЫ



102-сурет. Дене еркін түскенде энергияның айналуы.

Массасы  $m = 1$  кг дене  $h_1 = 45$  м биіктіктен тасталғанда оның потенциалдық және кинетикалық энергиялары қандай өзгередінін көрелік (102-сурет). Мұнда еркін түсу үдеуін  $g = 10$  м/с<sup>2</sup> деп алайық.

*1-жағдай.*  $h_1 = 45$  м биіктікте дененің потенциалдық және кинетикалық энергиялары төмендегідей болады:

$$E_{п1} = mgh_1; \quad E_{п1} = 1 \cdot 10 \cdot 45 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж};$$

$$E_{к1} = \frac{mv_1^2}{2}; \quad E_{к1} = \frac{1 \cdot 0^2}{2} \text{ Дж} = 0.$$



**Жерден белгілі бір биіктікте тыныш тұрған дененің потенциалдық энергиясы максималды мәнге, ал кинетикалық энергиясы нөлге тең болады.**

*2-жағдай.* Биіктіктен тасталған дене еркін түсуде  $t = 1$  с-та  $h_2' = gt^2/2 = 10 \cdot 1^2/2$  м = 5 м қашықтықты басып өтеді. Бұл уақыт аралығында дене жерден  $h_2 = h - h_2' = 45$  м – 5 м = 40 м биіктікте болады. Бұл кезде дененің жылдамдығы  $v_2 = gt_2 = 10 \cdot 1$  м/с = 10 м/с мәнге жетеді. Онда  $h = 45$  м биіктіктен түсіп жатқан дененің  $h_2 = 40$  м биіктіктегі потенциалдық энергиясы мен кинетикалық энергиясы төмендегідей болады:

$$E_{п2} = mgh_2; \quad E_{п2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ Дж} = 400 \text{ Дж};$$

$$E_{к2} = \frac{mv_2^2}{2}; \quad E_{к2} = \frac{1 \cdot 10^2}{2} \text{ Дж} = 50 \text{ Дж}.$$

3-жағдай.  $h_1 = 45$  м биіктіктен тасталған дене 2 с-та 20 м қашықтыққа жетеді. Мұнда дененің жерден биіктігі  $h_3 = 25$  м, ал жылдамдығы  $v_3 = 20$  м/с-қа тең болады. Бұл уақытта дененің потенциалдық және кинетикалық энергиялары төмендегідей болады:

$$E_{п3} = mgh_3; \quad E_{п3} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ Дж} = 250 \text{ Дж};$$

$$E_{к3} = \frac{mv_3^2}{2}; \quad E_{к3} = \frac{1 \cdot 20^2}{2} \text{ Дж} = 200 \text{ Дж}.$$



**Биіктіктен еркін түсіп жатқанда дененің потенциалдық энергиясы кеміп, кинетикалық энергиясы артады, яғни дененің потенциалдық энергиясы кинетикалық энергияға айналады.**

4-жағдай.  $h_1 = 45$  м биіктен тасталған дене 3 с-та жерге жетеді, яғни дененің жерден биіктігі  $h_4 = 0$ -ге тең болады. Дене бұл уақытта жерге  $v_4 = 30$  м/с жылдамдықпен соғылады. Дененің жерге соқтығысу кезіндегі потенциалдық және кинетикалық энергиялар төмендегідей болады:

$$E_{п4} = mgh_4; \quad E_{п4} = 1 \cdot 10 \cdot 0 \text{ Дж} = 0;$$

$$E_{к4} = \frac{mv_4^2}{2}; \quad E_{к4} = \frac{1 \cdot 30^2}{2} \text{ Дж} = 450 \text{ Дж}.$$



**Биіктіктен еркін түсіп жатқан дене жерге соқтығысу кезінде оның потенциалдық энергиясы нөлге, ал кинетикалық энергиясы максималды мәнге тең болады.**

Дене жоғарыға тік атылғанда кері процесс байқалады. Мұнда дене жоғарыға көтерілген сайын оның кинетикалық энергиясы максималды мәнден нөлге дейін азаяды. Ал дененің потенциалдық энергиясы нөлден максималды мәнге дейін артады.

Потенциалдық энергияның өзгеруі қозғалыс траекториясы ерікті болғанда да байқалады. Мәселен, ғимараттың 7-қабатында 2 кг массалы дене тұрған болсын. Егер ғимараттың әрбір қабатының арасын 3 м десек, 7-қабатта тұрған дененің жерге, яғни 1-қабатқа салыстырғандағы потенциалдық энергиясы 360 Дж-ге тең болады. Сол денені 3-қабатқа эскалатормен алып түскенде де, лифтпен түсіргенде де бұл қабаттағы оның потенциалдық энергиясы 120 Дж-ге тең болады.

*Есеп шығару үлгісі*

Массасы 200 г дене 15 м/с жылдамдықпен жоғарыға тік атылды. 1 с-тан кейін дененің кинетикалық энергиясы мен атылған нүктеге салыстырмалы потенциалдық энергиясы қандай болады?  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

<p><i>Берілген:</i></p> <p><math>m=200\text{г}=0,2\text{кг};</math>  <math>v_0=15\text{м/с};</math>  <math>g=10\text{м/с}^2.</math></p> <hr/> <p><i>Табу керек:</i></p> <p><math>E_k-?</math> <math>E_{II}-?</math></p>	<p><i>Формуласы:</i></p> <p><math>v=v_0-at;</math>  <math>E_k=\frac{mv^2}{2};</math>  <math>h=v_0t-\frac{gt^2}{2};</math>  <math>E_{II}=mgh.</math></p>	<p><i>Шешуі:</i></p> <p><math>v=15\text{м/с}-10\cdot 1\text{м/с}=5\text{м/с};</math>  <math>E_k=\frac{0,2\cdot 5^2}{2}\text{Дж}=2,5\text{Дж};</math>  <math>h=15\cdot 1-\frac{10\cdot 1^2}{2}\text{м}=10\text{м};</math>  <math>E_{II}=0,2\cdot 10\cdot 10\text{Дж}=20\text{Дж}.</math></p>
---	---	---



**Тірек ұғымдар:** дененің потенциалдық және кинетикалық энергияларының айналуы.



1. 102-суретте бейнеленген дене қойып жіберілген соң 1 с, 2 с және 3 с уақыт өткеннен кейін қандай биіктікте болатынын анықта және түсіндір.
2. Белгілі бір биіктікте тұрған дененің потенциалдық энергиясының мәні қандай болады? Ал кинетикалық энергиясы ше?
3. Биіктіктен еркін түсіп жатқан дененің потенциалдық және кинетикалық энергиялары қалай өзгереді?
4. Биіктіктен еркін түсіп жатқан дененің кинетикалық энергиясы жерге соқтыққанда кинетикалық энергиясының мәні қандай болады? Потенциалдық энергиясы ше?



1. 125 м биіктікте тұрған 200 г массалы дене қойып жіберілді. Дене қозғалысының үшінші және бесінші секунд соңдарында потенциалдық және кинетикалық энергиялары қанша болады?  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .
2. 100 г массалы дене тік жоғарыға 30 м/с жылдамдықпен атылды. 2 с-тан кейін оның кинетикалық және потенциалдық энергиялары қанша болады? Ең жоғары биіктікте дене қанша потенциалдық энергияға ие болады?
3. Копер тоқпағы 6 м биіктен түсіп, қазықты ұрғанда 18 кДж кинетикалық энергия алады. Сондай биіктікте тоқпақтың потенциалдық энергиясы қазықпен салыстырмалы түрде қанша болады? Кинетикалық энергиясы ше? Тоқпақтың массасы қанша?

### § 43. МЕХАНИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

102-суреттегі дененің  $h = 45$  м биіктіктен түскендегі 4 жағдайдың әрбірінде кинетикалық және потенциалдық энергиялардың қосындысында қандай болады?

$$1\text{-жағдайда: } E_{\text{П1}} + E_{\text{К1}} = 450 \text{ Дж} + 0 = 450 \text{ Дж.}$$

$$2\text{-жағдайда: } E_{\text{П2}} + E_{\text{К2}} = 400 \text{ Дж} + 50 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж.}$$

$$3\text{-жағдайда: } E_{\text{П3}} + E_{\text{К3}} = 250 \text{ Дж} + 200 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж.}$$

$$4\text{-жағдайда: } E_{\text{П4}} + E_{\text{К4}} = 0 + 450 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж.}$$

Мұнан төмендегідей қорытынды алуға болады:



**Биіктіктен еркін түсіп жатқан дененің кез келген уақыттағы кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысы, яғни дененің толық механикалық энергиясы өзгермейді.**

Ереже денені жоғарыға тік лақтырғандағы жағдайлар үшін де орынды.

Дененің кинетикалық энергиясының өзгеруі орындалған жұмысқа тең екендігі белгілі. Егер биіктіктен түсіп жатқан дененің 1-жағдайдағы кинетикалық энергиясы  $E_{\text{К1}}$ , 2-жағдайдағысы  $E_{\text{К2}}$  болса, орындалған жұмыс төмендегідей болады:

$$A = E_{\text{К2}} - E_{\text{К1}}. \quad (1)$$

Осы екі жағдай үшін дененің потенциалдық энергиясының өзгеруі де дәл осындай орындалған жұмысқа тең, яғни:

$$A = -(E_{\text{П2}} - E_{\text{П1}}). \quad (2)$$

(1), (2) өрнектер өзара тең болғандықтан, оларды біріктіруге болады:

$$E_{\text{К2}} - E_{\text{К1}} = -(E_{\text{П2}} - E_{\text{П1}}). \quad (3)$$

Денелердің өзара әсері мен қозғалысы нәтижесінде кинетикалық және потенциалдық энергия олардың бірінің артуы екіншісінің азаюына тең болатындай өзгереді. Олардың бірі қанша азайса, екіншісі сонша артады.

(3) теңдікті төмендегідей етіп жазуға болады:

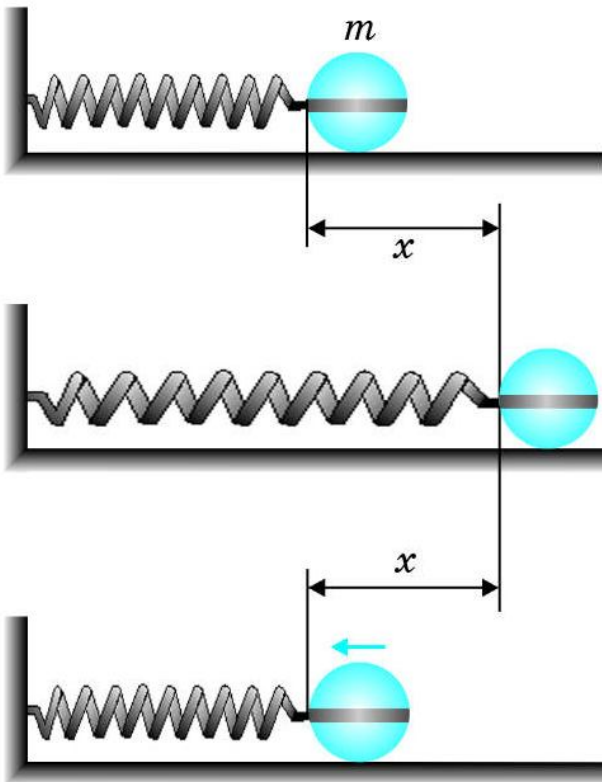
$$E_{\text{К1}} + E_{\text{П1}} = E_{\text{К2}} + E_{\text{П2}}. \quad (4)$$

Бұл теңдіктің сол жағы 1-жағдайдағы, ал оң жағы 2-жағдайдағы дененің толық механикалық энергиясын сипаттайды. Бұл теңдік **меха-**

никалық энергияның сақталу заңын өрнектейді. Энергияның сақталу заңын төмендегідей сипаттаймыз:



**Жабық жүйенің толық механикалық энергиясы жүйе бөлшектерінің кез келген қозғалысында өзгермейді.**



**103-сурет.** Серіппе және денеден құралған жабық жүйеде механикалық энергияның сақталуы

Осы кезге дейін Жердің тартылыс күшінің әсерімен дененің қозғалысы, яғни Жер мен денеден құралған жабық жүйедегі механикалық қозғалысты қарастырдық. Механикалық энергияның сақталу заңы басқа жабық жүйелер үшін де орынды. Мысалы, тірек, серіппе және денеден тұратын жабық жүйені қарастырайық.

Тірекке орнатылған серіппеге  $m$  массалы денені қатырып, оны  $x$  қашықтыққа тартып тұралық (103-сурет). Мұнда дененің кинетикалық энергиясы  $E_{к1} = mv_1^2/2 = 0$ , ал потенциалдық энергиясы  $E_{п1} = kx^2/2$  болады. Мұнда  $x$  — серіппенің қаттылығы. Денені қойып жіберсек, ол серіппенің эластикалық күшінен жылдамдық алады. Дене тепе-теңдік жағдайынан өтіп жатқанда, яғни  $x = 0$  қашықтықта оның жылдамдығы ең үл-

кен мәнге жетеді. Соған орай  $E_{к2} = mv_2^2/2$  кинетикалық энергиясы да максималды мәнде болады.

Серіппе және денеден тұратын мұндай жабық жүйе үшін да (4) формула, яғни механикалық энергияның сақталу заңы орынды болады.

Жоғарыда серіппенің эластикалық күшінің әсерімен дененің тірек сыртынд үйкеліссіз қозғалады деп алынды.

*Есеп шығару үлгісі*

80 м биіктіктен еркін түсіп келе жатқан 1 кг массалы дене биіктіктің жартысынан өтіп жатқанда кинетикалық және потенциалдық энергиялары неге тең?  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Берілген:	Формуласы:	Шешуі:
$h_1 = 80 \text{ м};$ $h_2 = \frac{h_1}{2};$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	$E_{п1} = mgh_1;$ $E_{п2} = mgh_2;$ $E_{к1} + E_{р1} = E_{к2} + E_{р2}$ теңдеуде $E_{к1} = 0:$ $E_{к2} = E_{п1} - E_{п2}.$	$E_{п1} = 1 \cdot 10 \cdot 80 \text{ Дж} = 800 \text{ Дж};$ $h_2 = \frac{80}{2} \text{ м} = 40 \text{ м};$ $E_{п2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ Дж} = 400 \text{ Дж};$ $E_{к2} = 800 \text{ Дж} - 400 \text{ Дж} = 400 \text{ Дж}.$
Табу керек: $E_{п2} - ?$ $E_{к2} - ?$	Жауабы: $E_{п2} = 400 \text{ Дж};$ $E_{к2} = 400 \text{ Дж}.$	



**Тірек ұғымдар:** толық механикалық энергия, механикалық энергияның сақталу заңы.



1. Биіктіктен тасталған дененің толық механикалық энергиясы өзгермейтінін түсіндір.
2. Механикалық энергияның сақталу заңы қалай өрнектеледі және сипатталады?
3. Серіппе мен денеден тұратын жабық жүйеде механикалық энергияның сақталуын түсіндір.



1. Массасы 200 г дене тік жоғарыға 30 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Ең жоғары нүктеге көтерілгенде дененің потенциалдық энергиясы қанша болады?
2. Биіктіктен қойып жіберілген 500 г массалы дененің толық механикалық энергиясы 200 Дж-ге тең. Дене қандай биіктіктен қойып жіберілген?  $g = 10 \text{ м/с}^2.$
3. 103-суреттегі дененің массасы 50 г, серіппені 10 см-ге созып тұрып қойып жібергендегі ең үлкен жылдамдығы 10 м/с болса, жабық жүйенің толық механикалық энергиясы қанша болады? Мұндай серіппенің қатандығы қандай?

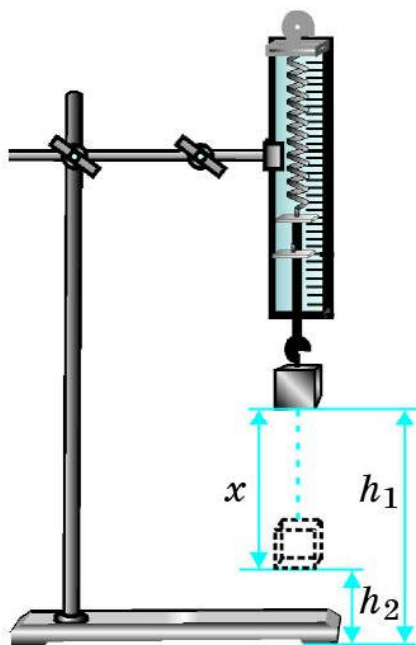
## § 44. ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫН ҮЙРЕНУ

(4-зертханалық жұмыс)

**Жұмыстың мақсаты:** серіппеге ілінген дене төмен қарай қозғалғанда серіппе мен дененің потенциалдық энергияларының өзгеруін, механикалық энергияның сақталу заңын үйрену.

**Қажетті жиназдар:** штатив, серіппесінің қатаңдығы 40–100 Н/м арасында болған динамометр, өлшегіш сызғыш, жүктер жинағы.

### Жұмысты орындау тәртібі




**104-рasm.** Prujina va yukning potensial energiyalari o'zgarishi.

1. 104-суреттегі қондырғыны құрастыр.
2. Жүктер жинағынан сондай жүкті таңдап ал, оны серіппеге ілгенде серіппе шамамен 5–10 см-ге созылатын болсын.
3. Таңдап алынған жүкті серіппенің ілгішіне іл, серіппе созылмайтындай етіп жүкті ұстап тұр. Бұл жағдайда серіппенің потенциалдық энергиясы  $E'_{п1} = 0$  болады. Осы жағдайда жүктің жерден биіктігі  $h_1$ -ді өлше. Өлшеу нәтижелерін 5-кестеге жазып қой.
4. Жүкті ақырын қойып жібер. Серіппе созылғанда  $h_2$ -ні өлше.
5.  $x = h_1 - h_2$  формуладан серіппенің созылу қашықтығы  $x$ -ты есепте.
6.  $E_{п1} = mgh_1$  және  $E_{п2} = mgh_2$  формулалардың көмегімен жүктің  $h_1$  және  $h_2$  биіктіктегі потенциалдық энергияларын есепте.
7.  $E'_{п2} = kx^2/2$  формуланың көмегімен созылған серіппенің потенциалдық энергиясын (серіппенің қатаңдығын ескере отырып) есепте.
8.  $E_{п1} + E'_{п1}$  және  $E_{п2} + E'_{п2}$  қосындыларын есепте.
9.  $E_{п1} + E'_{п1} = E_{п2} + E'_{п2}$  теңдік, яғни механикалық энергияның сақталу заңы қаншалықты орындалуына мән бер. Бұл теңдіктің сол және оң жағындағы нәтижелер бір-біріне неғұрлым жақын шықса, тәжірибе соғұрлым анық орындалған болады.
10. Тәжірибені түрлі массалы жүктермен 3 рет қайтала.

5-кесте

№	$h_1, \text{м}$	$h_2, \text{м}$	$x, \text{м}$	$E_{п1}, \text{Дж}$	$E_{п2}, \text{Дж}$	$E'_{п2}, \text{Дж}$	$E_{п1} + E'_{п1}, \text{Дж}$	$E_{п2} + E'_{п2}, \text{Дж}$
1								
2								
3								

-  1. Эластикалық күштің жұмысы мен потенциалдық энергияның арасында қандай байланыс бар?
2. Тәжірибеде  $E_{п1} + E'_{п1} = E_{п2} + E'_{п2}$  теңдіктің орындалуы нені білдіреді?
3. Жүкті ілгенде серіппенің потенциалдық энергиясы қаншаға дейін артады?
4. Жүкті ілгенде оның потенциалдық энергиясы қаншаға дейін азаяды?
5. Тәжірибенің нәтижелері негізінде талдау қорытынды жаса.

## § 45. ҚУАТ

### Қуат және оның бірліктері

Бірдей механикалық жұмысты әр түрлі машина әр түрлі уақытта орындауы мүмкін. Мысалы, жерде тұрған 10 т кірпішті 20 м биіктікке кішкене кран бес рет көтеріп 15 минутта, үлкен кран бір рет көтеріп 1 минутта алып шығуы мүмкін. Мұнда екі кран бірдей жұмысты орындады, бірақ оны орындау үшін әр түрлі уақыт жұмсалды.

Машина, двигатель және әр түрлі механизмдердің жұмыс орындау мүмкіндігін салыстыру үшін **қуат** деп аталатын физикалық шама енгізілген. Бірдей жұмысты орындайтын машиналардың қайсысы осы жұмысты қысқа уақыт ішінде орындаса, сонысы қуаттырақ болады. Механизмнің қуаты оның уақыт бірлігінде орындаған жұмысымен өрнектеледі.

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

 **Уақыт бірлігінде орындалған жұмыс қуат деп аталады.**

Халықаралық бірліктер системасында қуаттың бірлігі ретінде 1 с ішінде 1 Дж жұмыс орындайтын қондырғының қуаты қабылданған. Ол қуат бірлігі бу машинасын ойлап тапқан ағылшын ғалымы *Джеймс Уатт* (Watt) құрметіне *watt* (Вт) деп аталады.

Практикада қуаттың еселі бірліктері — милливатт (1 мВт), гектоватт (1 гВт), киловатт (1 кВт), меговатт (1 МВт) да қолданылады. Қуаттың негізгі және еселік бірліктері арасындағы қатынас төмендегідей:

$$1 \text{ мВт} = 0,001 \text{ Вт} = 10^{-3} \text{ Вт}, \quad 1 \text{ гВт} = 100 \text{ Вт} = 10^2 \text{ Вт},$$

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт} = 10^3 \text{ Вт}, \quad 1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт} = 10^6 \text{ Вт}.$$

Қуат — жұмыс және уақыт сияқты скаляр шама.

Қуаттың формуласынан белгілі уақыт ішінде орындалған жұмысты табуға болады:

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

Бұл формула жұмыс пен энергияның тағы бір бірлігін енгізуге мүмкіндік береді. Жұмыс бірлігі ретінде, 1 Вт қуатты механизмнің 1 с ішінде атқаратын бірлігін алуға болады. Бірлік *ватт-секунд* (1 Вт · с) деп аталады. Практикада жұмыс пен энергияның *киловатт-сағат* (1 кВт · сағ) және *меговатт-сағат* (1 МВт · сағ) бірліктері көп қолданылады. Жұмыс және энергияның негізгі бірлігі мен бұл бірліктер арасындағы қатынас төмендегідей болады:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}, \quad 1 \text{ МВт} \cdot \text{сағ} = 3,6 \cdot 10^9 \text{ Дж}.$$

### Қуат, күш және жылдамдық арасындағы қатынас

Көлік құралдары көбінше тұрақты жылдамдықпен қозғалады.  $v$  жылдамдықпен түзу сызықты бір қалыпты қозғалып бара жатқан автомобиль  $t$  уақыт ішінде  $s = vt$  қашықтықты басып өтеді. Автомобиль тұрақты жылдамдықпен қозғалуы үшін оны қозғалысқа түсіретін мотордың  $F$  күші әсер етіп тұруы керек. Бұл күш автомобильдің қозғалысына кедергі жасайтын күштерге (әр түрлі үйкеліс күштеріне) модулі жағынан тең және қарама-қарсы бағытталған. Сондықтан автомобиль  $s$  қашықтықты басып өткенде оның моторы орындаған жұмыс  $A = Fs = Fvt$  -ға тең болады. Егер  $A = Nt$  екенін ескерсек, қуаттың мынадай формуласы келіп шығады:

$$N = Fv. \quad (3)$$

Бұл формуладан мотордың қуаты қанша үлкен болса, автомобильдің жылдамдығы да сонша үлкен болатыны анық көрініп тұр. Сондықтан үлкен жылдамдықпен ұшатын самолёт, қозғалатын пойыз, автомобильдерге үлкен қуатты моторлар орнатылады. Жоғарыдағы формуладан тағы бір нәрсені анықтау мүмкін, мотордың қуаты тұрақты болғанда жылдамдық қанша үлкен болса, күш сонша кіші болады. Сондықтан көлбеу бойынша биікке шығуда автомобильдің тарту күшін арттыру үшін жылдамдықты кемейтеді.

#### *Есеп шығару үлгісі*

Үлкен кран 10 т кірпішті, ал кіші кран 2 т кірпішті 30 м биіктікке 1 минутта алып шықты. Әрбір кран қуатының пайдалы бөлігін тап.  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Берілген:	Формуласы:	Шешуі:
$m_1=10\text{ т}=10\,000\text{ кг};$ $m_2=2\text{ т}=2\,000\text{ кг};$ $h=30\text{ м};$ $t=1\text{ мин}=60\text{ с};$ $g=10\text{ м/с}^2.$	$A_1=m_1gh;$ $A_2=m_2gh;$ $N_1=\frac{A_1}{t};$ $N_2=\frac{A_2}{t};$	$A_1=(10\,000\cdot 10\cdot 30)\text{ Дж}=3\,000\,000\text{ Дж};$ $A_2=(2\,000\cdot 10\cdot 30)\text{ Дж}=600\,000\text{ Дж};$ $N_1=\frac{3\,000\,000}{60}\text{ кВ}=50\,000\text{ кВ}=50\text{ кВ};$ $N_2=\frac{600\,000}{60}\text{ В}=10\,000\text{ В}=10\text{ кВ}.$
<b>Табу керек:</b> $N_1-?$ $N_2-?$		<b>Жауабы:</b> $N_1 = 50\text{ кВ}; N_2=10\text{ кВ}.$



**Тірек ұғым:** қуат



1. Қуат деген не? Ол қандай бірліктермен өрнектеледі?
2. Қуат, күш және жылдамдық арасындағы қатынас қалай өрнектеледі?
4. Жұмыс және энергия джоульден (Дж) тыс тағы қандай бірлікпен өлшенеді?
5. Автомобиль төбешікке шыққанда тарту күшін арттыру үшін жүргізуші не істеуі керек?



1. Егер бала 1 сағатта 360 кДж жұмыс орындаған болса, баланың қуатының пайдалы бөлігін тап.
2. Массасы 4 кг дене күш әсерінде горизонталь бетте 1 мин ішінде 15 м қашықтыққа бір қалыпты қозғатылды. Сырғанайтын беттің үйкеліс коэффициенті 0,2-ге тең болса, дене қозғатылғандағы қуатының пайдалы бөлігін тап.  $g = 10\text{ м/с}^2.$
3. Ат массасы 1 т арбаны 1 км қашықтыққа 10 минутта сүйреп барды. Егер арбаның қозғалысына кедергі коэффициенті 0,06-ға тең болса, аттың қуатының пайдалы бөлігін тап.  $g = 10\text{ м/с}^2.$
4. Самолёт 900 км/сағат жылдамдықпен ұшуда. Мотордың қуаты 1,8 МВт болса, оның тарту күші қандай?

## § 46. ТАБИҒАТТА ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУЫ. ПАЙДАЛЫ ЖҰМЫС КОЭФФИЦИЕНТІ

### Табиғатта энергияның өзгеруі мен сақталуы

Энергияның сақталу заңы тек механикалық құбылыстарға ғана емес, басқа физикалық құбылыстарға да орынды. Бұл құбылыстарда энергия

бір түрден басқа түрлерге айналуы мүмкін. Үйкеліс күшінің әсерінде қозғалып бара жатқан дененің механикалық энергиясының бір бөлігі ішкі энергияға, яғни жылуға айналады. Дәл солай жылу энергиясы механикалық энергияға, электр энергияға тағы басқа энергияға айналуы мүмкін.

Күннің жарық энергиясы жылу энергиясына айналады, бұл энергия Жер бетін жылытады. Өзен суының потенциалдық энергиясы биік тоғаннан түсіп жатқанда кинетикалық энергияға айналады, судың кинетикалық энергиясы гидроэлектрлі станцияларда турбинаны айналдырады. Одан электр энергиясы пайда болады. Ал электр энергиясы үйлердегі электр лампалары арқылы жарық энергиясына айналады, т.с.с.

Сөйтіп, табиғатта энергия жоқ болып кетпейді, ол тек бір түрден басқа түрге айналады. Бұл энергияның сақталу заңы. Энергияның сақталу және бір түрден екінші түрге айналу заңы былай сипатталады:



**Жабық жүйедегі барлық құбылыстарда энергия ешқашан бардан жоқ болмайды және жоқтан бар болмайды, ол тек бір түрден басқа түрге немесе бір денеден басқа денеге өтіп, мөлшер жағынан өзгеріссіз қалады.**

### Механизмдердің пайдалы жұмыс коэффициенті

Кез келген машина немесе двигательдің пайдалы жұмысы толық жұмсалған энергиядан кіші болады. Өйткені барлық механизмдерде үйкеліс күші бар, бұл күштердің нәтижесінде қондырғылардың түрлі бөлшектері қызады. Жұмсалған толық энергияның бір бөлігі жылуға айналып босқа кетеді де қалған бөлігі пайдалы жұмыс орындайды.

Машина және двигательдер жұмсап жатқан энергияның қанша бөлігі пайдалы жұмыс істейтінін көрсететін шама — **пайдалы жұмыс коэффициенті** (немесе пайдалы әсер коэффициенті — қысқаша ПӘК) енгізілген.



**Пайдалы жұмыстың толық орындалған жұмысқа, яғни толық жұмсалған энергияға қатынасына тең шама пайдалы әсер коэффициенті деп аталады және  $\eta$  әрпімен белгіленеді.**

ПӘК пайыз есебінде өрнектеледі. Егер пайдалы жұмысты  $A_{\text{п}}$ , орындалған толық жұмысты  $A_{\text{т}}$  мен белгілесек, онда ПӘК-ң формуласы былайша жазылады:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{т}}} \cdot 100\%.$$

ПӘК бірден (100% дан) үлкен болмайды. Машина және двигательдерде үйкеліс күшінің жұмысының әсерінен толық энергияның бір бөлігі ысырап болады, сондықтан ПӘК бірден кіші болады.

*Есеп шығару үлгісі*

Көтергіш кранға 10 кВт двигатель орнатылған. Кран массасы 5000 кг жүкті 3 минутта 24 м биіктікке көтереді. Кранның ПӘК-н тап.  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

*Берілген:*  
 $N_{\text{т}} = 10 \text{ кВт} = 10\,000 \text{ В};$   
 $m = 5000 \text{ кг}; h = 27 \text{ м};$   
 $t = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с};$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2.$

*Формуласы:*  
 $A_{\text{т}} = N_{\text{т}} t;$   
 $A_{\text{п}} = mgh;$   
 $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{т}}} \cdot 100\%.$

*Шешуі:*  
 $A_{\text{т}} = (10\,000 \cdot 180) \text{ Дж} = 1\,800\,000 \text{ Дж}.$   
 $A_{\text{п}} = (5000 \cdot 10 \cdot 27) \text{ Дж} = 1\,350\,000 \text{ Дж}.$   
 $\eta = \frac{1\,350\,000}{1\,800\,000} \cdot 100\% = 75\%.$

*Табу керек*  
 $\eta - ?$

*Жауабы:*  $\eta = 75\%.$



**Тірек ұғымдар:** табиғатта энергияның айналуы, табиғатта энергияның сақталуы, Күннің жарық энергиясы, жылу электр станциясы, пайдалы жұмыс коэффициенті.



1. Табиғаттағы энергияның сақталуын түсіндір.
2. “Энергия ешқашан бардан жоқ болмайды, жоқтан бар болмайды” дегенде не түсіндің?
3. “Мәңгілік двигатель” деген не? Ол туралы не білесің?
4. Пайдалы әсер коэффициенті деп қандай шаманы айтады және ол қалай өрнектеледі?
5. Неге ПӘК бірден (100%) кіші болады?



1. Автомобильге 100 кВт двигатель орнатылған. Ол 1 минутта 2,4 МДж пайдалы жұмыс орындады. Автомобильдің ПӘК-н тап.
2. Көтергіш кран қуаты 10 кВт двигательмен жұмыс істейді. Двигельдің ПӘК 80%-ға тең болса, массасы 2 т жүк 40 м биіктікке қанша уақытта шығарылады?  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

3. Самолёт түзу сызық бойлап 900 км/сағ жылдамдықпен ұшуда. Двигательдердің қуаты 1,8 МВт және ПЭК 70%-ға тең болса, тарту күші қандай?
4. Гидростанцияның 25 м биіктіктегі тоғанынан әр секундта 200 т су түседі. Электр станциясының қуаты 10 МВт. Тоғаннан түсіп жатқан судың механикалық энергиясының электр энергияға айналу ПЭК қандай?  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

## VII ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆  $F$  күштің әсерімен дене  $s$  қашықтыққа орын ауыстырса,  $A$  жұмыс орындалады. Мұнда орындалған жұмыс күштің осы күш бағытында басып өткен жолының көбейтіндісіне тең, яғни:  $A = Fs$ .
- ◆ Кинетикалық энергия дене қозғалысының шама өлшемі.  $v$  жылдамдықпен қозғалған  $m$  массалы дененің кинетикалық энергиясы:  $E_k = \frac{mv^2}{2}$ .
- ◆ Кинетикалық энергия өзгеруі орындалған жұмысқа тең:  $A = E_{k2} - E_{k1}$ .
- ◆ Потенциалдық энергия — өзара әсерлесетін денелердің немесе бөліктердің бір-біріне қарағандағы жағдайына байланысты. Жер бетінен  $h$  биіктікте  $m$  массалы дененің потенциалдық энергиясы:  $E_{п} = mgh$ .
- ◆ Потенциалдық энергия өзгеруі орындалған жұмысқа тең:  
 $A = -(E_{п2} - E_{п1})$ .
- ◆ Бастапқы жылдамдықсыз белгілі биіктіктен түсіп жатқан дененің кез келген уақыттағы кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысы өзгермейді:  $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ .
- ◆ Энергияның сақталу заңы: Жабық жүйенің толық механикалық энергиясы жүйе бөліктерінің кез келген қозғалысында өзгермейді.
- ◆ Қуат — уақыт бірлігінде орындалған жұмыс. Оның формуласы:  
 $N = \frac{A}{t}$ .
- ◆ Пайдалы әсер коэффициенті — пайдалы жұмыстың толық орындалған жұмысына қатынасына тең:  $\eta = \frac{A_{п}}{A_{т}} \cdot 100\%$ .

## VII ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Массасы 1 кг дене 50 м биіктіктен 20 м биіктікке түскенде ауырлық күші қандай жұмыс орындайды? Осы және кейінгі жаттығуларда  $g=10 \text{ м/с}^2$  деп алынсын.
2. Қатандығы 10 000 Н/м серіппе тепе-теңдік жағдайдан 8 см қашықтыққа созылды. Осы жағдайдағы серіппенің потенциалдық энергиясы неге тең?
3. Серіппені 5 мм созу үшін 3 кДж жұмыс орындау керек. Осы серіппені, 1,2 см-ге созу үшін қанша жұмыс орындау қажет?
4. 1 кг массалы дене 180 м биіктіктен еркін түсуде. Дене қозғалысының алтыншы секундының соңында кинетикалық және потенциалды энергиялары қанша болады?
5. Штангист массасы 180 кг штанганы 2 м биіктікке бірден көтергенде қанша жұмыс орындалады?
6. Кран ұзындығы 7 м және қимасы 75 см болат бөренені горизонталь жағдайдан 60 м биіктікке көтергенде қанша жұмыс орындалғанын тап. Болаттың тығыздығы  $7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .
7. Массасы 250 г еркін түсіп келе жатқан дененің жылдамдығы белгілі жолда 1 м/с-тан 9 м/с-қа артты. Осы жолда ауырлық күші орындалған жұмысты тап.
8. Белгілі бір жылдамдықпен қозғалған дене импульсы  $10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ , кинетикалық энергиясы 50 Дж. Дененің жылдамдығы мен массасын тап.
9. Ұзындығы 3 м және массасы 40 кг тосын жерде жатыр. Оны вертикаль қою үшін қанша жұмыс орындалуы керек?
10. 60 м биіктіктен еркін түсіп жатқан 0,5 кг массалы дененің жер бетінен 20 м биіктіктегі потенциалды және кинетикалық энергиясын тап.
11. Тас жоғарыға 20 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Қандай биіктікте тастың кинетикалық және потенциалды энергиясы өзара теңеседі?
12. Горизонталь бетте дене 100 Н күш әсерінде бір қалыпты қозғалып жатыр. Сыртқы күштің әсері тоқтағаннан кейін дене 2 м қашықтыққа сырғанап барып тоқтады. Үйкеліс күшінің жұмысын тап.
13. Егер бала 0,5 сағатта 180 кДж жұмыс орындаған болса, оның пайдалы қуатын тап.
14. Автомобильге қуаты 250 кВт двигатель орнатылған. Ол 1 сағатта 360 мДж пайдалы жұмыс орындады. Автомобильдің ПӘК тап.

## ЖАТТЫҒУЛАРДЫҢ ЖАУАПТАРЫ

**2-жаттығу.** 3.  $v = 1,5$  м/с. 4.  $v = 5$  м/с. 5.  $v = 80$  км/сағ. **3-жаттығу.** 1.  $s = 60$  м. 2.  $s = 30$  км. 3.  $t = 10$  мин. 4.  $t = 0,5$  сағ. **4-жаттығу.** 1.  $v_{\text{орт}} = 0,5$  м/с. 2.  $v_{\text{орт}} = 90$  км/сағ. 3.  $v = 1,5$  м/с. 4. Сағат  $7^{40}$ -та. **5-жаттығу.** 1.  $a = 2,5$  м/с<sup>2</sup>. 2.  $a_1 = 0,5$  м/с<sup>2</sup>;  $a_2 = -1,0$  м/с<sup>2</sup>. 3.  $a = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. 4.  $t = 30$  с. 5.  $t = 50$  с. **6-жаттығу.** 1.  $v = 12$  м/с. 2.  $v = 15$  м/с. 3.  $v = 24$  км/сағ;  $v_{\text{орт}} = 42$  км/сағ. 4.  $v_0 = 5$  м/с. **7-жаттығу.** 1.  $s = 15$  м. 2.  $s = 1,4$  км. **8-жаттығу.** 1.  $v = 60$  м/с;  $h = 180$  м. 2.  $t = 4$  с;  $h = 80$  м. 3.  $v = 45$  м/с;  $h = 45$  м. **9-жаттығу.** 1.  $v = 5$  м/с;  $h = 30$  м. 2.  $h = 45$  м;  $t = 6$  с. 3.  $v = -10$  м/с;  $h = 75$  м. **10-жаттығу.** 1.  $v_1 = 0,5$  м/с;  $v_2 = 1$  м/с;  $v_3 = 1,5$  м/с;  $\omega = 10$  рад/с. 2.  $v = 10$  м/с. 3.  $v = 0,05$  мм/с;  $\Delta\phi = 1$  рад;  $\omega \approx 0,0017$  рад/с. 5.  $v \approx 2,1$  см/с;  $\omega \approx 0,0021$  рад/с. **11-жаттығу.** 1.  $v \approx 0,21$  см/с;  $\omega \approx 0,21$  рад/с. 2.  $T = 0,05$  с;  $v = 20$  1/с;  $\omega = 125,6$  рад/с. 3.  $T \approx 0,19$  с;  $v \approx 5,3$  1/с;  $\omega \approx 33,3$  рад/с. 4.  $T = 0,25$  с;  $v = 6,28$  м/с;  $\omega = 25,12$  рад/с. 5.  $v \approx 465$  м/с;  $\omega \approx 7,3 \cdot 10^{-5}$  рад/с. **12-жаттығу.** 1.  $a = 100$  м/с<sup>2</sup>. 2.  $a \approx 1786$  м/с<sup>2</sup>. 3.  $a \approx 1893$  м/с<sup>2</sup>. 4.  $R = 57,6$  см. 5.  $T = 0,05$  с;  $v = 18,84$  м/с;  $\omega = 125,6$  рад/с;  $a \approx 2366$  м/с<sup>2</sup>. **13-жаттығу.** 1.  $a_1 = 0,1$  м/с<sup>2</sup>;  $a_2 = 0,2$  м/с<sup>2</sup>;  $a_3 = 0,3$  м/с<sup>2</sup>. 2.  $a_1 = 0,1$  м/с<sup>2</sup>;  $a_2 = 0,05$  м/с<sup>2</sup>;  $a_3 \approx 0,033$  м/с<sup>2</sup>. 3.  $F = 0,5$  Н. 4.  $m = 0,5$  кг. **14-жаттығу.** 2.  $F_2 = F_1 = 40$  Н;  $a_1 = 0,8$  м/с<sup>2</sup>;  $a_2 \approx 0,7$  м/с<sup>2</sup>;  $v_1 > v_2$ . 3.  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>;  $m = 40$  кг. 4.  $F = 20$  Н. **15-жаттығу.** 1.  $v = 7,85$  м/с;  $F \approx 4,9$  Н. 2. А.  $v = 7,85$  м/с;  $F \approx 9,8$  Н. Ә.  $v = 15,7$  м/с;  $F \approx 9,8$  Н. Б.  $v = 3,925$  м/с;  $F \approx 1,2$  Н. 3.  $m = 200$  кг;  $a = 12,5$  м/с<sup>2</sup>. **16-жаттығу.** 1.  $k = 80$  Н/м. 2.  $\Delta l = 2$  см. 3.  $F_T = 40$  Н. 4.  $\Delta l = 1$  см. 5.  $k = 4 \cdot 10^5$  Н/м. 6.  $k_2 = 200$  Н/м. **17-жаттығу.** 1.  $F \approx 2 \cdot 10^{20}$  Н. 2.  $F \approx 1,7 \cdot 10^{-7}$  Н. 3.  $F \approx 6,7 \cdot 10^{-3}$  Н. **18-жаттығу.** 1.  $F = F_{\text{ауыр}} = 2$  кН. 3.  $m = 2$  т. **19-жаттығу.** 1.  $P = 0,5$  Н. 2.  $P = 0,8$  Н. 3.  $P = F_{\text{эл}} = 2$  Н. **20-жаттығу.** 1.  $P = 6$  Н. 2.  $a = 3$  м/с<sup>2</sup>. 3.  $P = 2$  Н. 4.  $P = 0$ . **21-жаттығу.** 1.  $h = 45$  м;  $s = 24$  м. 2.  $t = 5$  с;  $h = 125$  м. 3.  $v_{\text{үй}}/v_{\text{а}} = 355,5$ ;  $v_{\text{үй}}/v_{\text{сыр}} = 31,6$ . **22-жаттығу.** 1.  $F_{\text{үй(с)}} = 20$  Н. 2.  $F = 12$  Н. 3.  $F_{\text{үй(д)}} = 0,06$  Н. 4.  $F_{\text{үй(сыр)}} = 3,6$  Н;  $F_{\text{үй(сыр)}}/F_{\text{үй(д)}} = 60$ . **23-жаттығу.** 1.  $I_1 = 20$  Н · с,  $I_2 = 1$  Н · с. 2.  $p_1 = 0,1$  кг · м/с;  $p_2 = 1$  кг · м/с;  $p_3 = 6$  кг · м/с. 3.  $I = 10$  Н · с. 4.  $I = 0,03$  Н · с. **24-жаттығу.** 1.  $m_2 = 30$  т. 2.  $v'_1 = v'_2 = 4,5$  м/с. 3.  $v'_2 = 4$  м/с. **25-жаттығу.** 1.  $A = 2$  кДж. 2.  $A_1 = 72$  кДж;  $A_2 = 96$  кДж;  $A_3 = 120$  кДж;  $A = 288$  кДж. 3.  $F = 120$  кН. **26-жаттығу.** 1.  $E_{\text{к}} = 12,5$  Дж. 2.  $A = 240$  кДж. 3.  $A = 15$  кДж. 4.  $A = -120$  МДж. 5.  $m = 1350$  кг. **27-жаттығу.** 1.  $E_{\text{п}} = 80$  кДж. 2.  $E_{\text{п1}} = 100$  Дж;  $E_{\text{п2}} = 240$  Дж;  $A = -140$  Дж. 3.  $A = 9,6$  кДж. **28-жаттығу.** 1.  $E_{\text{к1}} = 90$  Дж;  $E_{\text{п1}} = 160$  Дж;  $E_{\text{к2}} = 250$  Дж;  $E_{\text{п2}} = 0$ . 2.  $E_{\text{к1}} = 5$  Дж;  $E_{\text{п1}} = 40$  Дж;  $E_{\text{п2}} = 45$  Дж. 3.  $E_{\text{п1}} = 18$  кДж;  $E_{\text{к1}} = 0$ ;  $m = 300$  кг. **29-жаттығу.** 1.  $E_{\text{п}} = 90$  Дж. 2.  $h = 40$  м. 3.  $E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = 2,5$  Дж;  $k = 500$  Н/м. **30-жаттығу.** 1.  $N = 100$  Вт. 2.  $N = 24$  Вт. 3.  $N = 1$  кВт. 4.  $F = 7,2$  кН. **31-жаттығу.** 1.  $\eta = 40\%$ . 2.  $t = 1$  мин 40 с. 3.  $F = 7$  кН. 4.  $\eta = 20\%$ .

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе .....	3
<b>КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ .....</b>	<b>7</b>
<b>I тарау. Қозғалыс туралы жалпы мәліметтер</b>	
§ 1. Денелердің қозғалысы.....	8
§ 2. Материя және уақыт .....	11
§ 3. Кинетиканың негізгі ұғымдары .....	14
§ 4. Вектор шамалар және оларға амалдар қолдану .....	17
I тарау бойынша қорытындылар .....	23
I тарауға қатысты қосымша сұрақтар мен тапсырмалар .....	24
<b>II тарау. Түзу сызықты қозғалыс</b>	
§ 5. Түзу сызықты тегіс қозғалыс туралы түсінік.....	25
§ 6. Түзу сызықты тегіс қозғалыс жылдамдығы.....	27
§ 7. Түзу сызықты тегіс қозғалыстың графиктік бейнесі .....	30
§ 8. Бір қалыпсыз қозғалыста жылдамдық.....	33
§ 9. Бір қалыпты өзгертін қозғалыста үдеу.....	36
§ 10. Бір қалыпты өзгертін қозғалыс жылдамдығы.....	39
§ 11. Бір қалыпты өзгертін қозғалыста басып өтілген жол.....	43
§ 12. Бір қалыпты үдемелі қозғалатын дененің үдеуін анықтау (1-зертханалық жұмыс) .....	46
§ 13. Денелердің еркін түсуі.....	47
§ 14. Жоғарыға тік лақтырылған дененің қозғалысы.....	49
II тарау бойынша қорытындылар .....	51
II тарауға қатысты қосымша жаттығулар .....	52
<b>III тарау. Айналмалы тегіс қозғалыс</b>	
§ 15. Дененің айналмалы тегіс қозғалысы.....	54
§ 16. Айналмалы қозғалысты сипаттайтын шамалар арасындағы қатынастар....	57
§ 17. Центрге тартқыш үдеу .....	60
III тарау бойынша қорытындылар .....	63
III тарауға қатысты қосымша жаттығулар .....	63
<b>ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ .....</b>	<b>65</b>
<b>IV тарау. Қозғалыс заңдары</b>	
§ 18. Ньютонның бірінші заңы — инерция заңы .....	66
§ 19. Денелердің өзара әсері. Күш .....	68
§ 20. Дене массасы .....	70
§ 21. Ньютонның екінші заңы .....	73

§ 22. Ньютонның үшінші заңы .....	77
§ 23. Қозғалыс заңдарының айналмалы қозғалысқа қолданылуы .....	80
IV тарау бойынша қорытындылар .....	83
IV тарауға қатысты қосымша жаттығулар .....	84

### **V тарау. Сыртқы күштердің әсерімен денелердің қозғалуы**

§ 24. Эластикалық күш .....	86
§ 25. Серіппенің қатаңдығын анықтау (2-зертханалық жұмыс) .....	89
§ 26. Бүкіл әлем тартылыс заңы .....	90
§ 27. Ауырлық күші .....	93
§ 28. Дененің салмағы .....	95
§ 29. Асқын салмақ және салмақсыздық .....	98
§ 30. Жердің тарту күшінің әсерімен денелердің қозғалуы .....	101
§ 31. Жердің жасанды серіктері .....	104
§ 32. Үйкеліс күші. Тыныш күйдегі үйкеліс .....	107
§ 33. Сырғанау үйкелісі. Домалау үйкелісі .....	110
§ 34. Сырғанау үйкелісінің коэффициентін анықтау (3-зертханалық жұмыс) .....	113
§ 35. Табиғатта және техникада үйкеліс.....	114
V тарау бойынша қорытындылар .....	117
V тарауға қатысты қосымша жаттығулар .....	118

<b>САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ</b> .....	120
------------------------------	-----

### **VI тарау. Импульстың сақталу заңы**

§ 36. Импульс .....	121
§ 37. Импульстың сақталу заңы .....	125
§ 38. Реактивті қозғалыс .....	128
VI тарау бойынша қорытындылар .....	132
VI тарауға қатысты қосымша жаттығулар .....	133

### **VII тарау. Жұмыс және энергия. Энергияның сақталу заңы**

§ 39. Механикалық жұмыс .....	134
§ 40. Кинетикалық энергия .....	137
§ 41. Потенциалдық энергия .....	140
§ 42. Потенциалдық және кинетикалық энергиялардың айналуы .....	142
§ 43. Механикалық энергияның сақталу заңы .....	145
§ 44. Энергияның сақталу заңын үйрену (4-зертханалық жұмыс) .....	147
§ 45. Қуат .....	149
§ 46. Табиғатта энергияның сақталуы. Пайдалы жұмыс коэффициенті .....	151
VII тарау бойынша қорытындылар .....	154
VII тарауға қатысты қосымша жаттығулар .....	155
Жаттығулардың жауаптары .....	156

УЎК: 53=512.122  
22.3  
X12

**Хабибуллаев, Полат Қырғызбаевич.**

Физика: Механика: 7-сынып / П.К.Хабибуллаев, А.Байдедаев, А.Д.Бахрамов; жауапты ред. С. Орифжонов. — Тузетілген және толықтырылған үшінші басылымы. — Ташкент: «O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Мемлекеттік ғылыми баспасы, 2013. — 160 б.

**КБК 22.3я72**

*Оқу басылымы*

HABIBULLAYEV PO‘LAT QIRG‘IZBOYEVICH

BOYDEDAYEV AHMADJON

BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH

## **F I Z I K A**

Umumiy o‘rta ta‘lim maktablarining  
7-sinfi uchun darslik  
(Qozoq tilida)  
*Qayta ishlangan uchinchi nashr*

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»  
Davlat ilmiy nashriyoti  
Toshkent—2013

Аударған Қ. Нұрбаева  
Редактор Н. Тұяқов

Компьютерде беттегендер: А. Якубжанов, Н. Тұяқов

2013 жылғы 08.07.де басуға рұқсат етілді. Пішімі 70x90 1/16.  
«Times» гарнитурасы, кеглі 11. Офсеттік басылым. Шартты баспа табағы 11,7.  
Есепті баспа табағы 9,27. Таралымы 4919. Тапсырыс № 13—129.

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Мемлекеттік ғылыми баспасы.  
100129, Ташкент қ., Науаи көшесі, 30.

Өзбекстан баспасөз және ақпарат агенттігінің «O‘zbekiston»  
баспа-полиграфия шығармашылық үйінің баспаханасында басылды.  
Ташкент — 129, Науаи көшесі, 30-үй.

Жалға берілген оқулық жағдайын көрсететін табица

Р/с	Оқушының аты, жөні	Оқу жылы	Оқулықтың алынғандағы жағдайы	Сынып жетекшісінің қолы	Оқулықты тапсырғандағы жағдайы	Сынып жетекшісінің қолы
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Оқулық жалға берілгенде және оқу жылы соңында қайтарып алынғанда жоғарыдағы табица сынып жетекшісінің қолымен төмендегі бағалау критерийлеріне негізделіп толтырылады

Жаңа	Оқулықтың пайдалануға алғаш берілгендегі ахуалы.
Жақсы	Мұқаба бүтін, оқулықтың негізгі бөлігінен ажыралмаған. Барлық беті түгел, өшірілмеген, жазу, сызық жоқ.
Қанағаттанарлы	Мұқаба езілген, біршама сызылып, беттері жемірілген, оқулықтың негізгі бөлігінен ажырауға жақын. Пайдаланушы біршама түптеп жыртылған беттерін желімдеген, кей беттері сызылған.
Қанағаттанарсыз	Мұқаба сызылған, жыртылған, негізгі бөлігінен ажыралған немесе бүтіндей жоқ. Қанағаттанарлықсыз түптелген. Беттері жыртылған, парақтары жетпейді, сызып, бояп тасталған, оқулықты қайта түптеу мүмкін емес.