

ФИЗИКА

Жалпы орта білім беретін мектептердің
7-сыныбына арналған оқулық

МЕХАНИКА

Өзбекстан Республикасы Халыққа білім
беру министрлігі бекіткен

Түзетілген және толықтырылған
төртінші басылымы

“O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi”

Мемлекеттік ғылыми баспасы

Ташкент – 2017

УДК: 53=512.122(075.3)

КБК 22.3я72

Ф-49

Авторлар:

П. ХАБИБУЛЛАЕВ, А. БАЙДЕДАЕВ,
А. БАХРАМОВ, С. БУРХОНОВ

Жауапты редакторлар:

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

Ш. Усмонов – физика-математика ғылымдарының докторы,
ӨзР ҒА Физика-техника институтының аға ғылыми қызметкері.

Пікір жазғандар:

Б. Нуруллаев – Низами атындағы ТМПУ-дың кафедра меңгерушісі;

Б. Ибрагимов – Низами атындағы ТМПУ-дың кафедра доценті;

З. Сангирова – РБО Бас әдіскері;

Н. Буранова – Ташкент қаласындағы №178 мектептің физика оқытушысы;

М. Рахмонова – Ташкент қаласындағы №200 мектептің физика оқытушысы;

Е. Жуманазаров – Ташкент қаласындағы №8 мектептің физика оқытушысы;

А. Рустамов – Ферғана облысындағы № 54-мектептің физика оқытушысы;

Б. Рахматуллаев – Ташкент қаласындағы № 307 мектептің физика оқытушысы;

Д. Бекпулатов – Самарқанд қаласы, Ақдария ауданындағы №18 мектептің физика оқытушысы.

Шартты белгілер:



– анықтамалар мен қорытындыларды жатта;



– формуланы есте сақта;



– тірек ұғымдар;



– үйге тапсырма;



– жаттығудың реттік нөмірі.

Республикалық мақсатты кітап қорының қаржысы есебінен
басылды.

© **Хабибуллаев П, тағы басқалар**, 2005, 2017.

© «O'zbekiston milliy ensiklopediyasi»

Мемлекеттік ғылыми баспасы, 2005, 2017.

ISBN 978-9943-07-492-7

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.

Эрамыздан бұрынғы V ғасырда Афина армиясы дуал тесетін машиналар – тарандар, тас лақтыратын қондырғылар (катапульты)ды қолданған.

Уақыт өтуімен адамдар оданда 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).

Өртүрлі құрылғы мен машиналарды пайдалану мен жаңасын жаратуға деген сұраныстың артуы олар туралы білімдерді топтастыру және бір жүйеге келтіру қажеттілігін туындатты. Сөйтіп, “Механика” ғылымы қалыптасты.



1-сурет. Заман өзгеруімен жетілдіріліп барылған механикалық құрылғылар



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

Механика бөлімінде материяның ең қарапайым көріністегі қозғалысы – механикалық қозғалысты үйренеміз. Дененің механикалық қозғалысын талдау үшін уақыт өтуімен кеңістікте бұл қозғалысты сипаттайтын шамалар туралы мәліметтерге ие боламыз.



Механиканың негізгі міндеті денелердің әрекет жылдамдығын дене массасы мен оған әсер ететін күштерге байланыстылығын, сондай-ақ қалаған уақыттағы жағдайды анықтаудан құралған.

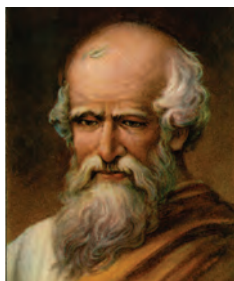
Осы негізгі міндетті атқару үшін дене қалай қозғалатынын және осы қозғалыс барысында дененің кеңістіктегі жағдайы уақыт өтуімен қандай өзгеретінін анық және қысқа көріністе бейнелеу қажет болады. Қазірде «Механика» құрылғы мен машиналарды жаратуды ғана емес, денелердің өзара әсерін және әсер нәтижесінде олардың әрекетінің өзгеруін де үйренеді.

Механика тарихынан мағлұматтар



Аристотель

Грек ғалымы **Аристотель** (э.д. 384–322) “Физика” кітабында алғаш рет 2300 жыл бұрын “механика” деген сөзді қолданды әрі ғылымға енгізді. Аристотель өз кітабында Жер әлемнің орталығында болып, оның айналасында Күн мен Ай айналады, деп ойлайды және жоғарыға лақтырылған денелердің жерге түсуі, рычаг, тағы басқа да механизмдердің жұмыс істеуі туралы мәліметтер келтіреді. Аристотельдің денелер әрекеті туралы пікірі сол кезең үшін озық ілім еді.



Архимед

Тағы бір грек ғалымы **Архимед** (э.д. 287–212) алғашқылардың біреуі болып механикалық құбылыстарды талдау үшін математиканы қолданды. Ол математикалық есеп-қисаптар арқылы рычагтың жұмыс істеу қағидатын, денелердің жүзу шарттын сипаттап берді. Математикалық амалдардың физикалық үдерістерде қолданылуы физиканың ғылым ретінде қалыптасуына негіз болды және оның дамуында үлкен маңызға ие болды.

Механикалық қозғалыс туралы Әбу Райхан Беруни және Әбу Али ибн Синаның ілімдері

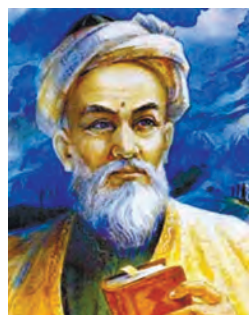
Орта ғасырларда Орталық Азияда механиканың дамуында жаңа басқыш басталды. Бұл кездегі механиканың дамуына отандастарымыз үлкен үлес қосты. Хорезмнің ежелгі астанасы Кат қаласында (қазіргі Беруни ауданында) туылған Әбу Райхан Беруни (973–1048) Жердің тартылыс күшін, денелердің еркін түсуі, ауырлық, жай 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 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.



Әбу Райхан Беруни

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, айналмалы қозғалыс, центрге тартылу күші, сызықты жылдамдық, атмосфералық қысым туралы бағалы мағлұматтар қалдырған.



Әбу Али ибн
Сина

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 әртүрлі болатынын айтып берген. Ол былай деген: “Екі шар ал. Олардың бірліктері әртүрлі, себеп бірдей болғанда салдары әртүрлі болады. Үлкен шар екіншісінен неше есе үлкен болса, салдары сонша есе кіші болады”. Мұнда Ибн Сина “себеп” деп қазіргі заманғы “күш” ұғымын, “салдар” деп “жылдамдықты” айтқан.

Бұл арадан жеті ғасыр өткенде ағылшын ғалымы Исаак Ньютон (1643–1727) жариялаған механиканың екінші заңы атымен аталған заңның сөзбен жазылған дәлелі еді.

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”.

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.

Классикалық механиканың қалыптасу үдерісі қоғамның рухани жоғарылауына, адамзат дамуына үлкен үлес қосты. Ең алғаш ашылған физикалық заңдар да механикаға қатысты болып, әлем туралы ең бірінші физикалық білімдер де әлемнің механикалық сипатталуы болған. Механиканың дамуы нәтижесінде ғылыми ойлаудың жаңа тәсілі пайда болды, микро және макроәлем сырлары шешіліп, космосты табысты игеру басталды.



1. Механиканың дамуына үлес қосқан Орталық Азия ғұламаларының еңбегі жайлы әңгімеле.
2. Механиканың дамуына үлес қосқан тағы қандай ғалымдарды білесің?
3. Не үшін физика ғылымы техниканың негізі деп айтылады? Жауабыңды мысалдармен түсіндір.

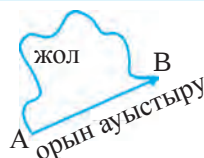
КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ

Механика үш: кинематика, динамика және статика бөлімдерінен құралған.

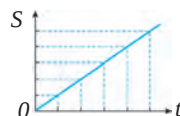
Физиканың механика бөлімін үйренуді кинематика негіздерінен бастаймыз. Кинематика механиканың денелер қозғалысын олардың массалары мен әсер ететін күштерді есепке алмай үйренетін бөлімі. “Кинематика” грекше *kinematos*, яғни қозғалыс дегені. Соң механиканың денелер қозғалысында олардың массасының және өзара әсерінің байланыстылығын үйренетін бөлім — динамикамен танысамыз. Денені қозғалысқа келтіру үшін оған белгілі бір күштер әсер етуі керек. Бұл күштердің қозғалыс заңдылықтарымен векторлық шамалар тақырыбында танысамыз. Ал статикада әсер ететін күштердің қосылу заңдылықтары мен денелердің тепе-теңдікте болу шарттары үйреніледі.

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.

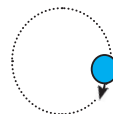
I тарау МЕХАНИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫС ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МАҒЛҰМАТТАР



II тарау ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ ҚОЗҒАЛЫС



III тарау АЙНАЛМАЛЫ БІР ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫС





I тарау МЕХАНИКАЛЫҚ 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 11 м/с жылдамдықпен қозғалады. Демек, дененің қозғалысын оқығанда оның қозғалысы неге салыстырмалы қаралып жатқаны өте маңызды.



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.



3-сурет. Платформа үстіндегі адамның қозғалысы салыстырмалы болады

Санақ жүйесі



4-сурет. Автомобиль қозғалысын екі өлшемді координатада көрсету

Дененің механикалық қозғалысы туралы толық мәлімет беру керек болсын. Мысалы, автомобильдің қаланың А пунктiнен В пунктiне баруын талдап көрейiк. Оның жазықтықтағы қозғалысын көрсету үшін төмендегi тәсiлдi пайдалануымыз мүмкiн. Қаланың картасын алып, онда қозғалыс басталған А пункт, яғни санақ денесiн табамыз (4-сурет). Осы нүктеден өтетiн Батыстан Шығысқа және Оңтүстіктен Солтүстікке бағытталған екі масштабi көрсетiлген ось өткіземiз. Осылай екі өлшемді координаталар жүйесiн пайда етеміз. Автомобиль жүрген көшелердің бойымен сызық өткізсек, автомобильдің координаталардың басымен салыстырғанда қозғалыс жолы сызбасын бейнелеген боламыз. Ендi қозғалыс барысында автомобильдің координаталардың басымен салыстырғанда қай жерде және қай кезде болғаны анық көрсетiлсе, қозғалыс туралы толыққанды мәлімет берiлген болады.

Егер ұшып бара жатқан ракетаның координаталарын бейнелейтiн болсақ, оның биіктік бойынша қозғалысы туралы мәліметтерді де көрсетуіміз керек. Ол үшін жазықтықтағы координаталар жүйесінде жоғарыға бағытталған және координатаның басынан өтетiн перпендикуляр ось өткіземiз. Нәтижеде үш өлшемді координаталар жүйесi пайда болады.

Ракетаның қозғалысын толық бейнелеу үшін үш параметр көрсетiледі:

- 1) санақ денесі (бұл мысалда Жер шары алынды);
- 2) координаталар жүйесі (координата орталығы Жер шарындағы ракета ұшқан орындағы нүктеге орналастырылады);
- 3) уақыт санағы (ракета ұшу траекториясының белгілі бір нүктесінде қайсы уақыт болғаны).



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

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. Грек ғалымы Птоломей Күн Жерді айналады, деп санаған. Польшалық ғалым Коперник Жер Күнді айналады, деген пікірді алға тартқан. Сенің ойыңша қайсы ғалымның пікірі дұрыс? Өз пікіріңді негіздеп бер.
2. Біркелкі беріктікке ие, пісірілген бір түрлі екі жұмыртқаны аламыз. Олардың біркелкі жағын бір-біріне туырлап, біріншісін тыныш жағдайда ұстап тұрамыз және екіншісімен біріншісіне соққы береміз. Сенің ойыңша мұнда тыныш тұрған жұмыртқа сына ма, әлде соққы берген жұмыртқа ма?

§ 2. КЕҢІСТІК ЖӘНЕ УАҚЫТ

Кеңістіктің шекарасыздығы

Әлемде бар болған барлық нәрсе кеңістікте орналасқан. Кеңістікті иелемеген және кеңістіктен тыс ешбір объект жоқ және болуы да мүмкін емес. Кеңістік шексіз және шекарасыз. Кеңістік туралы көзқарастарымызды тек математикалық көріністе – сандар арқылы бейнелей аламыз. Демек, аспан денелерінің арасында одан әрі алыста орналасқан басқа да денелер бар.

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 Сентавр сәулесі 4 жылда жетіп келеді. Сол жұлдызға дейінгі қашықтық s -ті есептеп көрейік:

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

Ойша көз алдымызға келтірейік. Сағатына 1000 км жылдамдықта ұшатын самолетте Жерден сол жұлдызға баруымыз қажет болсын. Есептеулер мынаны көрсетеді, ол үшін 4300 жылдан көбірек уақыт барысында күні-түні тоқтамай ұшуымыз керек болады.

Бізге көрінетін жұлдыздардың артында тағы да сансыз жұлдыздар бар. Кеңістікте біріне-бірі байланысты түрде қозғалатын жұлдыздар жүйесі галактиканы құрайды. Біз ең күшті аспаптарды пайдаланғанымызға қарамай, кеңістіктің шағын бір бөлігін ғана бақылай алуымыз себепті, галактиканың нақты санын анықтау қиын. Ғалымдардың есеп-қисабына қарағанда, Күн жүйесі орналасқан біздің галактикамызда 200-ден 400 миллиардқа дейінгі жұлдыздың бар екені болжанған. Жарық жылдамдығымен қозғалса, галактикамыздың бір шетінен екінші шетіне дейін бару үшін 100 мың жыл керек болады. Шексіз кеңістікте 100-ден 200 миллиардқа дейінгі галактикалар бар болып, әрбір галактикада жүз миллиардтаған жұлдыз бар деп саналуда. Ең алыста табылған галактиканың жіберген нұры бізге дерлік 10 миллиард жылдан кейін жетіп келеді. Кеңістіктің қаншалықты кеңдігін ойша көз алдыға келтіріп көр. Демек кеңістік шексіз.

Кеңістікті үш өлшемді координаталарда бейнелеу



5-сурет. Түзу сызықты қозғалысты бір өлшемді координатада бейнелеу



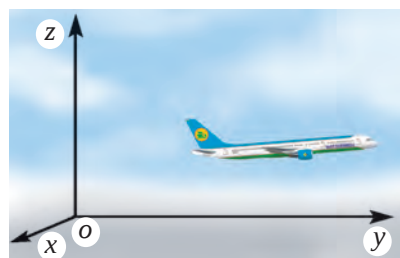
6-сурет. Жазықтықтағы қозғалысты екі өлшемді координатада бейнелеу

Тегіс тура жолда келе жатқан автомобиль қозғалысын сызбада бейнелеу үшін масштабы көрсетілген бір түзу сызық жеткілікті (5-сурет). Теміржолдың түзу сызықты бөлігіндегі пойыздың қозғалысын бейнелеуде де бір өлшемді координата керек. Мұнда қозғалып жатқан дене оңға немесе солға, сондай-ақ жоғарыға немесе төменге қозғалмай жатқаны үшін қосымша координата өлшеміне қажеттілік жоқ. Оның қозғалысын бір өлшемді координатада бейнелеу жеткілікті.

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).



7-сурет. Самолет қозғалысын үш өлшемді координатада бейнелеу

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.

Уақытты бір өлшемді координаталарда бейнелеу

Әрқандай үдеріс, оқиға, құбылыс белгілі бер мекенде (кеңістікте) және заманда (уақытта) болады. Дене қозғалады, яғни өз жағдайын тек кеңістікте ғана емес, тіпті уақыт бойынша да өзгертеді. Уақытты өлшеу үшін қайталанып тұратын



8-сурет. Уақытты бір өлшемді координатада бейнелеу

оқиғаның қайталану жалғастылығын пайдаланады. Мысалы, Жердің өз осі айналасында Күнмен салыстырғанда бір рет айналу уақытын 24 сағат немесе Жердің Күнді бір рет айналу уақытын бір жыл деп алуға келісілген. Бір жыл 31 556 926 секундқа тең. Қазірде уақытты үлкен дәлдікпен өлшейтін кварц және молекулярлы сағаттар пайдаланылады. Олар уақытты секундтың триллионнан бір бөлігіне дейін дәлдікпен өлшейді. Уақыт өзі бір өлшемді координаталарда бейнеленіп, ол өткеннен болашаққа қарай өсіп баратын шама ретінде қаралады (8-сурет).

Денелердің қозғалысын кеңістік пен уақыттан тыста көз алдымызға келтіре алмаймыз. Сондықтан да денелердің бар екендігі және олардың қозғалысы кеңістікте және уақыт барысында болады, деп қаралады.



Уақыт оқиғалардың үздіксіз өзгеру тәртібін және үдерістердің жалғастылығын бейнелейтін шама. Уақыт халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) секундтарда өлшенеді.

Бізді, негізінен, дененің кеңістіктегі жағдайының уақытқа байланыстылығы қызықтырады.



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



1. Ойша көз алдымызға келтіре отырып, 99-беттегі мәліметтерді пайдаланып, самолётте Жерден Айға және Күнге бару үшін қанша ұшу керек екенін есепте.

§ 3. КИНЕМАТИКАНЫҢ НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАРЫ



Механиканың дене қозғалысын оның массасын және оны қозғалысқа келтіретін себептерді есепке алмай отырып үйренілетін бөлімі кинематика деп аталады.

Кинематиканың негізгі міндеті денелердің кез келген уақыттағы координаталарын анықтаудан құралған. Дене координаталарының уақытқа байланыстылығы туралы мәліметтер түрлі көріністе: мысалы, графика, кесте немесе формула түрінде берілуі, сондай-ақ сөзбен бейнеленуі мүмкін. Бұл мәліметтерді біле отырып осы дененің кез келген уақытта кеңістіктегі орнын дәл айтуға болады. Ол үшін бірқатар жаңа ұғымдармен танысып алуымыз керек.

Материялық нүкте

Алыста келе жатқан автомобильдің формасы анық көрінбейді, ол өте кішкене, тіпті нүкте болып көрінуі мүмкін. Кішкене құмырсқаны микроскоп арқылы бақыласақ, ол алып жыртқыш сияқты болып көрінеді. Денелердің қозғалысын үйренуде бірнеше ықшамдаулар қолданылады. Олардың біреуі қозғалыстағы дененің өлшемдерін есептемей, оны қарастырылып жатқан үдеріс немесе сызбаларда материялық нүкте деп алуымыз.



Белгілі бір жағдайда өлшем мен форманы есепке алмаса да болатын дене материялық нүкте деп аталады.

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. 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.

Кітапты сумкадан алып столға қою үдерісін суретте бейнелеуде кітапты қайсы жағымен қойғанымызды көрсете аламыз. Бірақ мектепке әкетіліп жатқан кітап сызбада өте кішкене нүкте ретінде бейнеленеді. Осы жағдайда оны материялық нүкте деп алуға болады.

Материялық нүкте ұғымы қозғалыстағы дене өлшемі жүріп өтілген қашықтықпен салыстырғанда өте кішкене болған жағдайда ғана емес, тіпті талданып жатқан дене өлшемі онымен салыстырмалы түрде қарастырылып жатқан басқа бір денеге дейін болған қашықтықпен салыстырғанда өте кішкене болғанда да пайдаланылады. 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.



9-сурет. Метеор дененің қозғалыс траекториясы



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.



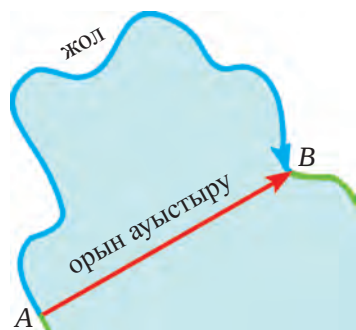
Дененің қозғалыс траекториясы бойымен жүріп өткен қашықтық жол деп аталады және s әрпімен белгіленеді.

Жолдың, жалпы ұзындықтың өлшеу бірлігі ретінде метр қабылданған. Оның үлгісі – эталоны етіп Париждегі Халықаралық Өлшеулер Бюросында сақталатын платина-иридийден жасалған стержень ұзындығы алынған.

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.



10-сурет. Жол және орын ауыстыру

Дене А нүктеден В нүктеге дейінгі қозғалысында қисық сызықты траектория бойымен 100 м жол жүруі мүмкін (10-сурет). Бірақ А нүктеден В 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).

Ташкенттен Әндіжанға дейінгі орын ауыстыру 245 км екенін 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.

Механикалық қозғалыс



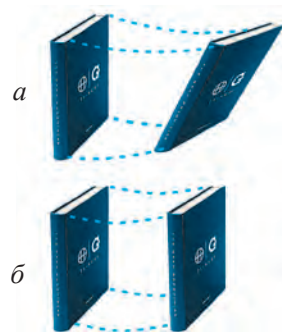
11-сурет. «Матиздағы» үдемелі және айналмалы қозғалыс бағыты

Ықшамдау мақсатында денелер қозғалысы үш түрге бөлініп үйреніледі: үдемелі, айналмалы және тербелісті. Автомашинаның корпусы үдемелі қозғалса, дөңгелектері айналмалы қозғалады (11-сурет). Мотордағы поршеньдері тербелісті қозғалады, деуге болады.

Үдемелі қозғалыс

Егер дене үдемелі қозғалса, оның қозғалысын бейнелеу үшін дененің бір нүктесі қозғалысты бейнелеу үшін жеткілікті. Мысалы, стол үстіндегі кітап та бір жерден екінші жерге әртүрлі орын ауыстыруы мүмкін (12-сурет). Кітаптың қыры бірінші жағдайда әртүрлі 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.

Велосипед немесе моторлы қайықтағы адам үдемелі қозғалыс жасайды. Бірақ велосипедтің дөңгелегі мен мотордың қанатшалары бұған мысал бола алмайды.



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



Қозғалыс барысында дененің барлық нүктелері түрлі орын ауыстырса, мұндай қозғалыс үдемелі қозғалыс деп аталады.

Үдемелі қозғалыс жасап жатқан дененің кез келген екі нүктесінен өткізілген әрқандай сызық өз-өзіне параллель түрде орын ауыстырады.

Жоғарыға көтеріліп жатқан лифт, ұшып келе жатқан самолёт пен ракета үдемелі қозғалады.

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.



13-сурет. Шығыр себетінің үдемелі қозғалысы

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. Үдемелі қозғалыс тура сызықты және қисық сызықты болуы мүмкін.

Денелер қозғалысын үш түрге: үдемелі, айналмалы және тербелісті қозғалыстарға бөлу шартты болып, бұл қозғалыстарды талдауды оңайлатады және математикалық көріністе бейнелеу мүмкіндігін береді.



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



1. Бір денені бақыланып жатқан түрлі үдерістердің бірінде материялық нүкте деп алу мүмкін болған, ал екіншісінде мүмкін болмаған жағдайларға бір-неше мысалдар жаз.
2. Үйіңнен мектепке дейінгі жүру траекториясы мен орын ауыстыруды сызда да сызып, олардың арасындағы қашықтықтардың айырмашылығын шамала.

§ 4. СКАЛЯР ЖӘНЕ ВЕКТОРЛЫҚ ШАМАЛАР МЕН 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 көбейтеді немесе бөледі:

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

Түзу сызық бойынша қозғалыстағы дене қай жерден қозғалысты бастады, қай жаққа қозғалды және басып өткен жолдың шамасын білу осы дененің қозғалыс соңындағы жағдайын анықтау үшін жеткілікті.

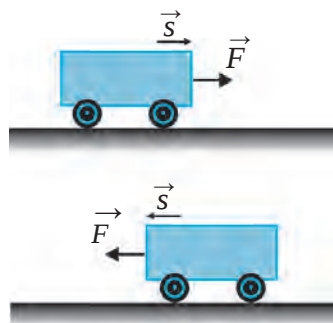
Векторлық шамалар

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.

Стол үстінде тұрған арбаға белгілі бір 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). Егер күш арбаға жоғарыдан төменге қарай әсер етсе, арба қозғалмайды.

Күш, жылдамдық, орын ауыстыру сияқты физикалық шамалар – векторлық шамалар. Сондықтан бұл шамаларды үйренуде сан мәндерінен басқа, олардың бағытын да білу қажет



14-сурет. Қозғалыс бағытының күш бағытына байланыстылығы



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), $-\vec{v}$ (жылдамдық), $-\vec{F}$ (күш). Кесіндінің ұзындығы векторлық шамалардың сан мәнін өрнектейді. Олардың сан мәні төмендегідей өрнектеледі:

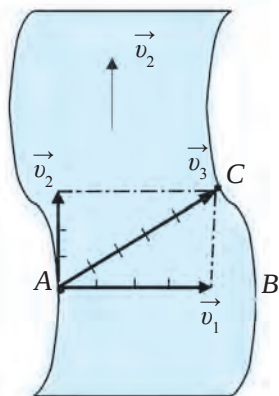
$$|\vec{F}| = 2 \text{ Н}, |\vec{v}| = 10 \text{ м/с}, |\vec{s}| = 5 \text{ м} \\ \text{немесе } F = 2 \text{ Н}, v = 10 \text{ м/с}, s = 5 \text{ м}.$$

Векторлық шама сызда ұзындығы сан мәніне тең бағыттағы кесінді түрінде өрнектеледі.

Векторлық шамаларды қосу және азайту

Анхордың A нүктесінен B нүктесіне қарай v_1 жылдамдықта жүзіп өтпекші болған жүзушінің әрекетін қарастырайық (15-сурет). Жүзуші B нүктеге қарай жүзде, бірақ v_2 жылдамдықтағы өзен ағысының әсерімен және арғы жағалаудың C нүктесіне барып қалады. Жүзуші A -дан B -ға жетіп алу үшін жұмсаған t уақытта өзен суы B -дан C -ға дейін болған қашықтықты басып өтеді. Жүзуші өзінің $\vec{v}_1$, жылдамдығына судың $\vec{v}_2$ жылдамдығы қосылуының нәтижесі болған $\vec{v}_3$, жылдамдықта өзенді жүзіп өтеді. Вектор көрінісінде мұны төмендегідей өрнектеуге болады:

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{v}_3.$$



15-сурет. Жүзуші өзеннен өтуінің векторлық бейнесі

Векторлық шамаларға амалдар қарапайым сандар үстіндегі амалдар сияқты орындалмайды. Мысалы, AB кесінді 4 м, BC кесінді 3 м болса, бұл векторлардың қосындысы $4\text{ м} + 3\text{ м} = 7\text{ м}$ емес, 5 м-ға тең болады.

16-суреттегі A нүктеден су бассейнін айналып, B және C нүктелері арқылы D нүктеге бару жолын сызбада өрнектеп көрейік. AB векторға BC вектор қосылғанда AC векторы пайда болды:

$$\vec{AB} + \vec{BC} = \vec{AC}.$$

AB және BC вектор бойынша жүрілгенде пайда болған қосынды AC вектор A нүктеден C нүктеге орын ауыстыруын көрсетеді.

AC векторға CD вектор қосылғанда AD вектор пайда болады:

$$\vec{AC} + \vec{CD} = \vec{AD}.$$

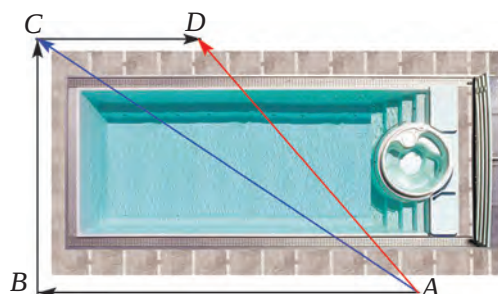
A нүктеден B және C арқылы D нүктесіне бару үшін көп қашықтық басып өтілді, орын ауыстыру тек қана A нүктеден D нүктесіне дейін болды:

$$\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} = \vec{AD}.$$

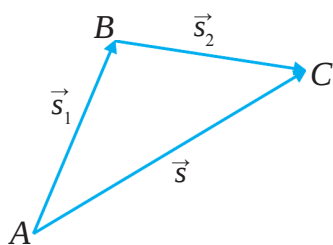
Демек, векторлық шаманың саны ғана емес, бағыты да үлкен маңызға ие екен. Тағы бір мысалды қарастырайық. Мысалы, A нүктеде тұрған дене түзу сызық бойымен 4 м жолды басып өтіп, B нүктеге, сосын B нүктеден 3 м жолды басып өтіп, C нүктеге орын алмастырған болсын (17-сурет). Дененің басып өткен жолын s_1 және s_2 , -лермен белгілейік. $s_1 = 4\text{ м}$ және $s_2 = 3\text{ м}$. болады. Дененің A нүктеден B нүктеге, сосын B нүктеден C нүктеге орын ауыстыруы $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$. көрінісінде болады. Бұл орын ауыстыру A нүктеден C нүктеге тікелей орын алмастыру $\vec{s}$ -ға тең:

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

Осы тәсілмен қосу үшбұрыш тәсілімен қосу ережесі деп аталады. Оны төмендегідей сипаттауға болады:



16-сурет. Ғимаратты айналып өту сызбасы



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



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

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}, \quad (2)$$

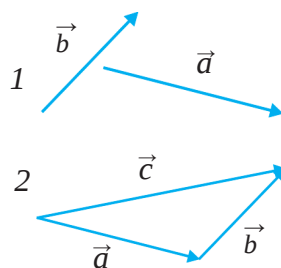
векторды табу 18-суретте берілген.

Бағыты түзу сызық физикалық шаманың бағытын ғана емес, сан жағынан шамасын да бейнелейді. Бағытты сызықтың ұзындығы қанша үлкен болса, берілген физикалық шаманың мәні соншалық үлкен болады.

Векторлық шамаларды азайтуға болады.

18-суретте $\vec{c}$ вектордан $\vec{a}$ векторды азайтса, $\vec{b}$ пайда болады. Мұнда:

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



18-сурет. $\vec{a}$ және $\vec{b}$ векторлар (1), олардың қосындысы $\vec{c}$ вектор (2)



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..

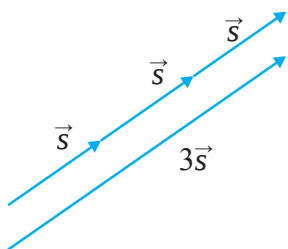
Демек, векторларды қосу мен азайтуда бағытты сызығының ұзындығы мен бағытын өзгертпеген жағдайда векторлардың басы мен соңын қалай орналастыруға мән беру керек екен.

Бағыты мен сандық мәні бірдей болған векторлар тең векторлар деп аталады.

Векторлық шамаларды санға көбейту және бөлу

Дене бір бағытта түзу сызық бойлап қозғалып, s жолды басып өтсе, оның орын ауыстыруы s векторға тең болады: $s = \vec{s}$. 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 $s + s + s = 3s$, ке, орын ауыстыруы $\vec{s} + \vec{s} + \vec{s} = 3\vec{s} \rightarrow$ -ке тең болады (19-сурет).

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



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



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

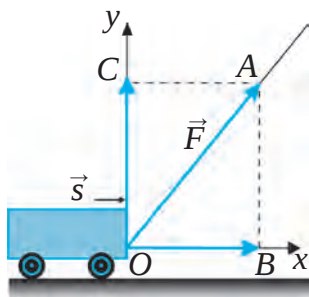
Мұнда векторлық шама көбейтілетін сан оң болуы керек.

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

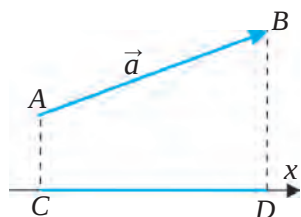


Векторлық шама қандай санға бөлінсе, оның мәні де сол сан есе кемейеді, ал бағыты өзгермейді.

Векторлық шамалардың проекциясы



20-сурет. Арбаға әсер ететін күштің проекциясы



21-сурет. Ерікті бағыттағы вектордың проекциясы

Арба қозғалыс бағытына салыстырғанда қандай да бір бұрыш астында $\vec{F} \rightarrow$ 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 сонын A нүктеден Ox осінің B нүктесіне перпендикуляр түсіреміз. Пайда болған $\vec{OB}$ кесінді $\vec{F}$ 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 Н -ге тең болуы мүмкін. Қозғалыс бағытында арбаға әсер етіп жатқан күш осы 3 Н -ге тең болады.

Енді $\vec{F}$, күш арбаны жоғарыға қандай күшпен тартып жатқанын білу үшін A нүктеден Oy осінің C нүктесіне перпендикуляр өткіземіз. Пайда

болған $\vec{OC}$ вектордың ұзындығы вертикаль әсер ететін күшке тең. Оның мәні 4 Н болуы мүмкін.

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



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

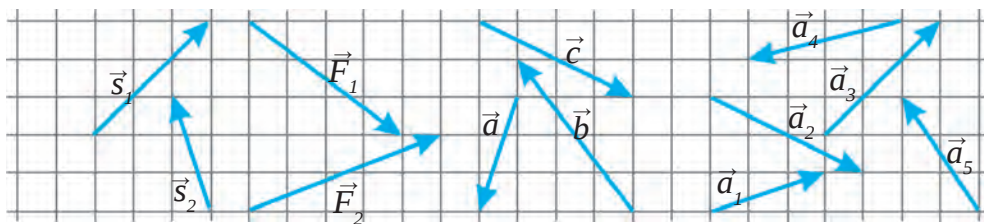


Үйіңнен мектепке дейінгі жүрген жолыңды вектор көрінісінде өрнектеп, осы векторлардың қосындысын тап.

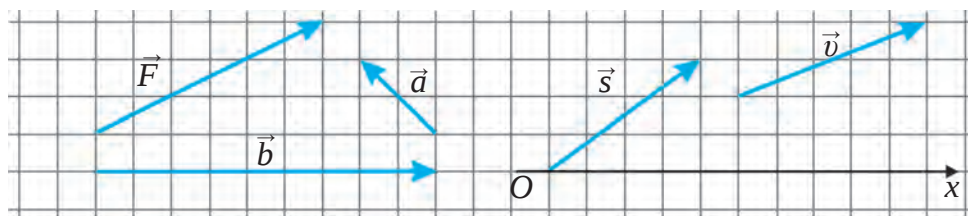


1. 22-суретте көрсетілген:

- а) $\vec{s}_1$ және $\vec{s}_2$; б) $\vec{F}_1$ және $\vec{F}_2$; в) $\vec{a}$, $\vec{b}$ және $\vec{c}$; г) $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$, $\vec{a}_3$, $\vec{a}_4$ және $\vec{a}_5$.
2. 22-суретте көрсетілген а) $\vec{s}_1$ вектордан $\vec{s}_2$ вектордың айырмасын; б) $\vec{F}_1$ вектордан $\vec{F}_2$ векторды 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
4. 23-суретте көрсетілген $\vec{s}$ және $\vec{v}$ векторлардың Ox осьтегі проекциясын дәптеріңе жаз.



22-сурет. Қосындысы мен айырмасы анықталған векторлар

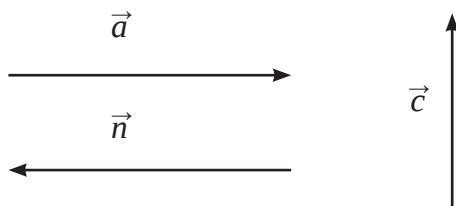


23-сурет. Санға көбейтілетін және бөлінетін, проекциясы анықталатын векторлар

І ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША СҰРАҚТАР МЕН ЖАТТЫҒУЛАР

1. Бір қалыпты қозғалып бара жатқан кеменің алдыңғы бөлігінде тұрған мерген кеменің артқы бөлігіне орнатылған нысанаға, кеменің артқы бөлігіндегі дәл осындай мерген кеменің алдыңғы бөлігіндегі нысанаға оқ атса, қай бірінің оғы нысанаға алдымен тиеді.
2. Пойыз купесінде отырып кетіп жатқан жолаушы: «Мен тыныш отырмын, тыстағы рельстер мен ағаштар менімен салыстырғанда қозғалыста», деп айтса, пойыздың машинисі: «Мен паровозға жанармай жұмсап, пойызды қозғалысқа келтіремін. Тыстағы рельстер мен ағаштар тыныш тұр», дейді. Сенің ойыңша кімнің сөзі дұрыс?
3. Егер пойыз экваторда батыстан шығысқа қарай белгілі бір жылдамдықта қозғалып жатқан болса, ол Жердің шығыстан батысқа қарай сағатына екі мың километр жылдамдықта өз осінің айналасында айналып жатқан қозғалысты аздап болса да азайта ма? Сен не деп ойлайсың?
4. Тыныш тұрған вагонның ішінде тұрып вертикаль секіретін болсақ, секірген жерімізге қайтып түсеміз. Егер түзу сызықты бірқалыпты қозғалып жатқан вагонның ішінде вертикальды түрде секірсек, қай жерге түсеміз? Секірген жерімізге ме, әлде қозғалыс бағытына қарама-қарсы жаққа ма? Қандай да бір жүкті қозғалыс бағытына лақтыру үшін вагон тыныш тұрған кездегіге қарағанда көбірек күш керек болады. Қозғалыс бағытына қарама-қарсы бағытқа лақтыру үшін ше?
5. Ойша көз алдына келтір, досыңмен кеме бөлмелерінің біріне жайғастың. Сыртқы әлем көрінбейді. Ұйықтауға жатқаннан кезде кеме тоқтап тұрған еді. Оянған соң кеменің тоқтап тұрғанын немесе түзу сызықпен бірқалыпты қозғалыста екенін білу үшін не істейсің?
6. Құбырдың төменгі бөлігін бүгіп, бүгілген жағының ұшын жылдам ағып жатқан судың бағытына қарсы етіп орнатсақ, оның су деңгейінен жоғарыдағы ұшынан су ағып жатқанын байқауға болады. Төмендегі мәселенің шешімін тап. Пойызға станцияда су алынуы керек, бірақ тоқтауға уақыт жоқ. Жоғарыдағы тәсілді пайдаланып, тоқтамастан пойызға су алуға бола ма?

7. 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.
8. Ойша көз алдыға келтір, көлге қалың тұман түскен және оның жағалауы көрінбейді. Көлдегі қайықтың қозғалыс бағытын көрсетуге бола ма?
9. Қайық өзенді ағысқа перпендикуляр түрде кесіп өтуде. Өзендегі су жағалаумен салыстырғанда өзен ағысы жылдамдығында қозғалады. Қайықтың қозғалысын екі адам бақылап тұр. Олардың бірі жағалауда қимылдамай тұр, екіншісі ағыспен жүзіп келе жатқан салдың үстінде тұр. Екі бақылаушы қайықтың көрінісі мен оған кеткен уақытты өлшейді.
10. 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.
11. 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.
12. Төменде үш вектор суреттелген. $\vec{a}$ вектор n векторға тең бе? $\vec{n}$? вектордан үлкен деуге бола ма? $\vec{c}$ векторды $\vec{a}$?



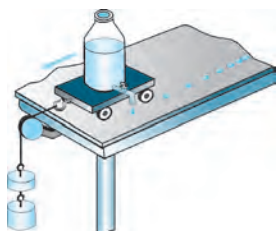


II тарау ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ ҚОЗҒАЛЫС

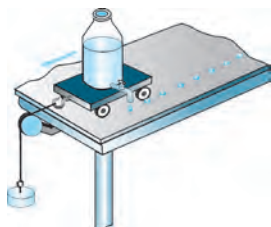
Айналамыздағы денелер көбіне бір қалыпсыз қозғалыста, ал олардың қозғалыс траекториясы күрделі. Ең қарапайым механикалық қозғалыс – олардың түзу сызықты бір қалыпты қозғалысы. Бұл тарауда алдымен денелердің түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын үйренесің, бір қалыпсыз қозғалыс жайлы қысқаша мәлімет аласың.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

§ 5. ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ БІР ҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫС ТУРАЛЫ ТҮСІНІК

Бір қалыпты қозғалыс



24-сурет. Арбаның
бір қалыпты болмаған
қозғалысы



25- сурет. Арбаның бір
қалыпты қозғалысы

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 әртүрлі 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).



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. Бірақ олардың қозғалыс траекториясы шеңберден құралған. Жоғарыда келтірілген мысалдардағы әрекетті үш түрге бөлуге болады:

- 1) жылдамдығы бірдей және траекториясы түзу сызықты;
- 2) жылдамдығы бірдей, бірақ траекториясы қисық сызықты;
- 3) траекториясы түзу сызықты, бірақ жылдамдығы әртүрлі

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

Түзу сызықты қозғалыс



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.

Бұған жолдың көтерілуі, төмендеуі және бұрылыстары жоқ бөлігінде автомобильдің жылдамдықты өзгертпей қозғалысы мысал бола алады. Сондай-ақ пойыз жылдамдығын арттырып, белгілі бір қашықтықтан өткеннен соң тура сызықты бір қалыпты қозғала бастайды.

Тура сызықты бір қалыпты қозғалыс ең қарапайым механикалық қозғалыс. Сол үшін үйренуді жылдамдық, қашықтық және уақыт аралығында ең қарапайым байланысқа ие болған денелердің тура сызықты бір қалыпты қозғалысынан бастаймыз. Сосын бір қалыпты емес және қисық сызықты қозғалыстың жылдамдықтарын талдауға өтеміз.



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. Самолеттің қозғалысы пойыздан да жылдам. Олар бір қалыпты қозғалатын болсын. 1 сағатта адам 4,5 км, велосипед 30 км, автомобиль 90 км, пойыз 150 км, самолет болса 900 км жолды өтуі мүмкін (26-сурет).



26-сурет. Түрлі жылдамдықтағы қозғалыстар

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.

Дененің бір қалыпты қозғалысындағы жылдамдығы жолдың қалаған бір бөлігінде бір түрлі болады.

Әрқандай сан 1-ге бөлінсе, нәтиже сол санға тең екені белгілі. Егер (1) формулада $t = 1$ с, болса:

$$|v| = \left| \frac{s}{1} \right| = |s|.$$

болып қалады. Демек, бір қалыпты қозғалыста бірлік уақытта басып өтілген жол сан тұрғысынан жылдамдыққа тең екен. Жылдамдыққа төмендегідей сипаттама беруге болады:



Уақыт бірлігінде басып өтілген жолға тең болған шама жылдамдық деп аталады.

Жоғарыда келтірілген мысалдарда уақыт бірлігі ретінде 1 сағат алынған. Егер адам 1 сағатта 18 км, велосипед 36 км, автомобиль 90 км, пойыз 144 км, самолёт 900 км қашықтықты басып өтсе, олардың 1 секундта қанша қашықтықты басып өтуін, яғни уақыт секундтарда

бейнеленген жылдамдықтарын есептеп көрелік: адамның жылдамдығы $v_a = 5$ м/с; велосипедтікі $v_b = 10$ м/с; автомобильдікі $v_a = 25$ м/с; пойыздікі $v_n = 40$ м/с; самолёттікі $v_c = 250$ м/с.

Ғылым мен техниканың дамуымен уақыт, қашықтық пен жылдамдық сияқты физикалық шамалардың анық өлшенуіне деген талап артып баруда. Біз үшін арзымайтын болып көрінген бір секундта велосипед бар жоғы 10 м қашықтықты басып өтсе, Жер Күннің айналасын 29 км, Күн нұры бостықта 300000 км жолды басып өтеді. Егер Жердің жасанды серіктерімен байланыстағы мәліметте 1 секунд қателікке жол қойылса, Жерде қозғалып жатқан автомобильдерге жолда қозғалыс туралы ақпарат беретін «навигатордың» мәліметтерінде 10 км-ге дейін қателік байқалуы мүмкін.

Жылдамдық бірлігі

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



ХБЖ-да жылдамдықтың бірлігі м/с болып, жылдамдық 1 м/с болғанда 1 с уақытта 1 м қашықтық жүріп өтіледі.

Егер жылдамдығы 6 м/с болса, дене 1 с уақытта 6 м қашықтықты басып өтеді. Жылдамдықтың негізгі бірлігі – м/с-тен тыс есептелгенде қолайлы болуы үшін қосынды бірліктер: км/сағат, км/мин, км/с сияқты бірліктері де қолданылады. Мұнда: $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/сағат}$, $1 \text{ м/с} = 0,06 \text{ км/мин}$, $1 \text{ км/с} = 1000 \text{ м/с}$, $1 \text{ м/с} = 100 \text{ см/с-ты құрайды}$.

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:

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

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:

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

Жылдамдықтың табиғи өлшем бірлігі жарықтың бостықтағы (космос) жылдамдығы 300 000 км/с-ға тең екені белгілі. Астрономияда ұзындықтың ең үлкен мәні ретінде жарықтың бір жылда басып өтетін қашықтығы ($9,5 \cdot 10^{12}$ км) пайдаланылады. Қазір мұндай үлкен қашықтықтар да космостық өлшемдерді өрнектеуде кішкентай болғандықтан парсек ($31 \cdot 10^{12}$ км), одан 1000 есе үлкен килопарсек пен 1 000 000 есе мегапарсек қолданылады.

Жылдамдықты өлшеу

Қозғалыстағы денелердің жылдамдығы арнайы аспаптардың көмегімен өлшенеді. Мысалы, автомобиль, кеме, самолёттердің жылдамдығы (ағылшынша – speed – жылдамдық, латынша metro – 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.



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



1. Қоянның жылдамдығы 54 км/сағат, дельфиннің жылдамдығы 20 м/с. Олардың қай бірінің жылдамдығы үлкен?
2. Ағыстың жылдамдығы 0,5 м/с болған өзенде ағып жатқан сал 15 км жолды қанша уақытта өтеді?



1. Жылдамдықты км/сағ-қа айналдыр 2 м/с, 5 м/с, 20 м/с, 50 м/с.
2. Метро эскалаторының ұзындығы 18 м. Ол адамды 12 секундта жоғарыға алып шығады. Эскалаторда тұрған адамның жылдамдығын тап.

3. Велосипед бір қалыпты қозғалып, 15 минутта 4,5 км қашықтықты жүріп өтті. Оның жылдамдығын м/с-да өрнекте.
4. 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:

$$s = vt.$$



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:

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



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 $t = \frac{s}{v} = \frac{60 \text{ м}}{12 \text{ м/с}} = 5$ 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, 10 с, 20 с, 30 с, 40, 50 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).

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:

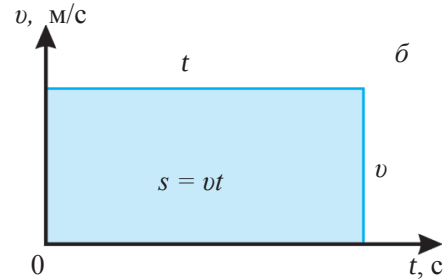
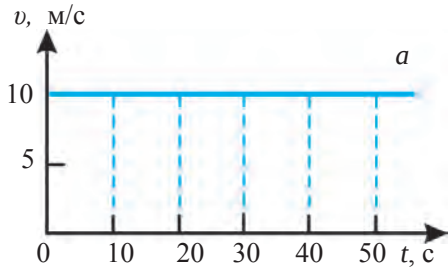
$t, \text{с}$	5	10	15	20
$s = vt, \text{м}$	25	50	75	100

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-ә суретте бейнеленген.

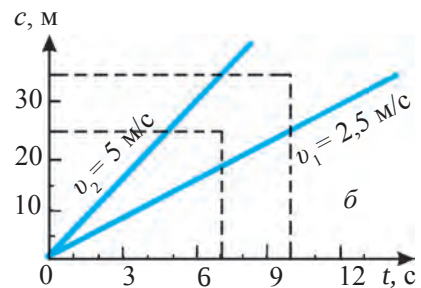
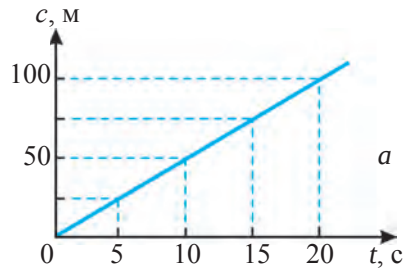
Есеп шығару үлгісі

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

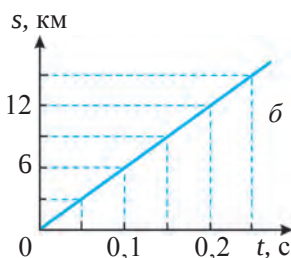
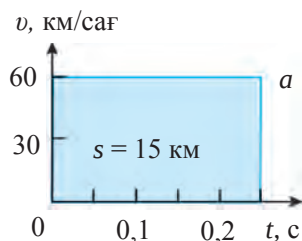
Шешуі: 15 мин = 0,25 сағат. Жылдамдықтың графигі қабырғалары 60 км/сағат және 0,25 сағат болған тік төртбұрыш болады (30-а сурет). Пайда болған сол тік төртбұрыштың ауданы: 60 км/сағат · 0,25 сағат = 15 км. Бұл сан жағынан автомобильдің 15 минутта басып өткен s жолына тең $s = vt$ $v = 60$ км/сағ екенін ескеріп, төмендегі кестені түземіз:



28-сурет. Жолдың графигі



29-сурет. Жол графигі



30-сурет. Автомобиль қозғалысы (а) және жол (б) графигі

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

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



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



1. Үйіңнен мектепке барғандағы жағдай үшін шамамен жылдамдық және жол графигін сал.
2. Жол графигінде уақыт осіне қатысты түрлі бұрыштағы екі түзу сызық өткізіп, пайда болған графикті талда.



1. 3 м/с жылдамдықпен бір қалыпты қозғалған дене 20 секундта қанша жол жүреді?
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 самолёт 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 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$, уақыт аралығында сәйкесінше $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$, 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, автомобиль бір қаладан екінші қалаға дейін 35 км жол жүріп, жарты сағаттан кейін екінші қалаға жетіп келді. Мұнда автомобиль 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 автомобильдің өзгермейтін жылдамдығы емес, оның орташа жылдамдығы жайлы әңгіме болуы мүмкін. Автомобильдің 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:

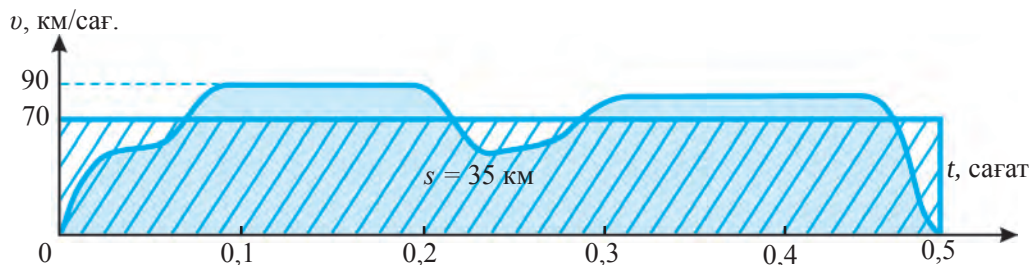
$$v_{\text{орт}} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}. \quad (2)$$

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

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

$$s = v_{\text{орт}} \cdot t. \quad (3)$$

Автомобильдің орташа жылдамдығы $v_{\text{орт}} = 70 \text{ км/сағат}$ 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.



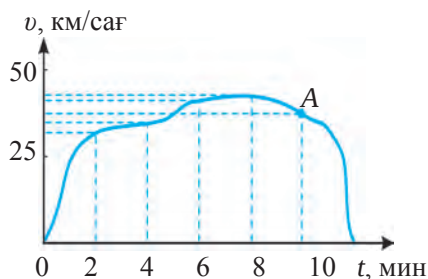
31-сурет. Автобустың жылдамдық графигі.

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.



32-сурет. Автомобильдің жылдамдық графигі

Автобустың екі бекет арасындағы бір қалыпсыз жылдамдығын талдайық. Ол бекеттер арасындағы жолды 6 минутта басып өтсін. Автобустың қозғалыс жылдамдығының графигін 32-суреттегідей бейнелеуге болады. Бақылау үшін түрлі уақыттарды таңдап алып, осы уақыттарға сәйкес келетін жылдамдықты, яғни осы сәттегі лездік жылдамдықты табуға бола-

ды. Графиктен 2 минут өткеннен кейінгі сәттегі лездік жылдамдық 32 км/сағ, 4 минуттан кейінгі сәттегі лездік жылдамдығы 40 км/сағат, 10 минуттан кейінгі сәттегі лездік жылдамдығы 46 км/сағ болғанын біліп аламыз. Қозғалыстың белгілі бір нүктесіндегі лездік жылдамдықты анықтау үшін осы нүктеде кішкентай Δt уақыт ішінде дененің басып өткен Δs жолы табылады. Мұнда Δ (делта) кішкентай аралықты білдіретін белгі.

32-суреттегі жылдамдық графигі бойынша А нүктеде автобус $\Delta t = 0,3$ с уақытта $\Delta s = 3$ м жол жүрген болсын. Онда автобустың А нүктедегі лездік жылдамдығы төмендегідей анықталады:

$$v = \Delta s / \Delta t = 3 \text{ м/с} / 0,3 \text{ с} = 10 \cdot 3,6 \text{ км/сағ} = 36 \text{ км/сағ}.$$



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



1. Шаңғышы биіктен түскен соң, толық тоқтағанға дейін қозғалыста болады. Олардың бастапқы және қозғалыс соңындағы жылдамдығы нөлге тең болса, бүкіл жол барысындағы орташа жылдамдығы нөлге тең бе?
2. 31-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 : 30 да жолға шыққан “Нексия” 270 км жол жүріп, сағат 10 : 30 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 : 50 де жетіп баруы үшін үйден сағат нешеде шығуы керек?

§ 9. БІР ҚАЛЫПТЫ ӨЗГЕРЕТІН ҚОЗҒАЛЫСТАҒЫ ҮДЕУ

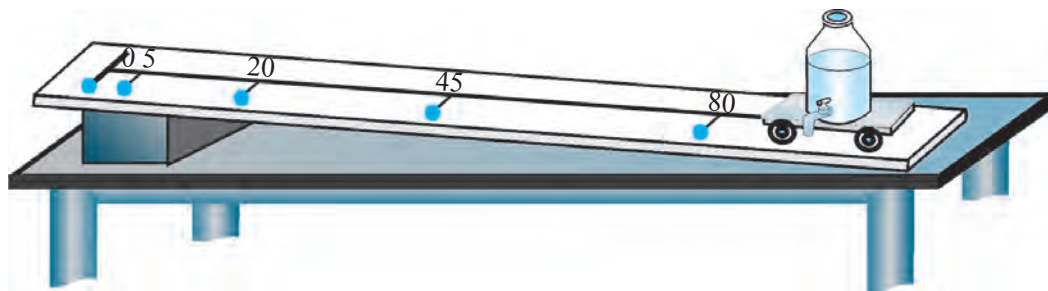
Бір қалыпты өзгеретін қозғалыс туралы түсінік

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:

- 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 10см: 0,5с = 20 см/сқа артып отыратынын анықтауға болады.



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



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

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

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

Үдеу және оның бірлігі

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

Мұнда v_0 – дененің баптапқы жылдамдығы, v – қозғалыс басталғаннан t уақыт өткендегі жылдамдық болса, үдеудің формасы төмендегідей өрнектеледі:

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



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

Үдеудің формуласы төмендегідей де өрнектеледі:



Уақыт бірлігінде дене жылдамдығының өзгеруін үдеу дейміз.

Үдеудің формуласын пайдаланып, үдеу бірлігін табуға болады. Үдеудің негізгі бірлігі етіп м/с^2 қабылданған.



Халықаралық бірліктер системасында үдеу бірлігі – м/с^2 болып сондай бірлік қабылданған, онда дененің қозғалыс жылдамдығы әр 1 с-та 1 м/с-қа өзгереді.

Үдеу бірлігі ретінде $\text{см}/\text{с}^2$ та көп қолданылады. Мұнда:

$$1 \text{ м}/\text{с}^2 = 100 \text{ см}/\text{с}^2.$$

Үдеудің формуласы баяулайтын жылдамдық үшін де орынды. Мысалы, бір қалыпты баяулайтын қозғалыс жасаған дененің бастапқы жылдамдығы $v_0 = 20 \text{ м}/\text{с}$, уақыт өткендегі жылдамдығы $\Delta t = 10 \text{ с}$ болса, онда үдеу төмендегідей болады: $a = 5 \text{ м}/\text{с}^2$:

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{5 - 20}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = -1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Демек 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 қарама-қарсы болады. Үдеу жылдамдықтың уақыт бірлігімен өзгеруі болғандықтан, жылдамдықтың өзгеруі қашан байқалады, деген сұрақ туындайды. Түрлі уақыттардағы жылдамдықтың мөлшерінің бір-бірінен айырмашылығы болуының нәтижесінде үдеу пайда болады. Өзгеріс болуы үшін шаманың түрлі уақыттағы мөлшерлерінің айырмасы нөлден айырмашылығы болуы керек. Жылдамдық векторлық шама болғаны үшін уақыт өтуімен жылдамдықтың өзгерісі екі жағдайда байқалады:

1) түзу сызықты қозғалыста жылдамдықтың абсолюттік шамасы, яғни модулі өзгергенде: $|v_0 - v_1| \neq 0$;

2) мөлшер тұрғысынан бір түрлі болса да: $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 \neq 0$.

Демек, жылдамдықтың модулінде ғана емес, қозғалыс бағыты өзгеруінде де үдеу байқалады екен.

Түзу сызықты қозғалыста жылдамдық пен үдеудің векторлық мөлшерлерінің орнына скаляр мөлшерлерін алуға болады. Себебі түзу сызықты қозғалыстың түрлі уақыттағы бағыттары өзгермейді. Өзгеретін қозғалыс туралы мәлімет беретін негізгі шамалардың бірі үдеу екені белгілі болды. Кейінгі тарауларда оның пайда болу себептеріне тоқталамыз.

Есеп шығару үлгісі

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

*Берілген:**Формуласы:**Шешуі:*

$$\Delta t = 5 \text{ с};$$

$$v_0 = 36 \text{ км/сағ} = 10 \text{ м/с};$$

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

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

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

Табу керек:

$$a = ?$$

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



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



1. 40 км/сағат жылдамдықпен қозғалып жатқан автомобиль бір қалыпты үдемелі қозғала бастады. 100 м арақашықтықта 60 км/сағат жылдамдыққа жету үшін ол қандай үдеумен қозғалуы керек?
2. Сен жүгіре бастадың және белгілі уақыттан кейін тоқтадың. Мұнда қандай жағдайда үдемелі, қандай жағдайда баяулайтын қозғалыс жасадың?



1. Тыныш тұрған дене бір қалыпты үдемелі қозғалып, 8 с-та 20 м/с жылдамдыққа жетті. Дене қандай үдеумен қозғалған?
2. Орнынан қозғалған дене $0,3 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғалып, қанша уақытта 9 м/с жылдамдық алады?
3. Велосипед орнынан қозғалып, 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.
4. Бір қалыпты үдемелі қозғалған “Каптив” 25 с-та жылдамдығын 45 км/сағаттан 90 км/сағат арттырды. “Каптиваның” үдеуін тап.
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:

$$v = v_0 + a \cdot t. \quad (1)$$

Дене бастапқы ($t_1 = 0$ да $v_0 = 0$) бір қалыпты өзгеріспен қозғалғанда жылдамдық формуласы төмендегідей өрнектеледі ($\Delta t = t$):

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

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:

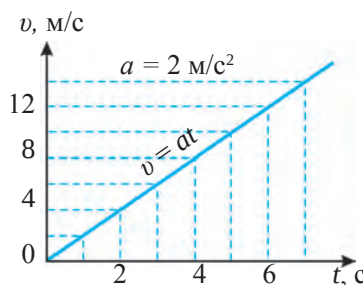
$t, \text{с}$	1	2	3	4	5	6	7
$v, \text{м/с}$	2	4	6	8	10	12	14

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

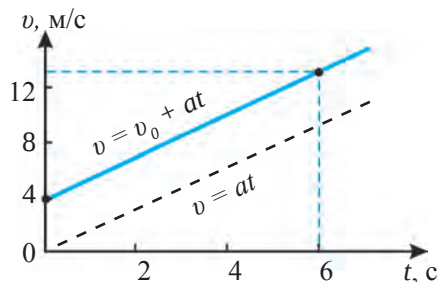
Бір қалыпты өзгеретін қозғалыс үшін жылдамдық графиктері түзу сызық болады.

Сондықтан уақыттың екі мәні мен оған сәйкес келетін жылдамдықтарды графиктерде өрнектеген жеткілікті. Белгілі бір жылдамдықпен кетіп бара жатқан дене бір қалапты үдеріспен қозғала бастаған жайтты қарастырайық. Мысалы, $a = 1,5 \text{ м/с}^2$ 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 графикті аламыз. Бұл бастапқы жылдамдық және бір қалыпты үдемелі қозғалған дененің жылдамдық графигі. Демек дененің бастапқы жылдымдығы $v_0 \neq 0$ болса, оның графиктегі түзу сызығы $v_0 = 0$ жағдайындағыға (пунктир сызыққа) қарағанда параллель жылжиды екен.

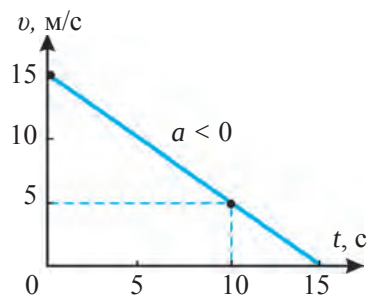
Енді бір қалыпты баяу қозғалыс, яғни $a < 0$ жағдай үшін жылдамдық графигін қарастырайық. Дене $v_0 = 15 \text{ м/с}$ бастапқы жылдамдық және $a = -1 \text{ м/с}^2$ үдеумен қалыпты баяулайтын қозғалыс жасасын. (1) формуладан $t = 0$



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



35-сурет. Бір қалыпты үдейтін қозғалыстың жылдамдық графигі ($v_0 > 0$)



36-сурет. Бір қалыпты баяулайтын қозғалыстың жылдамдық графигі.

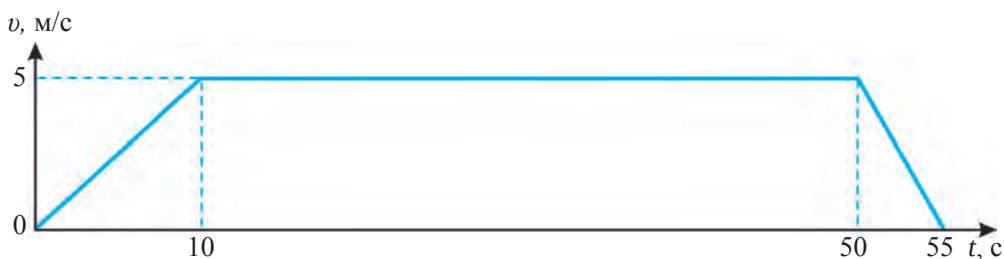
мән үшін $v = 15$ м/с, $t = 10$ с мән үшін $v = 5$ м/с екенін есептеп табуға болады. Оларды координаталар осіне қойып, бір қалыпты баяулайтын қозғалыс үшін жылдамдық графигін аламыз (36-сурет).

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. Демек, жылдамдық графигі абсцисса осіне қарағанда бұрыш астындағы түзу сызық болса дене бір қалыпты өзгеретін қозғалыс жасағанын біліп аламыз.

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 өзгеретін 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, 36-суреттегі жылдамдық графигінде $v_0 = 4 \text{ м/с}$, $a = 1,5 \text{ м/с}^2$ екенінен $t = 6 \text{ с}$ 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 өзгеретін 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 $1,0 \text{ м/с}^2$ үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалып, 10 с-тан кейін қандай жылдамдыққа жетеді? «Матиздің» орташа жылдамдығын тап.

Берілген:

$$\begin{aligned} v_0 &= 18 \text{ км/сағ} = 5 \text{ м/с}; \\ a &= 1 \text{ м/с}^2; \\ t &= 10 \text{ с}. \end{aligned}$$

Формуласы:

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at; \\ v_{\text{орт}} &= v_0 + \frac{at}{2}. \end{aligned}$$

Шешуі:

$$\begin{aligned} v &= (5 + 1 \cdot 10) \text{ м/с} = \\ &= 15 \text{ м/с} = 54 \text{ км/сағ}; \\ v_{\text{орт}} &= [5 + (1 \cdot 10)/2] \text{ м/с} = \\ &= 10 \text{ м/с} = 36 \text{ км/сағ}. \end{aligned}$$

Табу керек:

$$v = ? \quad v_{\text{орт}} = ?$$

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



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



1. 100 м қашықтыққа жүгіру жарысындағы қозғалыстың жылдамдық графигін сыз.
2. Бір қалыпты үдемелі және баяу қозғалыс жасайтын дененің жылдамдық графигін сыз.



1. Орнынан қозғалған дене $0,2 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғалғанда 1 минутта ол қандай жылдамдыққа жетеді?

2. Бастапқы жылдамдығы 3 м/с дене 0,4 м/с² үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасап, 30 с-та қандай жылдамдық алады?
3. 60 км/сағат жылдамдықпен келе жатқан “Нексия” моторы өшірілгеннен кейін – 0,5м/с² 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 м/с² үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасаған дененің белгілі уақыттағы жылдамдығы 9 м/с тең. Дененің осыдан 10 с бұрынғы бастапқы жылдамдығы қандай болған?
5. Бастапқы жылдамдығы 2 м/с дене 3м/с² үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасай бастады. Осы қозғалыс үшін жылдамдық графигін сыз.
6. Автомобиль жолдың бірінші жартысын $v_1 = 20$ м/с, екінші жартысын $v_2 = 25$ м/с жылдамдықпен жүрді. Оның барлық жолдағы орташа жылдамдығын тап.

§ 11. БІР ҚАЛЫПТЫ ӨЗГЕРЕТІН ҚОЗҒАЛЫСТА БАСЫП ӨТІЛГЕН ЖОЛ

Жолдың формуласы

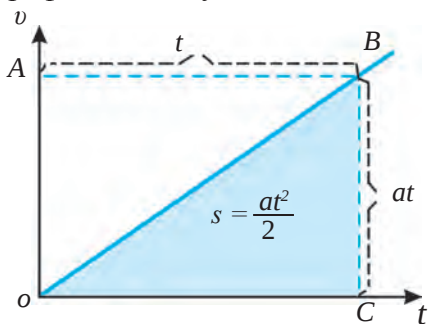
Тыныш тұрған ($v_0 = 0$) дене a үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасап, t уақыт ішінде v жылдамдыққа жетті. Осы уақыт ішінде дененің басып өткен жолы төмендегідей өрнектеледі:

$$s = v_{\text{орт}} \cdot t. \quad (1)$$

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). Суретте берілген OBC үшбұрыштың ауданын алайық. Суреттегі $OABC$ тік төртбұрыштың қабырғалары 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 ішін-



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

де 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

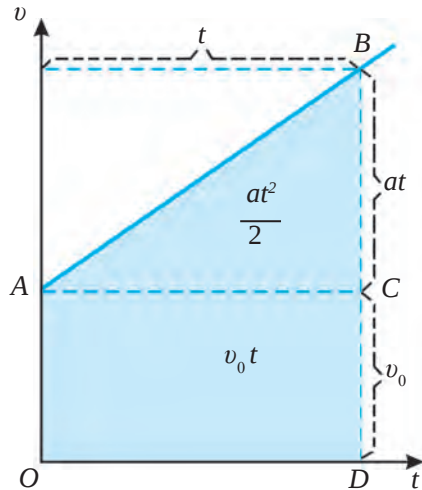
Жолдың графигін алу үшін басып өткен жолдың осы жолды басып өту үшін жұмсаған уақытқа байланыстылығын сызбада бейнелеуіміз керек. Сол сызық жолдың барлық уақытқа байланысты графигі немесе жол графигі дейіледі. Кез келген бір қалыпты қозғалған дененің жол графигі түзу сызықты екенін білеміз. Енді бір қалыпты өзгеретін қозғалыстағы дененің жол графигін сызып көрейік.

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:

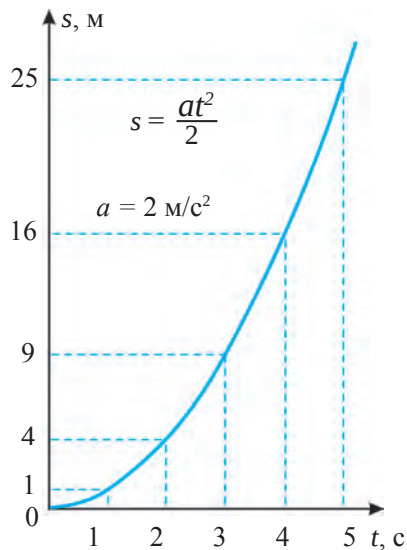
$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5
$s, \text{м}$	0	1	4	9	16	25

Кестедегі t және s -тің сәйкес мәндерін координата оғында көрсетіп, жол графигін сызамыз (40-сурет). Оның графигі де қисық сызықты болады, уақыт өтуімен басып өткен жол пропорционал түрде артады.

Мұндай көріністегі қисық сызық парабола деп аталады. Біз бастапқа



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



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

жылдамдығы $v_0 = 0$ болғандағы уақыт бірлігінде жылдамдығы бірдей артып баратын қозғалыс графигін сызып көрдік. Бастапқы жылдамдығы нөлге тең, бір қалыпты өзгертін қозғалыс жасаған дене қозғалысының бірінші секундында ($t = 1$ с) үдеудің жартысына тең қашықтықты өтетінін (2) формуладан есептеп табуымызға болады.

Демек, бірінші секундында басып өткен жолды білсек үдеуді табуға болады екен.

Есеп шығару үлгісі

10 м/с жылдамдықпен тура жолда келе жатқан велосипед – $0,2$ м/с² үдеумен бір қалыпты баяу қозғалыс жасады. Велосипед 40 с-та қанша жолды жүреді? Велосипед қанша уақыттан кейін тоқтайды?

Берілген:	Формуласы:	Шешуі:
$v_0 = 10$ м/с; $a = -0,2$ м/с ² ; $t = 40$ с; $v = 0$. <u>Табу керек:</u> $s = ?$ $t_0 = ?$	$\left \begin{array}{l} s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at_0 ; \\ v_0 + at_0 = 0 ; \\ ; \\ t_0 = - \frac{v_0}{a} . \end{array} \right $	$s = (10 \cdot 40 + \frac{-0,2 \cdot 40^2}{2}) \text{ м} = 240 \text{ м}.$ $t_0 = - \frac{10}{-0,2} \text{ с} = 50 \text{ с}.$ Жауабы: $s = 240$ м; $t_0 = 50$ с.



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



1. Тыныш тұрған жағдайынан қозғалып, ($v_0 = 0$), $a = 3$ м/с² үдеумен бір қалыпты қозғалыс жасаған дененің жол графигін сыз.
2. 39-суретте берілген ($v_0 = 0$ үшін) жылдамдық графигінен дененің басып өткен жолын қалай табамыз?



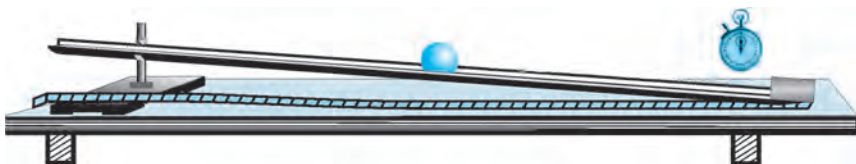
1. Орнынан қозғалып, $0,3$ м/с² үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасаған дене 10 с-та қанша жол жүреді?
2. Бастапқы жылдамдығы 30 км/сағат болған автомобиль $0,5$ м/с² үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасап, 1 минутта қанша жолды жүріп өтеді?
3. Дене орнынан қозғалып, 1 м/с² үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасайды. Дене қозғалысының жол графигін сыз.
4. Бастапқы жылдамдығы 36 км/сағат болған автомобиль $0,4$ м/с² үдеумен бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасады. Автомобиль қозғалысының жол графигін сыз.
5. Дене бірдей уақыт аралығында $v_0 = 0$ м/с, $v_1 = 1$ м/с, $v_2 = 2$ м/с, т.с.с жылдамдық алса, оның жылдамдығын бір қалыпты өзгертін десек бола ма?

§ 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. $\Delta a_n = |a_{op} - a_n|$ формуладан абсолют қателікті тап.

9. $\Delta a_{op} = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3)/3$ формуладан орташа абсолют қателікті есепте.

10. $\varepsilon = (\Delta a_{op}/a_{op}) \cdot 100\%$ формуладан салыстырмалы қателікті тап.

11. Нәтижелерді талда және қорытынды шығар.

№	s, м	t_1, c	t_2, c	t_3, c	$a_1, m/c^2$	$a_2, m/c^2$	$a_3, m/c^2$	$a_n, m/c^2$	$a_{орт}, m/c^2$	$\varepsilon, \%$
1										
2										
3										



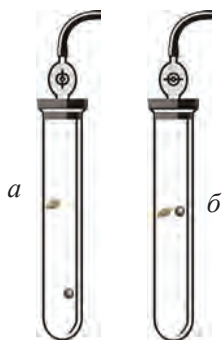
Наудың көлбеулігі артса үдеудің мәні неге артады?

§ 13. ДЕНЕЛЕРДІҢ ЕРКІН ТҮСУ

Бірдей биіктіктен тасталған тас пен құс мамығының жерге әртүрлі уақытта түсетінін бақылаған ежелгі грек философы Аристотель жердің тартылыс күшінің әсерінде ауыр денелер жеңіл денелерден бұрын түседі, деген қорытындыға келген. Мұндай бұрыс пікірді дерлік екі мың жыл барысында дұрыс деп келген. Италиялық ғалым Галилео Галилейдің (1564–1642) XVI ғасырдың соңында өткізген тәжірибелерінен кейін ғана Аристотельдің тұжырымы бұрыс екені дәлелденді.



42-сурет. Пиза мұнарасы



43-сурет. Сиректеген ауада дененің қозғалысы

Галилей Пиза мұнарасынан (42-сурет) полат және ағаш шарларды бір уақытта тастап, олар жерге бір уақытта түсетініне көз жеткізді. Галилей былайша тұжырымдайды (гипотеза): егер ауаның кедергісі болмаса, бір уақытта тасталған полат шар мен құс мамығы мұнарадан бір уақытта түседі. Бұл гипотезаны тексеру үшін ұзын шыны түтіктің ішіне полат шар мен құс мамығы салынды. Ауа бар түтікте полат шар құс мамығынан бұрын түскені байқалды (43-а сурет). Түтіктен ауа сорылғаннан кейін полат шар мен құс мамығы бір уақытта түсті (43-ә сурет). Бұл тәжірибе Галилейдің тұжырымы дұрыс екенін дәлелдеді.



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

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 $9,81 \text{ м/с}^2$ -ке артады (44-сурет).



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

Мұнда: $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Анық өлшеулер Жер бетінің түрлі жазықтығында еркін түсу үдеуінің мәні түрліше екенін көрсетті. Мысалы, бұл үдеу полюсте $g = 9,83 \text{ м/с}^2$ болса, экваторда $g = 9,78 \text{ м/с}^2$ -ға тең. Оның негізгі себебі Жердің абсолют шар формасында еместігі. Еркін түсу үдеуін шамамен $9,8 \text{ м/с}^2$, кейбір жағдайларда дөңгелектеп 10 м/с^2 деп алуға болады.

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

Түзу сызықты бір қалыпты өзгертін 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:

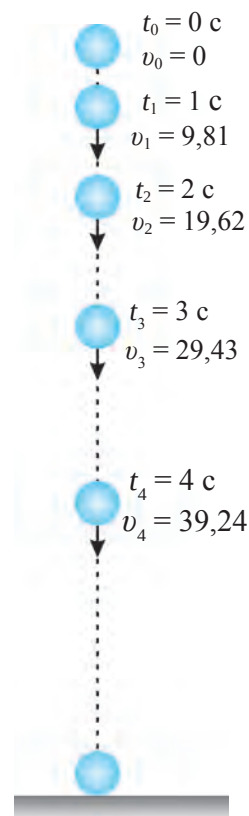
$$v = v_0 + gt; \quad (1) \quad v_0 = 0 \text{ де } v = gt. \quad (2)$$

2. Еркін түскен дененің орташа жылдамдығы:

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

3. Еркін түскен дененің түсу биіктігі:

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



44-сурет. Еркін түскен дененің қозғалысы

Есеп шығару үлгісі

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

*Берілген:**Формуласы:**Шешуі:*

$$t = 5 \text{ с}; v_0 = 0;$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2.$$

Табу керек:

$$h = ? v = ?$$

$$h = \frac{gt^2}{2};$$

$$v = gt.$$

$$h = \frac{10 \cdot 5^2}{2} \text{ м} = 125 \text{ м};$$

$$v = (10 \cdot 5) \text{ м/с} = 50 \text{ м/с}.$$

$$\text{Жауабы: } h = 125 \text{ м}; v = 50 \text{ м/с}.$$



Тірек ұғымдар: еркін түсу, еркін түсу үдеуі.



1. Екі бірдей тас бірдей биіктіктен бірінен соң бірі қойып жіберілсе, түсу барысында олардың арасындағы қашықтық өзгере ме?
2. Бір биіктіктен бастапқы жылдамдықсыз тасталған дене 5с-та жерге түсті. Ол қандай биіктіктен тасталған?



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. 3с-тан кейін дененің жылдамдығы қандай болады?

§ 14. ЖОҒАРЫҒА ТІК ЛАҚТЫРЫЛҒАН ДЕНЕНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Кез келген дене жоғарыға лақтырылғанда, ол бір биіктікке көтеріліп, тағы қайтып жерге түседі. Енді осы қозғалысты талдап көрейік. Бізді дене қандай үдеумен қозғалатыны қызықтырады. 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:

$$v = v_0 - gt.$$

(1)

49-беттегі (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 (45-сурет).

$g = 10$ м/с² 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 $v_0 = 20$ м/с деп алып, дене лақтырылған нүктеден қанша биіктікке көтерілгенін есептелік:

$$h = (20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2}) \text{ м} = 20 \text{ м} .$$

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

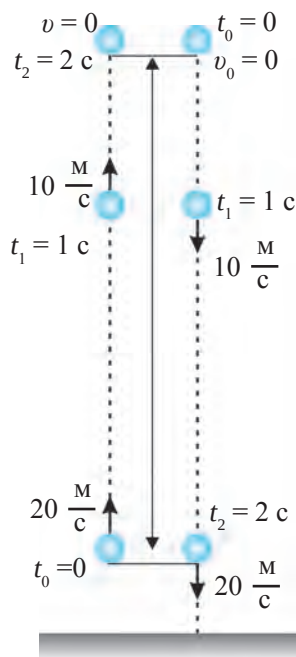
$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ м} = 20 \text{ м} .$$

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.



45-сурет. Жоғарыға тік лақтырылған дененің қозғалысы



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.

Егер (2) формуладан үдеуді нөлге тең деп алсақ, бұл формула бір қалыпты қозғалыс формуласына айналады. Жоғарыға тік лақтырылған дене қозғалысын талдау және есептер шығару үшін, негізінен бастапқы жылдамдық туралы мәлімет қажет болады.

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:	Формуласы:	Шешуі:
$v_0 = 40 \text{ м/с};$ $t = 3 \text{ с};$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	$v = v_0 - gt;$ $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$	$v = (40 - 10 \cdot 3) \text{ м/с} = 10 \text{ м/с};$ $h = (40 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 3^2}{2}) \text{ м} = 75 \text{ м}.$
<i>Табу керек:</i> $v = ? \quad h = ?$		<i>Жауабы:</i> $v = 10 \text{ м/с}; h = 75 \text{ м}.$



- Алманы 3 м/с жылдамдықпен жоғарыға лақтырсаң, оны іліп алғанда жылдамдығы қандай болады?
- Дене тік жоғарыға 40 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Қанша уақыттан кейін оның жылдамдығы екі есе кемиді?



- 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.
- Дене 30 м/с жылдамдықпен жоғарыға тік лақтырылды. Дене қандай биіктікке көтеріледі және қанша уақыттан кейін лақтырылған нүктеге қайтып түседі?
- Дене 40 м/с жылдамдықпен жоғарыға тік лақтырылды. 5 с-тан кейін дененің жылдамдығы қандай болады? Осы уақытта дене қандай биіктікке көтеріледі?
- 20 м/с бастапқы жылдамдықпен еркін түсіп жатқан дененің қозғалыс басталғаннан кейін 4 с өткен кезіндегі жылдамдығы қандай (м/с) болады?
- Тік жоғарыға лақтырылған дене 6 с-тан кейін жерге қайтып түсті. Дененің бастапқы жылдамдығы қандай болған? Дене қандай биіктікке көтерілген?

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 жолаушының 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 150 м, кейінгі 20 с – 500 м және соңғы 5 с – 50 м. жол жүрді. Жолдың әр бөлігіндегі және бүкіл жолдағы орташа жылдамдықты км/сағатпен есепте.

8. Пойыз қозғалғаннан кейін 10 өткенде 36 км/сағат жылдамдыққа жетті. Осындай бір қалыпты үдемелі қозғалыс жасаған пойыздың жылдамдығы қанша уақыт өткенде 72 км/сағат жетеді?

9. Көлбеу наудан тыныш тұрған күйінен домалап түсіп бара жатқан шарша бірінші секундта 8 см жол жүрді. Шар 3 секундта қанша жол жүреді?

10. 34-суретте берілген $v_0 = 0$ үшін жылдамдық графигінен дененің $t = 5$ с-та басып өткен жолын есепте.

11. Автомобиль тыныш тұрған күйінен 5 м/с^2 үдеумен қозғала бастады да 4 с ішінде қанша жолды жүрді? Осы уақытта ол қандай жылдамдыққа жетеді?

12. 35-суретте берілген $v_0 > 0$ үшін жылдамдық графигінен дененің $t = 9$ с-та басып өткен жолын есепте.

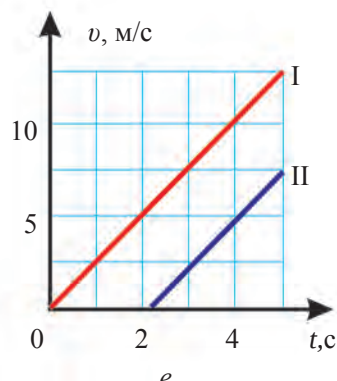
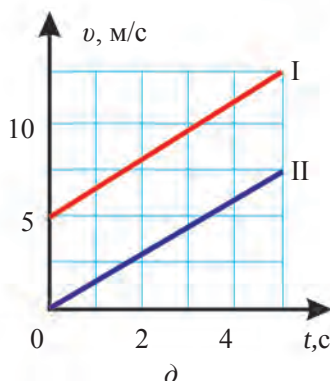
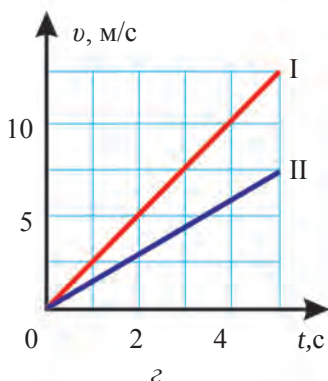
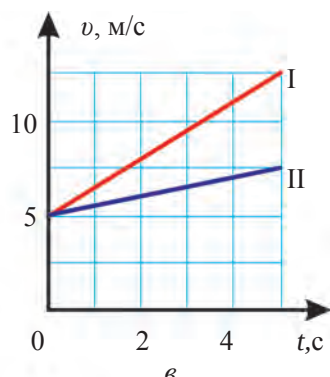
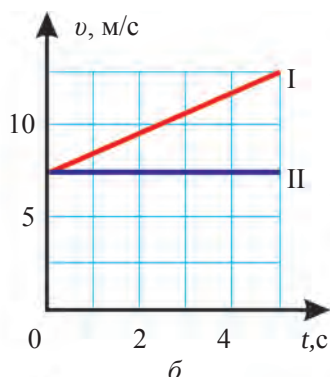
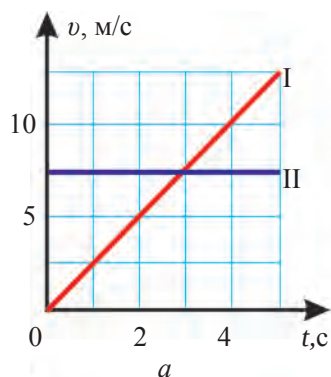
13. Белгілі биіктіктен қойып жіберілген дене еркін түсуде. Ол қанша уақытта 80 м/с жылдамдыққа жетеді? Осы және кейінгі есептерде $g = 10$ м/с² деп алынсын..

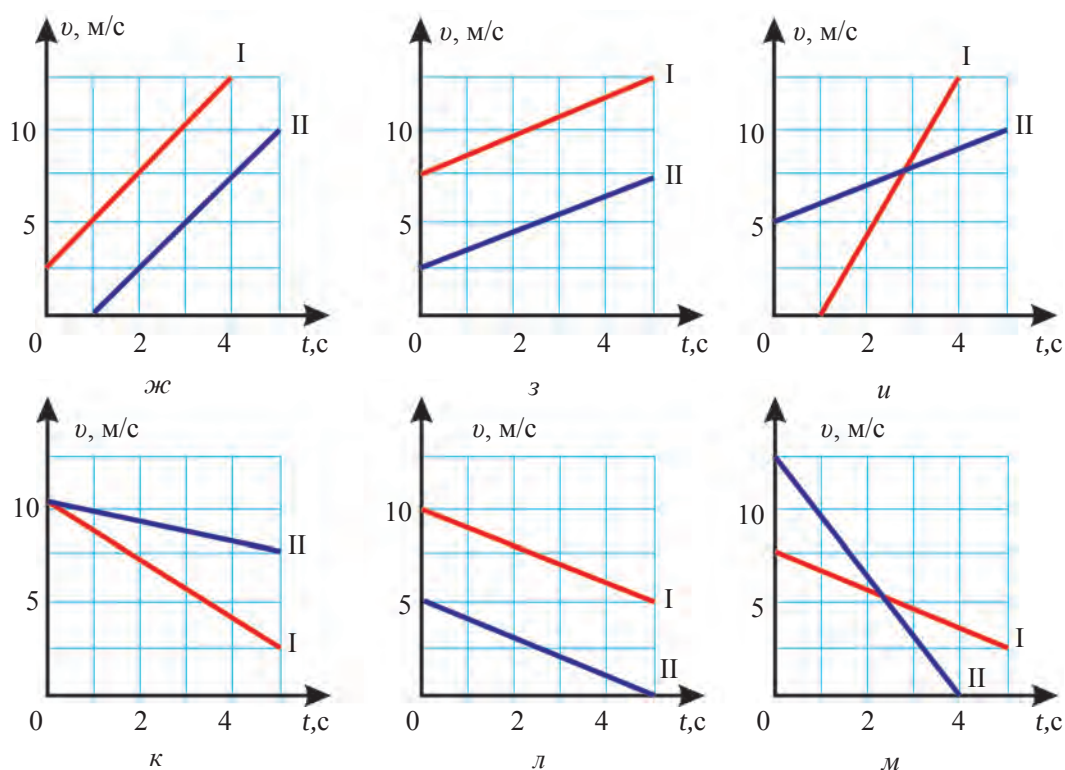
14. Дене белгілі биіктіктен 5 м/с жылдамдықпен төмен қарай тік лақтырылды. 5 с кейін оның жылдамдығы қандай болады?

15. Тыныш тұрған тікұшақтан тасталған жүк 12 с-та жерге түсті. Жүк қандай биіктіктен тасталған және қандай жылдамдықпен жерге соғылған? Ауаның қарсылығы есепке алынбасын .

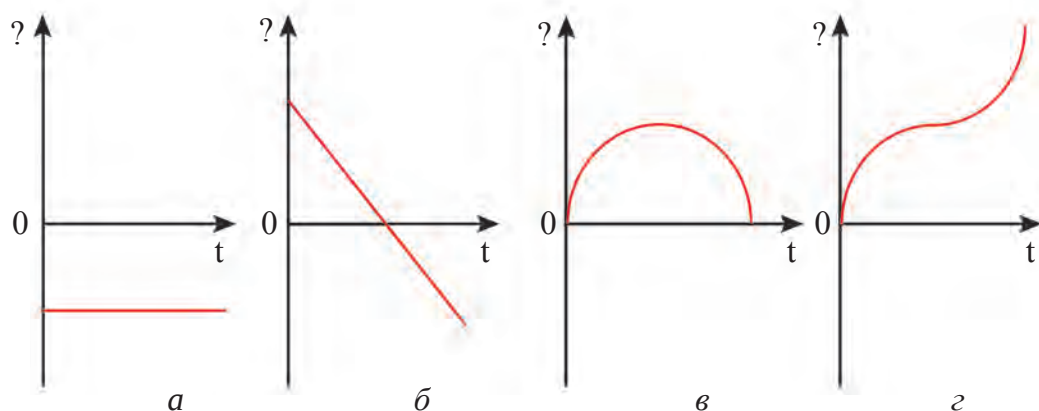
16. Автомобиль 30 км қашықтықты 15 м/с жылдамдықта, 40 км қашықтықты 1 сағатта жүрді. Автомобиль бүкіл жол барысында қандай орташа жылдамдықпен жүрген?

17. Төмендегі суретте берілген графиктерді талдап, екі түрлі қозғалысты өзара салыстыр. Одан қозғалыс жайлы қандай мәліметтерді анықтай аласың (қозғалыс түрі, бастапқы жылдамдық, қозғалыс уақыты)?





18. Жоғарыға тік лақтырылған дене жоғарыға көтерілді және қайтып төменге түсті. Бұл қозғалысқа тиісті орын ауыстыру, жол, жылдамдық және үдеудің уақытқа байланысты графигі төмендегі суретте берілген. Графиктерді талдап, олардың әрбір байланысқа сәйкес келетінін тап.





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.

Айналмалы қозғалыс туралы түсінікке ие болуымыз ең ұсақ бөлшек – электрондардан бастап ғаламшарлардың өз орбиталары бойынша айналмалы қозғалыстарын талдауға, тұрмыста пайдаланатын көптеген айналмалы қозғалыс жасайтын бөлшектерді үйренуде көмектеседі. Осы тарауда дененің бір қалыпты айналмалы қозғалысымен танысамыз.

§ 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, мұндай қозғалысты айналмалы бір қалыпты қозғалыс дейді.

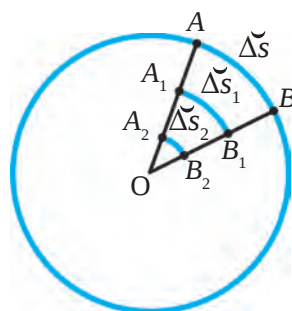
Материялық нүктенің шеңбер бойлап қозғалысы дегенде айналмалы қозғалып жатқан дененің бір нүктесі қарастырылады. Мысалы, сағат тілінің белгілі бір нүктесі, айталық оның ұшын материялық нүкте деп қарауға болады. Велосипед немесе автомобиль доңғалағының оғынан белгілі бір қашықтықтағы нүктесін де материялық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

Сызықты және бұрышты жылдамдық

Айналмалы бір қалыпты қозғалыста дененің айналу оғынан әртүрлі қашықтықтағы нүктелер белгілі уақыт түрлі қашықтықтағы жолды басып өтеді. 46-суреттен белгілі Δt уақыт ішіндегі дененің A нүктесі Δs доғаны, A_1 нүктесі Δs_1 доғаны, A_2 нүктесі болса Δs_2 доғаны басып өтетінін көруге болады. Бұл доғалардың ұзындығы әр түрлі болғандықтан сызықты жылдамдығы да

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

әр түрлі.



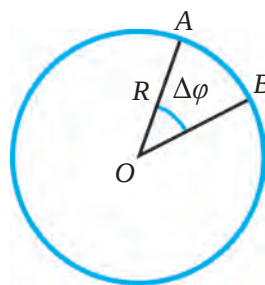
46-сурет. Түрлі нүктелердің басып өткен жолы



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

Дене R радиусты шеңбер бойымен бір қалыпты қозғалып жатқан болсын (47-сурет). Егер дене бір Δt уақыт ішінде A нүктеден B нүктеге орын ауыстырса, шеңбер центрінен осы A нүктеге жүргізілген R радиус $\Delta \varphi$ 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.



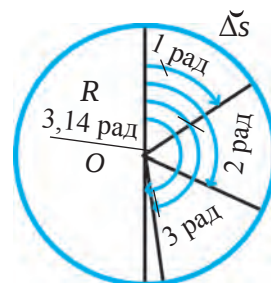
47-сурет. Бұрылу бұрышының пайда болуы



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

Яғни $\Delta s = R$ -ға $\Delta \varphi = 1$ рад деп алынады (48-сурет).

1 радиан шамамен 57 градусты құрайды, яғни: $1 \text{ рад} \approx 57^\circ$. 48-суреттегі R радиус 2 радианға бұрылса, $\Delta \varphi \approx 114^\circ$, 3 радианға бұрылса, $\Delta \varphi = 172^\circ$ болады. R радиус жарты шеңберге, яғни 180° -қа бұрылғанда, $\Delta \varphi = 3,14 \text{ рад} = \pi$ -ді құрайды. Дене бір рет айналғанда шеңбер ұзындығы $s = 2\pi R$ -ға тең болған қашықтықты басып өтеді.



48-сурет. Бұрыштың 1 радиан өлшеуі

Бұрылыс бұрышының радиан өлшеміндегі шамасы төмендегіге тең:

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

Айналмалы қозғалыста сызықты жылдамдық орнына **бұрышты жылдамдық ω (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 ω 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?

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

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. Радиусы 10 см шеңбердегі нүкте бір қалқыпты қозғалып, шеңбердің жартысын 10 с уақытта өтті. Оның сызықты жылдамдығын тап.

2. Жолда кетіп бара жатқан велосипед немесе автомобиль доңғалағының қозғалысын жермен салыстырғанда айналмалы қозғалыс деуге бола ма? Неге?



1. 0,1 с ішінде доңғалақ 1 рад-ға бұрылады. Оның октан 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:

$$\Delta \tilde{s} = \Delta \varphi R.$$

Бұл формуланы сызықты жылдамдықтың формуласына қойсақ төмендегі өрнекті аламыз:

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

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

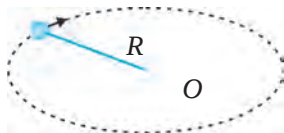
$$v = \omega R. \quad (1)$$

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.



49-сурет. Жіпке байланған шардың қозғалысы

Айналу периоды T -мен белгіленеді. Оның бірлігі – секунд (s):

Егер дене Δt уақыт ішінде n рет айналатын болса, онда айналу периоды T төмендегідей анықталады:

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

49-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 ν (ню) мен белгіленеді. Оның бірлігі етіп $1/\text{с}$ алынған. Егер дене Δt 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:

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

Айналу периоды T мен сызықты жылдамдық арасындағы қатынас:

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

Айналу периоды T мен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас:

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

Айталу жиілігі ν мен сызықты жылдамдық арасындағы қатынас:

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

Айталу жиілігі ν мен бұрышты жылдамдық арасындағы қатынас:

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

Өрнектерден көрініп тұрғандай, материялық нүктенің бұрышты жылдамдығы оның айталу териодына кері, ал айталу жиілігіне тура пропорционал қатынаста болады. Айналмалы қозғалыс ішіндегі денелердің бір қалыпты қозғалысы көп кездеседі. Мысалы, электр двигательдердің қозғалысы, орбита бойлап қозғалған Жердің жасанды серігі, т.б. Бірдей уақыт аралығында бірдей жылдамдықпен қозғалған денелер жағадайын математикалық көріністе өрнектеу оңайлау.

Есеп шығару үлгісі

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

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$v = 90 \text{ км/с} = 25 \text{ м/с};$	$T = \frac{2\pi R}{v};$	$T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4}{25} \text{ с} \approx 0,1 \text{ с};$
$R = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}.$	$v = \frac{1}{T};$	$v = \frac{1}{0,1} \frac{1}{\text{с}} = 10 \frac{1}{\text{с}};$
<i>Табу керек:</i>	$\omega = 2\pi\nu.$	$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 62,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$
$T = ? \quad \nu = ? \quad \omega = ?$		<i>Жауабы:</i> : $T \approx 0,1 \text{ с}; \nu = 10 \text{ 1/с}; \omega = 62,8 \text{ рад/с}.$



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



1. Автомобильдің жылдамдығы 20 м/с, доңғалағының диаметрі 64 см. Автомобиль доңғалағының бұрышты жылдамдығын тап.
2. Дене 10м/с жылдамдықпен 2 м радиусты шеңбер бойымен қозғалуда. Оның айталу жиілігін тап.

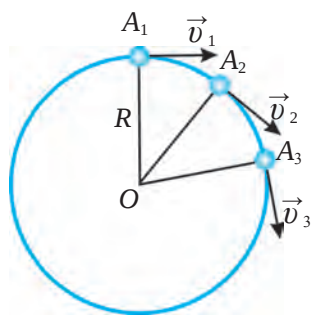


1. Шығырдың шелегі 1 минутта екі рет айналады. Шығыр осінен 1 метр қашыққа орнатылған шелектің сызықты жылдамдығы мен бұрышты жылдамдығын тап.

2. Велосипед 10 м/с жылдамдықпен бір қалыпты қозғалып бара жатыр. Доңғалақтың радиусы 30 см болса, оның периоды, айналу жиілігі және бұрышты жылдамдығын тап.
3. 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



50-сурет. Бір қалыпты қозғалыстағы жылдамдықтың бағыты

Шар R радиусты шеңбер бойлап қозғалған болсын. Шар өз қозғалысы барысында Δt уақыт ішінде A_1 нүктеден A_2 нүктеге, тағы осынша уақытта A_2 нүктеден A_3 нүктеге өтсін (50-сурет).

Шар бір қалыпты қозғалыста белгілі Δt уақыт барысында Δs жолды басып өтеді. Δt уақытты өте кішкентай деп алсақ, сол сәттегі жылдамдықты табуымыз мүмкін. A_1 , A_2 , A_3 нүктелерде оның жылдамдығы сан жағынан бірдей болады.

Бірақ олардың бағыты әртүрлі. Айналмалы қозғалыс барысында қозғалыс бағыты әрдайым өзгеріп тұрғандықтан, бізді кейбір сәттегі жылдамдықтың бағыты қызықтырады. Мұны бір қалыпты айналмалы қозғалыста жылдамдық шеңбер доғасына жанама ретінде бағыттала-тынын пышақ қайрайтын дисктен көруге болады (51-сурет).

Демек, шеңбердің әрбір нүктесіндегі жылдамдық, 50-суретте көрсетілгендей, шеңбер радиусына перпендикуляр бағытта болады. Қарлы немесе сулы жолдарда бара жатқан автомобиль доңғалағынан шашырайтын лисудың бағыты да шеңберге жанама болады. Айналмалы бір қалыпты қозғалыста жылдамдық үздіксіз түрде өзгеріп тұрғандықтан есептеуде оны скаляр емес, векторлық шама ретінде алуымыз керек.

Айналмалы бір қалыпты қозғалыстағы үдеу

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

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

Бір қалыпты айналмалы қозғалыста жылдамдық мөлшері өзгермейді, тек бағыты өзгереді. Жылдамдық векторлық шама болғандықтан екі вектордың модулі тең болып, бірақ бағыты түрліше болса, ондай векторлардың айырмасы нөлге тең болмайтынын білеміз (52-сурет).

50-суретте берілген шардың қозғалысында Δt 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 Δt 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 $\vec{v}$ жылдамдықпен бір қалыпты қозғалған дене үдеуінің формуласын төмендегідей шығаруға болады:

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

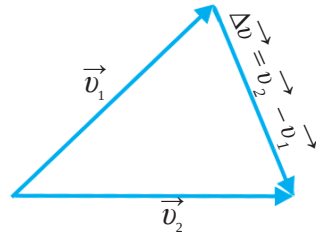
Формуладан айналмалы қозғалыста шеңбер радиусы қанша кіші болса, үдеу соншама үлкен болатынын көруіміз мүмкін. Шеңбер радиусы үлкендеп, түзу сызыққа жақындаған сайын үдеудің мәні кемейіп, нөлге жақындай береді. Түзу сызықты бір қалыпты қозғалыста жылдамдық векторлары үсті-үстіне түседі. Нәтижеде жылдамдықтар мәні және бағыты бірдей болып, үдеу нөлге тең болып қалады.

Айналмалы бір қалыпты қозғалыстағы үдеудің бағыты

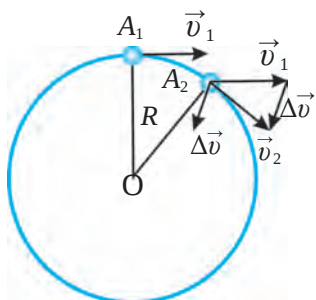
Бір қалыпты қозғалған шар A_1 нүктеден A_2 нүктеге өткенде жылдамдық векторының айырмасы $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ болады. $\vec{v}_2$ вектордан $\vec{v}_1$ век-



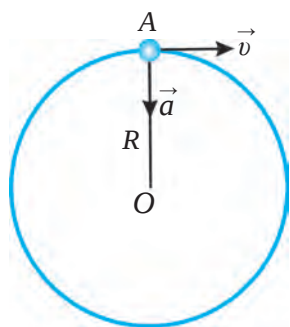
51-сурет. Пышақ өткірлегенде ұшқындардың шашырауы



52-сурет. Модулі тең, бағыты әртүрлі векторлар



53-сурет. Бір қалыпты айналмалы қозғалыстағы жылдамдықтар векторының айырмасы



54-сурет. Центрге тартқыш үдеудің бағыты

торды азайту және айырмасы $\Delta \vec{v}$ вектордың бағыты 53-суретте берілген.

Бір қалыпты айналмалы қозғалыста $\vec{a}$ 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 a 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:	Формуласы:	Шешуі:
$R = 25 \text{ м};$ $v = 10 \text{ м/с}.$		
Табу керек: $a = ?$	$a = \frac{v^2}{R}.$	$a = \frac{10^2}{25} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$
		Жауабы: : $a = 4 \text{ м/с}^2.$



Тірек ұғымдар: айналмалы қозғалыстағы үдеу, центрге тартқыш үдеу.



1. Жүргізуші автомобильге радиусы 30 см доңғалақтың орнына 32 см доңғалақ орнатып алды. Егер спидометр 60 км/сағ жылдамдық көрсеткен болсын, негізінде бұл автомобиль қандай жылдамдықпен қозғалып жатыр?
2. 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 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

- ◆ Айналмалы бір қалыпты қозғалып жатқан дене кез келген тең уақыт ішінде тең жолды басып өтеді.

- ◆ Айналмалы бір қалыпты қозғалған дененің сызықты жылдамдығы:

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

- ◆ Айналмалы бір қалыпты қозғалған дененің бұрышты жылдамдығы:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}.$$

- ◆ Айналмалы 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: $\nu = \frac{n}{\Delta t}$.

- ◆ 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: $a = \frac{v^2}{R}$.

- ◆ Үдеу векторы a шеңбер центріне бағытталғандықтан ондай үдеу центрге тартқыш үдеу деп аталады.

- ◆ Бір рет толық айналу бұрышы $\varphi = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \text{ рад} = 360^\circ$.

III ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Ұзындығы 50 см жіпке байланған шар 1 минутта 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 қарағанда 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 1/с болса, доңғалақтың жерге тиетін нүктелерінің центрге тартқыш үдеуі қандай болады?

9. Сағаттың минут стрелкасы секунд стрелкасынан 3 есе ұзын. Стрелкалар ұзындығының сызықты жылдамдықтарының қатынасын тап.

10. Дененің шеңбер бойлап қозғалысында оның айналу радиусы 2 есе артып, жылдамдығы 2 есе кемейген болса, оның айналу периоды қалай өзгереді?

11. Жер бетіндегі еркін түсу үдеуін Айдың центрге тартқыш үдеуіне қатынасын есепте. Ай орбитасының радиусы 60 Жер радиусына тең.

КИНЕМАТИКА БӨЛІМІ БОЙЫНША ТЕСТ СҰРАҚТАРЫ

1. Қозғалыстағы пойыз вагонында отырған адам немен салыстырғанда тыныш күйінде болады?

- A) вагонға салыстырғанда; B) вагонға және жерге салыстырғанда;
C) жерге салыстырғанда; D) рельспен салыстырғанда.

2. Бір қалыпты қозғалыс жасаған «Neksiya» автомобилі 25 с барысында жылдамдығын 36 км/сағаттан 72 км/сағатқа арттырды. «Neksiya-ның» үдеуін тап (м/с^2):

- A) 10; B) 0,4;
C) 25; D) 36.

3. $0,4 \text{ м/с}^2$ үдеумен бір қалыпты қозғалған дененің белгілі уақыттағы жылдамдығы 9 м/с. Дененің осы уақыттан 10 с бұрынғы жылдамдығы қандай болған (м/с)?

- A) 0,4; B) 5; C) 4; D) 10.

4. Жер Күнді айналып жатқанда материялық нүкте бола ма?

- A) материялық нүкте болады;
B) материялық нүкте болмайды;
C) материялық нүкте болуы да болмауы да мүмкін;
D) Жер Күнді айналмағанда материялық нүкте болады.

5. Велосипедші бір қалыпты қозғалып, 20 минутта 6 км жолды басып өтті. Велосипедшінің үдеуін тап.

- A) 5; B) 20; C) 6; D) 30.

6. Велосипедші 10 минут барысында 2700 м, кейін қия жазықта 1 минутта 900 м және 1200 м жолды 4 минутта басып өтті. Велосипедшінің орташа жылдамдығын тап. (м/мин).

- A) 1600; B) 320; C) 98; D) 490.

7. Автомобиль бір қалыпты үдеумен қозғалып, төбеге шықпақшы. Оның орташа жылдамдығы 36 км/сағ, соңғы жылдамдығы 2 м/с болса, бастапқы жылдамдығы қандай болған (м/с)?

- A) 18; B) 20; C) 15; D) 10.

ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

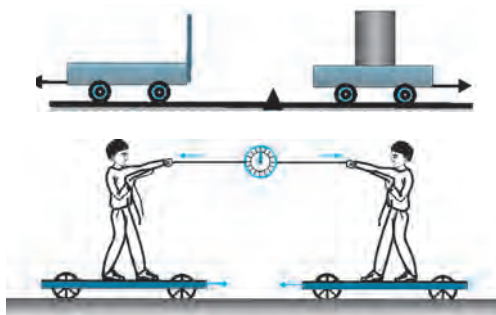
Біз кинематикада дененің қозғалысын үйренгенде денеге әсер ететін күштерді ескермедік. Үдемелі және айналмалы қозғалыс түрлері туралы мәліметтерді үйрендік.

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

Енді біз неге денелер өзгертін қозғалыс жасайды, олардың үдеу алуы әкелетін факторлар нелер, деген сұраққа жауап іздейміз. Сондықтан бізді денелер қозғалысында болатын өзгерістердің денелер массасына және олардың арасындағы өзара әсер ететін күштерге байланыстылығы қызықтырады.

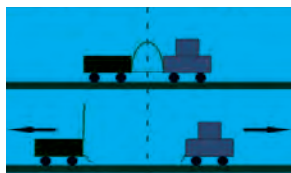
Дене қозғалысындағы өзгерістердің оған әсер ететін күштерге байланыстылығын механиканың динамика бөлімі зерттейді. **Динамика** грекше dynamikos сөзінен алынған күшке қатысты деген мағынаны білдіреді.

IV тарау. ҚОЗҒАЛЫС ЗАҢДАРЫ



V тарау. ТАБИҒАТТАҒЫ КҮШТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ӘСЕРІМЕН ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ





IV тарау ҚОЗҒАЛЫС ЗАҢДАРЫ

Алдыңғы сабақтарда әрбір қозғалыс салыстырмалы екенін біліп алдық. Бір қозғалыстың оған әкелетін себептерімен өзара байланыстылығы түрлі санақ жүйесінде қаралғанда, бір-бірінен айырмашылық жасайтын нәтижелер алынады. Қозғалыс және оның себептері арасындағы байланыстылық кейбір санақ жүйелеріне салыстырмалы қарастырылғанда өте қарапайым көріністе болады екен. Ондай жүйелердің бірі, мысалы Жер. Сондықтан динамиканы зерттеуде Жерді санақ жүйесі деп алсақ болады.

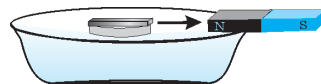
Динамиканың негізгі заңы үшеу. Олар қозғалыс заңы деп аталады. 1687 жылы ағылшын ғалымы **Исаак Ньютон** ашқан Қозғалыс заңдары адамзаттың көп ғасырлық тәжірибелерінің нәтижелерін жинақтау жолымен пайда болған. Динамикаға қатысты білімдердің бір жүйеге түсірілуі және пайдалану үшін қолайлы математикалық көріністе өрнектелуі ғылым мен техниканың дамуына үлкен түрткі берді. Бұл заңдар оның құрметіне Ньютон заңдары деп аталды.

§ 18. ДЕНЕЛЕРДІҢ ӨЗАРА ӘСЕРІ. КҮШ

Денелердің 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 бөлігінің қозғалысқа түсуіне магниттің әсері болды.



55-сурет. Магнит пен темірдің өзара әсері.

Қолыңдағы 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



56-сурет. Күштің әсерінде өшіргіштің иілуі

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

Механикалық әсер денелердің бір-біріне тікелей тиюі (контактта болуы) немесе олардың крісі 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. Физикада көбіне талданып жатқан денеге қайсы дене қалай әсер етіп жатқаны көрсетілмей, тек қысқаша денеге күш әсер етуде дейді. Денелердің өзара әсерін сипаттау үшін физикалық шама – күш ұғымы енгізілген. Демек, күш дене жылдамдығын өзгертетін себеп екен. Күштің әсерінде дененің барлық бөлігінің жылдамдығы өзгерместен, тек бір бөлігінің жылдамдығы өзгеруі мүмкін. Мысалы, өшіргіштің бір бөлігі сығылса, оның формасы өзгереді, яғни деформацияланады (56-сурет). Жоғарыда айтылған барша мысалда дене басқа дененің әсерімен қозғалысқа келеді, тоқтайды немесе өзінің қозғалыс бағытын өзгертеді, яғни жылдамдығы өзгереді.



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

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

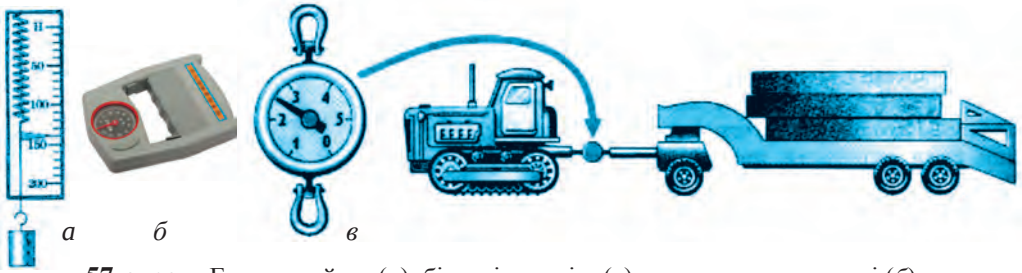
$$1\text{ Н} = 1000\text{ мН}, 1\text{ кН} = 1000\text{ Н}.$$

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



Күш динамометрдің көмегімен өлшенеді.

Динамометрлер қолданылуына қарай әртүрлі болады. Олардың кейбіреулері 56-суретте көрсетілген.



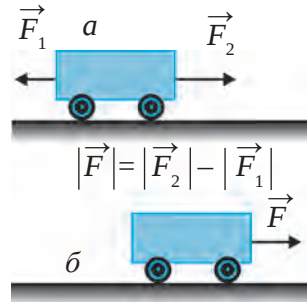
57-сурет. Ең қарапайым (а), білектің күшін (ә) және үлкен күштерді (б) өлшейтін динамометрлер

Күштерді қосу

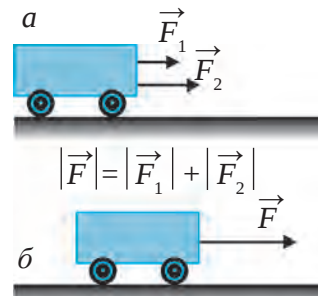
Бір денеге бірнеше күш әсер ететін болса, олардың қосындысы төмендегідей анықталады. Мысалы, арбаға бір түзу сызық бойымен қарама-қарсы бағытта $\vec{F}_1 = 3 \text{ Н}$ және $\vec{F}_2 = 5 \text{ Н}$ күш әсер ететін болсын (57-а сурет). Бұл күштердің қосындысы $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ шама жағынан 8Н емес, 2 Н-ға тең болып, арбамен осы $|F| = 2 \text{ Н}$ күш оң жаққа қарай қозғалады (57-ә сурет).

Енді екі күш те бір жаққа бағытталған болсын (58-а сурет). Мұндай жағдайда екі күштің шамалары тікелей қосылады. Нәтижелік күш $|F| = 8 \text{ Н}$ болып, арба сол күш әсерімен оңға қарай қозғалады (59-ә сурет). Бір түзу сызық бойымен екі емес, одан да көп күш әсер етсе, нәтижелік күш әрбір күштің бағытына қарап, олардың шамалары қосылады немесе азайтылады.

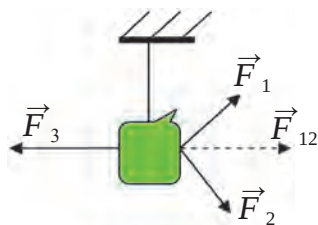
Егер әсер ететін күштер бір түзуде жатпаса, векторларды қосуда негізінен қосынды күш



58-сурет. Қарама-қарсы бағытталған күштер (а) және олардың қосындысы (ә)



59-сурет. Бір бағыттағы күштер (а) және олардың қосындысы (ә)



60-сурет. Үш күштің тепе-теңдігі

жинақталады. Мысалы, жүкті үш күш тартқан болсын (60-сурет). $\vec{F}_1$ және $\vec{F}_2$ күштердің тең әсер етушісі $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{12}$ -ге тең. $\vec{F}_{12}$ және $\vec{F}_3$ күштер өзара тең және қарама-қарсы бағытталғандықтан олардың тең әсер етушісі $\vec{F}_{12} + \vec{F}_3 = \vec{F} = 0$ болады. Нәтижеде бұл жүк тепе-теңдікте ілініп тұрады. Жүкке әсер ететін

Жердің тарту күші мен арқанның эластикалық күші де тепе-теңдікте болады.



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



1. Стол үстінде кітап жатыр. Кітап қандай күш әсерінде тыныш жатыр? Күш векторлары бағытын көрсетіп сызба сыз.
2. Денелердің өзара әсері нәтижесінде доп қозғалысқа келетін немесе қозғалыс бағытын өзгертетін үдерістерге мысал келтір.

§ 19. НЬЮТОННЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ – ИНЕРЦИЯ ЗАҢЫ

Дененің инерциясы

Тәжірибелер мен бақылаулар дененің жылдамдығы өз-өзінен өзгермейтінін көрсетеді. Алаңда жатқан допқа біреу әсер етсе, ол қозғалысқа келеді. Көшеде жатқан тасқа біреу әсер етпейінше, ол сол жерде жата береді. Әсер ету нәтижесінде дене жылдамдығының мөлшері ғана емес, өзгәалыс бағыты да өзгеруі мүмкін. Мысалы, теннис шары ракеткаға ұрылса, өз қозғалыс бағытын өзгертеді.

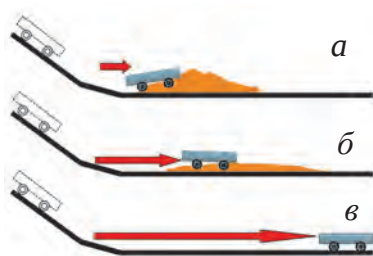


Дене жылдамдығының өзгеруі (көлемі не бағыты) оған басқа дененің әсер етуінен болады.

Дене үдеу алу үшін оған басқа бір денелер жүйесі әсер етуі керек. Бір шарға басқа шар келіп ұрылса, тыныш тұрған шар қанда да бір a_1 үдеу алып, қозғалысқа келеді. Сонымен қатар келіп ұрылған шар да жылдамдығын өзгертеді, яғни a_2 үдеу алады. Жылдамдықтың өзгеруі, яғни үдеу дейілгенде жылдамдықтың мөлшері ғана емес, бағыт та

өзгеретінін есте сақтау керек. Егер шарлар бірдей материалдан жасалып, өлшемдері бірдей болса, олар алған үдеу мән жағынан бірдей болады. Егер өлшемдері әртүрлі болса, үлкен шар аз үдеу, ал кіші шар үлкен үдеу алғанын көреміз. Бұл жағдайда үлкен шар кішісінен инерттілеу дейіледі. Тыныш тұрған денені қозғалысқа келтіру үшін ғана емес, қозғалыстағы денені тоқтату үшін де күш істету керек. Инерция (латынша әрекетсіздік, белсенділік жоқ) денелердің негізгі қасиеттерінің бірі, басқа денелер әсерінде дененің қандай үдеу алуы соған байланысты.

Тәжірибе өткізіп көрейік. Қиядан түсіп келе жатқан арбаның қарсысына құм төгіп қояйық. Арба құмды тосқауылға келіп ұрылып, тоқтайды (61-а сурет). Егер құм аздау болса алысыраққа барып тоқтайды (61-ә сурет). Егер құм себілмесе, арба одан да алысыраққа тоқтайды. (61-б сурет). Қарсылық қанша кемейтілсе, дене сонша түзу сызықты бір қалыпты жылдамд жақын жылдамдықта болады.



61-сурет. Арба қозғалысындағы түрлі тосқауылдардың әсері



Басқа дене әсері қанша кем болса, дененің қозғалыс жылдамдығының шамасы сонша кем өзгереді және оның қозғалыс траекториясы түзу сызыққа сонша жақын болады.

Егер денеге басқа денелерден ешқандай күш әсер етпесе, ол қандай қозғалыста болады? Оны тәжірибеден көрсе бола ма? Осы сұрақтарға Галилео Галилей тәжірибе жасап жауап беруге әрекет жасаған. Нәтижеде, егер денеге басқа денелер әсер етпесе, ол тыныш жағдайда немесе Жерге салыстырғанда түзу сызықты бір қалыпты қозғалыста болатыны анықталды. Инерцияның бар екенін өмірде өте көп көреміз. Мысалы егер жылдам келе жатқан велосипед бөгетке ұрылса, велосипедші алға қарай ұшып кетді (62-сурет). Өйткені ондайда ол өзінің қозғалыстағы жағдайын бірден тоқтата алмайды. Автобус кенеттен жүріп кетсе, оның ішінде тұрған адам арқаға қарай шалқаяды, өйткені адам өзінің тыныш күйін сақтауға ұмтылады.



62-сурет. Велосипедтің тосқауылға соғылуы



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.

Белгілі жылдамдықпен келе жатқан автомобиль бірден тоқтай алмайды. Сол жылдамдықпен келе жатқан пойыз составының тоқтауы үшін тағы да көбірек уақыт және қашықтық керек екен. Сондықтан жүріп бара жатқан транспорттың алдынан кесіп өту өте қауіпті.

Транспорттың тоқтауы кезіндегі басып өткен жолы тежегіш қашықтығы деп аталады.

Ньютонның бірінші заңы



Исаак Ньютон



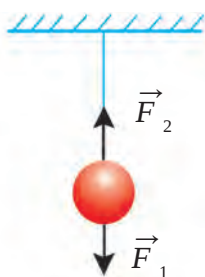
Әрбір дене басқа дене әсер етпейінше, өзінің тыныш күйін немесе түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын сақтайды.

Бұл заң **Ньютонның бірінші заңы** деп аталады.

Оны басқаша сипаттауға болады:



Егер денеге басқа денелер әсер етпесе, ол тұрақты бірдей жылдамдықта қозғалады немесе өзінің тыныш күйін сақтайды.



63-сурет. Күштер тепе-теңдігі

Жіпке ілінген шарға Жердің тарту күші $\vec{F}_1$ әсер етіп, төменге түсіруге әрекет жасаса, жіп $\vec{F}_2$ күшпен оны жоғарыға тартып, түсіп кетуіне жол бермейді (63-сурет). Нәтижеде шар ілінген күйінде тыныш тұрады. Егер жіп үзіп жіберілсе, дене төменге түсіп кетеді. Бұл жерде 6-бетте айтылған Ибн Синаның сөренің құлауы жайлы мысалды есімізге түсірсек жеткілікті. Яғни сөре оған әсер ететін екі күштің теңдігіне тепе-теңдікте тұрған еді. Жоғарыға көтеріп тұратын

ұстын алып тасталса ауырлық күшінің әсерінен сөре қозғалысқа келеді және құлайды.

Демек, әсер ететін күштер тепе-теңдігі, яғни олардың векторлық қосындысы нөлге тең болған жағдайда да дене өзінің тыныш күйін немесе түзу сызықты бір қалыпты қозғалысын сақтайды. 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 (64-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 кеми бастайды (65-сурет).



64-сурет. Допты теппесе, тыныштығы сақталады



65-сурет. Тебілген доптың қозғалысы



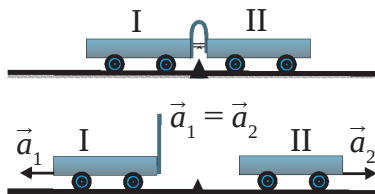
Тірек ұғымдар: дененің инерциясы, Ньютонның бірінші заңы.



1. Үлкен жылдамдықпен кетіп бара жатқан автобуста жүргізуші бірден тежегішті басса, жолаушылар қандай күйде болады? Сенің ойыңша кенеттен басталған бұл қозғалыс жылдамдығы қандай шамаларға байланысты?
2. Денеге бір-біріне қарағанда бұрыш астында әсер ететін үш күш векторларының қосындысын сызбада көрсет.

§ 20. ДЕНЕНІҢ МАССАСЫ

Денелердің инерттілігі



66-сурет. Инерттілігі бірдей арбалардың қозғалысы

Тәжірибе. Эластикалық пластинка орнатылған арба мен дәл сондай екінші арбаны 66-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:

$$\vec{a}_1 = \vec{a}_2.$$

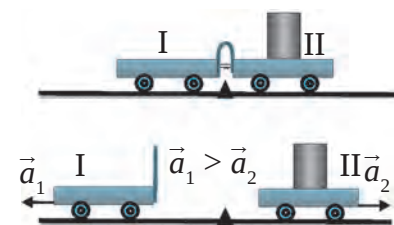
Енді екінші арбаның үстіне жүк қойып, тәжірибені қайталайық (67-сурет). Бірақ бұл жағдайда бірінші арбаның жылдамдығы екіншісіне қарағанда үлкен болады, яғни:

$$\vec{a}_1 > \vec{a}_2.$$

67-суреттегі 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.



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



67-сурет. Инерттілігі әртүрлі арбалардың қозғалысы

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. Тәжірибелерден көргеніміздей, бір дененің орнына сондай шамадағы екі дене бір-біріне жабыстырылып қойылса, бірдей шамадағы күш әсерінде олардың алған үдеуі екі есе кемейеді. Бірдей көлемдегі түрлі заттардан дайындалған денелер бірдей күш әсерінде түрліше үдеу алады, яғни инерттілігі әртүрлі көлемде болады. Демек, әрбір дене инерттілігін дене белгілі күш әсерінде алған үдеуді механикалық әдіспен өлшеу жолымен табуға болады.

Жоғарыдағы мысалдардан денелердің инерттілігі әртүрлі 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. Кез келген дененің массасы, ол қай жерде болмасын бірдей мәнге ие болады. Дене теңіз астында ма, басқа ғаламшарда ма, ғарышта ма айырмашылығы жоқ, массасы өзгермейді.

Халықаралық бірліктер жүйесінде массаның бірлігі ретінде килограмм (1 кг) қабылданған. Алғашында температурасы 4°C 1 дм³ (1 л) көлемдегі таза (дистилденген) судың массасы 1 кг-ға тең деп алынған еді. Бірақ эталон қажетті анықтықты бере алмады.



Килограммның эталоны ретінде платина мен иридийдің қоспасынан цилиндр пішінінде дайындалған 1 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. Ерте қолданылған қандай өлшеу бірліктерін білесің? Олардың қазір қолданылып жатқан Халықаралық бірліктер жүйесіндегі өлшеу бірліктерімен қатынасын жаз.
2. Неге зат көлемінің өлшеуі ретінде массаны пайдаланады?

§ 21. НЬЮТОННЫҢ ЕКІНШІ ЗАҢЫ

Үдеу мен күш арасындағы қатынас

Денеге күш әсер етпесе немесе әсер ететін күштердің векторлық қосындысы нөлге тең болса, дене өзгермейтін қозғалыс жасайтынын біліп алдық. Жылдамдығын өзгертуі, яғни үдеу алуы үшін денеге қандай да бір күш әсер етуі керек. Дене үдеу алуы үшін ол күш оған қандай әсер етеді. Бастапқы жылдамдықсыз 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

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

Мына тәжірибені өткізейік.

1-тәжірибе. Горизонталь столдың үстіне өте аз үйкеліспен қозғала-



68-сурет. Тәжірибе
кондырғысы

тын m массалы арбаны қояйық. Арбаға D динамометр орнатылып, динамометрдің екінші ұшына G катушадан өткізілген жіптің бір ұшы байланған. Жіптің катушадан асып түскен екінші ұшына табақша ілінген. Арбаға әсер ететін F күшті динамометрдің көрсеткішіне қарай анықтауға болады (61-сурет).

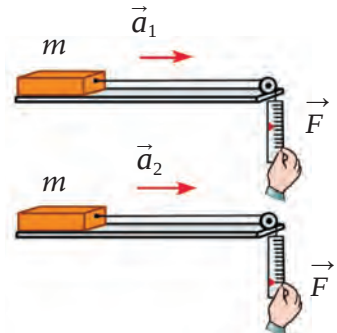
1. Табаққа сондай жүк қояйық, арбаны ұстап тұрғанда динамометрдің көрсеткіші, мысалы, $F_1 = 0,1$ Н болсын. Арбаны $s = 1$ м, жерден қойып жібергенде, ол бұл жолды $t_1 = 4,5$ с-та басып өтсін дейік. (1) формуладан алған үдеуі $a_1 \approx 0,1$ м/с² болады.

2. Табақтағы жүктің массасын арттырып, арбаға әсер етіп жатқан күшті $F_2 = 0,2$ Н деп алайық. Онда $s = 1$ м жолды арба $t_2 = 3$ с-та басып өткенін анықтауға болады. Бұл жағдайда арбаның алған үдеуі $a_2 \approx 0,2$ м/с² 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 $a_3 \approx 0,3$ м/с² болады.

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

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

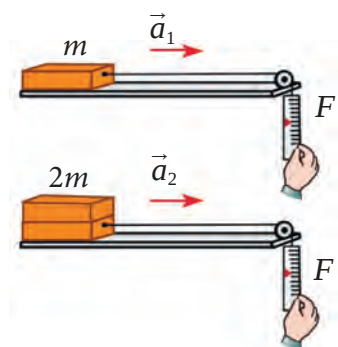


69-сурет. Үдеудің күшке
қатынасы



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.



70-сурет. Үдеудің массаға қатынасы

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 $a_1 \approx 0,1$ м/с² болады.

2. Арбаның үстіне дәл сондай басқа арбаны төңкеріп қояйық. Мұнда арбаның массасы $m_2 = 2$ кг болады. Арба $s = 1$ м жолды $t_2 = 6,5$ с-та басып өтетінін өлшеуге болады. Бұл жағдайда үдеу $a_2 \approx 0,05$ м/с² 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: $a_3 \approx 0,033$ м/с²-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/с² үдеу беретін күш.

Ньютонның екінші заңының векторлық көрінісі мынадай өрнектеледі:

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

Негізінде, Ньютонның бірінші заңы екінші заңының $F = 0$ - дағы жайы. Өйткені $F = 0 = ma$ да $m \neq 0$, болғандықтан $a = 0$ екені келіп шығады. Яғни, денеге күш әсер етпесе, онда үдеу болмайды.

Есеп шығару үлгісі

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

Берілген:

Формуласы:

Шешуі:

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

$$F = 100 \text{ Н}.$$

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

$$a = \frac{100 \text{ Н}}{0,05 \text{ кг}} = 2\,000 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Табу керек:

$$\text{Жауабы: } a = 2\,000 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = ?$$



Тірек ұғым: Ньютонның екінші заңы.



1.1 және 2-тәжірибелер негізінде арбаның үдеуін тауып, кестені толтыр және қорытынды шығар.

№	F , Н	m , кг	a , м/с ²	№	F , Н	m , кг	a , м/с ²
1	0,1	1		1	0,1	1	
2	0,2	1		2	0,1	2	
3	0,3	1		3	0,1	3	



- Егер массасы 2 кг денеге бір уақытта 10 Н және 15 Н күш әсер етсе, ол қандай үдеу алуы мүмкін.
- v жылдамдықпен қозғалған дене осы жылдамдықпен қозғалысын жалғастыру үшін тұрақты F күш әсер етіп тұруы шарт па? F Күш әсерін жоғалтса, дене де тоқтай ма?

§ 22. НЬЮТОННЫҢ ҮШІНШІ ЗАҢЫ

Тәжірибелер талдауы

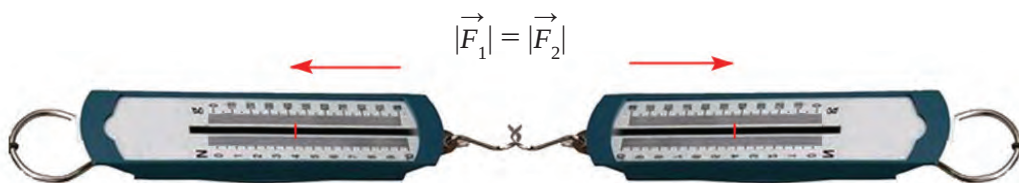
Табиғатта ешқашан бір дененің екінші денеге әсері бір жақтама болмайды. Бір дене екінші денеге әсер етсе, екінші дене де бірінші денеге әсер етеді.

§ 20-та өткізген тәжірибеге тағы да талдау жасап көрейік. 66-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 ($\vec{a}_1 = \vec{a}_2$) қозғала бастайды. Бұл екі арбаға бірдей шамадағы, бірақ қарама-қарсы бағыттағы F_1 және F_2 күштер әсер етеді

Өзара әсерлесетін денелердің массасы әртүрлі болғанда да бұл күштер шама жағынан бір-біріне тең болады. Оған сенімді болу үшін 67-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 әртүрлі болуына қарамастан, арбалардың бір-біріне әсер етуші күштері шама жағынан бірдей болады екен, яғни:

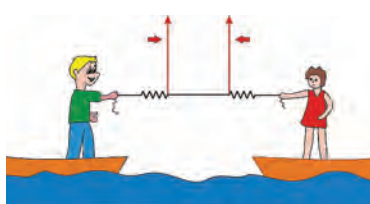
$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2. \quad (1)$$

Екі динамометрді бір-біріне жалғап, оларды қарама-қарсы жаққа қарай тартсақ (71-сурет) екі динамометрдің көрсеткіші бірдей екенін көреміз. Бұл бірінші динамометр қандай күшпен тартылса, екіншісі де сондай күшпен тартылғанын көрсетеді. Тартып жатқан күш шама-

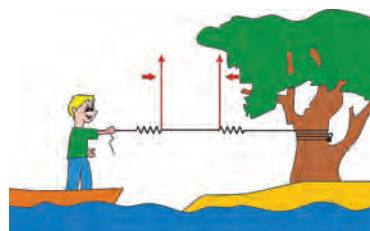


71-сурет. Қарама-қарсы жаққа тартылған динамометр көрсеткіштерінің теңдігі

сы қандай болмасын қарама-қарсы тартып жатқан күш шамасы тең екенін байқаймыз. Сонымен қатар біз динамометрлерді қарама-қарсы жаққа тартқан үшін бұл күштерді вектор көрінісінде бір түзу бойымен қарама-қарсы бағытталған күш көрінісінде өрнектеуіміз керек. Серіппелері созылуға молжалданған динамометрлер сияқты сығылуға молжалданған динамометрлерде де бірінші динамометр екіншісіне қандай күшпен әсер еткен болса, екінші динамометр біріншісіне дәл сондай күшпен әсер ететінін көреміз. 72-суреттегі бірінші қайықшы екінші қайықшыны қандай күшпен тартса, екінші қайықшы да бірінші қайықшыны сондай күшпен тартады. Нәтижеде екі қайық та бір-біріне қарай тартылады. Егер қайықшы басқа қайықты емес, жағадағы ағашты тартса өзі ағашқа сондай күшпен тартылады (73-сурет). Дәл солай 66 және 67-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:



72-сурет. Екі қайықтың бір-біріне тартылуы



73-сурет. Қайықтың ағашқа қарай тартылуы

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

мұнда минус таңбасы $\vec{F}_2$ күш $\vec{F}_1$ күшке қарама-қарсы бағытталғанын білдіреді:

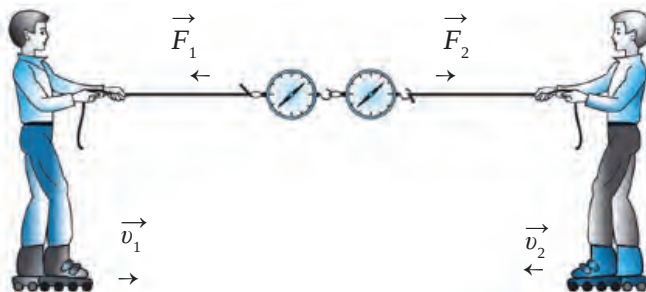


Өзара әсерлесетін екі дене бір-біріне шама жағынан тең және түзу сызық бойымен қарама-қарсы жаққа бағытталған күшпен әсер етеді.

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



74 - сурет. Кері әсер күштің көрінуі

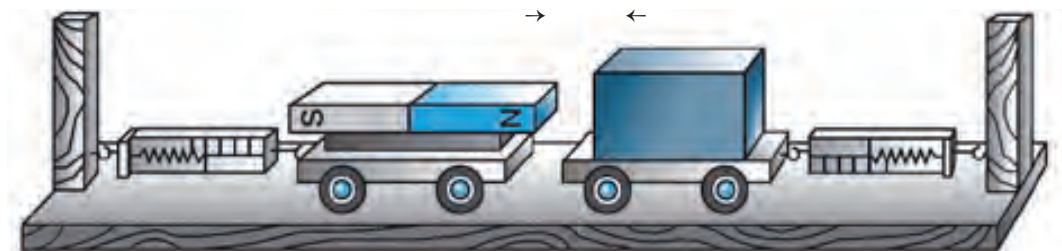
тартса, өзі де екінші балаға сондай кері әсер күшімен тартылады (74-сурет).

Тегіс жолаққа орнатылға екі арбаның біріне магнит, екіншісіне темір орнатылған болсын (75-сурет). Оларға әсер ететін күштерді әрбір арбаға бекітілген динамометр өлшейді. Егер арба бір-біріне жақындатылса, магнит темірді өзіне тартады. Арбалар тепе-теңдікке келгенде олардың артындағы динамометрлер көрсеткіші бірдей екенін көреміз. Арбалар арасындағы қашықтықты өзгертіп, әсер етіп жатқан күштер шамасын өзгерту мүмкін. Бірақ бәрібір бірінше арба екіншісін қандай күшпен тартса, екіншісі де біріншісін сондай күшпен тартып жатқанының куәсі боламыз.

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.

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

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



75-сурет. Темірдің магнитке тартылуы

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



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

Оған массалары әртүрлі арбалармен өткізілген тәжірибені мысалға келтіруге болады (67-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?

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m_1 = 50 \text{ кг};$ $m_2 = 200 \text{ кг};$ $v_1 = 10 \text{ м/с};$ $t = 0,5 \text{ с}.$	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$ дан $v_2 = v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2};$ $a_1 = \frac{v_1}{t};$	$v_2 = 10 \cdot \frac{50}{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}};$ $a_1 = \frac{10}{0,5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$
<i>Табу керек:</i> $v_2 = ?$ $a_1 = ?$ $a_2 = ?$	$a_2 = \frac{v_2}{t}.$	$a_2 = \frac{2,5}{0,5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$

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.



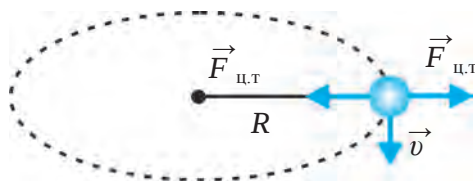
1. Ұшып бара жатқан ауа шары мен қолымыздың арасындағы жіпке кішкентай бір жүк асылған болсын, осы жіп бойынша үш күш әсер етуде: шар жіпті жоғарыға тартады; жүктің ауырлық күші оны төменге тартады; саусағымыз оны горизонталь бағытта тартады. Осы әсер күштеріне кері әсер күштерін тауып сызбада көрсет.



1. Балықшылық әуізінде екі бірдей қайық жағаға қарай жүзуде. Олардың бірі арқанмен жағалауға байланған. Бірінші қайықтан жағаға тасталған арқанды жағада тұрған және қайықтағы балықшы тартуда. Жағаға байланған екінші қайықтағы балықшы да өз арқанын тартуда. Егер олар бірдей күш жұмсайтын болса, қайсы қайық жағаға бірінші болып жетеді?
2. Динамометрдің екі ұшынан екі ат тартуда. Олардың әрқайсысы оны 100Н күшпен тартуда. Динамометр неше Н күшті көрсетеді?
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/с² үдеу алады. Сол дене 4 м/с² үдеу алуы үшін оған қандай шамадағы күш әсер етуі керек?

§ 23. ҚОЗҒАЛЫС ЗАҢДАРЫНЫҢ АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫСҚА ҚОЛДАНЫЛУЫ

Центрге тартқыш күш



76-сурет. Айналымды қозғалыста шарға әсер ететін 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 $a_{ц.т.}$ үдеуі төмендегідей боларын білеміз:

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

Дене қозғалысындағы үдеуді күш тудырады. Айналымды 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, $F_{ц.т.}$ -пен белгілейміз. Ньютонның екінші заңына сәйкес $F_{ц.т.} = ma_{ц.т.}$ екендігінен:

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



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 (76-сурет). Жіп шарды $F_{ц.т.}$ күшпен центрге тартып тұрады.

Шардың сызықты жылдамдығы v центрге тартқыш күшке перпендикуляр бағытталған болады.

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. Бұл күш центрден тепкіш күш деп аталады.

Центрден тепкіш күш центрге тарту күші сияқты төмендегідей өрнектеледі:

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

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

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

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 қабырға-

сынан 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.



Тірек ұғымдар: центрге тартқыш күш, центрден тепкіш күш.



1. Пойыз қозғалысында қауіпсіздік шараларын жасау үшін жолдың бұрылыс жерлерінде рельстерді қалай орнату керек?
2. Цирк аренасына орнатылған шеңбер бойынша мотоциклші қозғалыс жасап, жайлап қабырғаға шыға бастайды. Оның қабырғадан құлап кетпеуінің себебін айт?



1. Массасы 20 г шар 25 см ұзындықтағы жіпке байлап айналдырылуда. Айналу периоды 0,2 с болса, шардың сызықтың жылдамдығын және оған әсер етіп жатқан центрден тепкіш күшті тап.
2. А. 1-есеп шартындағы дене массасын екі есе үлкен деп алып, есепті шеш.
В. 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. А, В және D есептердің шешімін 1-есептің шешімімен салыстыр және қорытынды шығар.

§ 24. ЭЛАСТИКАЛЫҚ КҮШ

Деформация

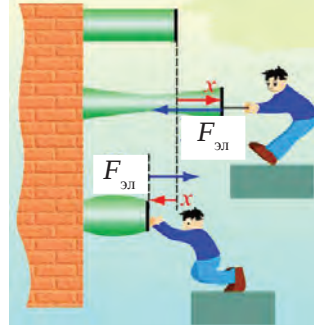
Егер денеге сыртқы күш әсер етсе, денені құрайтын бөлшектер бір-біріне қарай жылжуы және олардың арасындағы қашықтық өзгеруі мүмкін. Нәтижеде бөлшектер арасындағы өзара әсер күшінің (тартылу және итеру) тепе-теңдігі бұзылады. Егер күштің әсерінде олардың арасындағы қашықтық артқан болса, тартылу күші басымдық жасайды.

Егер керісінше, қашықтық кішірейсе итеру күші басымдық жасайды. Нәтижеде дененің түрлі нүктелерінде нөлден басқа ішкі

күштер пайда болады. Ішкі күштер қосындысы Ньютонның үшінші заңы бойынша сыртқы қойылған күшке тең және оның қарама-қарсы бағытталғаны (77-сурет).

Денеге күшпен әсер етсек, олар созылуы, сығылуы, иілуі, жылжуы немесе бұралуы мүмкін.

Кейбір денелерде бұл қасиет айқын көрінеді. Мысалы, сыртқы күш әсерінде резина немесе серіппе созылуы, сығылуы, бұралуы яки иілуі мүмкін.



77-сурет. Дененің созылуы мен сығылуы



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

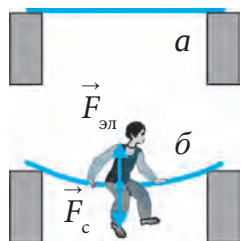
Деформациялар эластикалық және пластикалық деформацияларға бөлінеді. Сыртқы күштің әсері тоқтағанда дененің өзгерген пішіні мен көлемі алғашқы күйіне қайтса, эластикалық деформация болады. Мысалы, созылған резина немесе серіппе сыртқы әсер тоқтағаннан кейін өз күйіне қайтады. Сызғышты аздап иіп қойып 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.

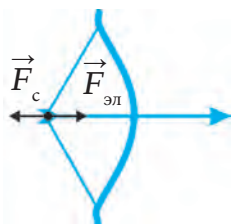
Төменде біз тек эластикалық денелермен жұмыс істейміз.

Эластикалық күштің пайда болуы

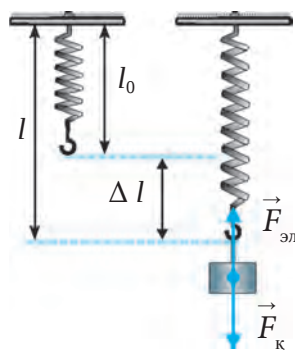
78-а суретте екі тірекке горизонталь қойылған жұқа тақтай көрсетілген. Егер оның ортасына бала отырса, тақтай иіліп, тоқтайды (78-б сурет). Тақтайдың иілуін қандай күш тоқтатып қалады? Баланың ауырлық күші әсерімен тақтай иіледі, (деформацияланады). Егер баланың ауырлық күшін $F_{\text{сыртқы}}$ күш десек, тақтайдың иілуіне кедергі жасайтын күш $F_{\text{эл}}$ эластикалық күш болады. $F_{\text{эл}}$ эластикалық күш F_c сыртқы күшке теңескенде тақтайдың иілуі тоқтайды. Бұл күштер бір-біріне қарама-қарсы бағытталған. Мұнда Ньютонның үшінші заңы орынды:



78-сурет. тақтайдың иілуі иілуі



79-сурет. Садақтың иілуі



80-сурет. Серіппенің созылуы

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



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

Садақ қатты тартылғанда (79-сурет), резина, серіппе созылғанда не сығылғанда F күшке қарсы $F_{эл}$ күш пайда болады.

Гук заңы

Тірекке орнатылған серіппе ілгегіне F_c күшпен әсер ететін жүк ілейік. Оған әсер ететін F_1 ауырлық күші төмен қарай бағытталады. Серіппе деформацияланып, F_c қарама-қарсы бағытталған $F_{эл}$ күш пайда болады (80-сурет). Нәтижеде серіппе Δl созылады: $\Delta l = l - l_0$. Оны серіппенің абсолют созылуы немесе абсолют деформация дейді. $F_{эл}$ эlastикалық күш F_c ауырлық күшіне теңескенде, серіппе созылудан тоқтайды. Серіппеге әсер ететін күшті арттырып отырсақ, абсолют деформация да пропорционал артады (81-сурет). Демек эlastикалық күш абсолют созылуға тура пропорционал екен, яғни.

$$\vec{F}_{эл} \sim \vec{\Delta l} \text{ немесе } \vec{F}_{эл} = -k \vec{\Delta l}, \quad (2)$$

Мұнда k – эlastикалық күш және абсолют созылуды байланыстыратын коэффициент болып, деформацияланып жатқан серіппенің **қатаңдығы** деп аталады. (2) формулада минус таңбасының қойылуының себебі эlastикалық күш пен абсолют созылудың қарама-қарсы бағытқа ие екендігі. Бұл формуладан k -ні тапсақ:

$$k = \frac{F_{эл}}{\Delta l}. \quad (3)$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде оның бірлігі Н/м болады.

(2) формула төмендегідей сипатталады:



Дененің эlastикалық деформациясы оған қойылған сыртқы күшке тура пропорционал.

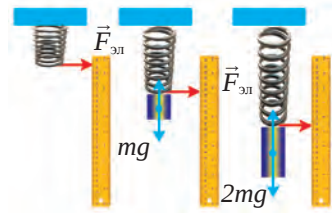
Бұл заңды 1660 жылы ағылшын ғалымы **Роберт Гук** тапқан. Сондықтан ол **Гук заңы** деп аталады. Дененің (серіппе, сым) қатаңдығы k қанша үлкен болса, оны ұзарту (созу) немесе сығу, яғни деформациялау соншама қиын болады. Гук заңындағы қатаңдық k түрлі денелер үшін әр түрлі. Мысалы, стерженнің ұзындығы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

$$k = E \frac{S}{l}, \quad (4)$$

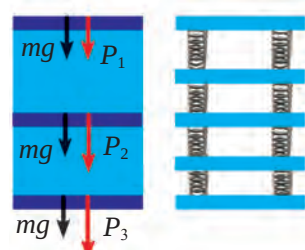
мұнда E – әр түрлі денелер үшін әртүрлі созылғыштық модулі (Юнг модуль).

Серіппе F_c сыртқы күштің әсерімен сығылғанда ол Δl ға қысқарады. Күш артса Δl да пропорционалды түрде артады (82-сурет), яғни Гук заңы орынды. Күнделікті тұрмыста созылу және сығылу деформацияларынан тыс иілу (83-сурет), жылжу (84-сурет), бұралу (85-сурет) деформацияларын көріп жүрміз.

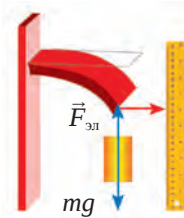
Гук заңының орындалуы кіші деформациялар үшін орынды. Эластикалық деформацияның сыртқы күшке байланысты графигі (86-сурет) сыртқы күштің белгілі мәніне дейін координата басынан өтетін түзу сызық болып, онда Гук заңы орындалады.



81-сурет. Деформацияның әсер ететін күшке байланыстылығы



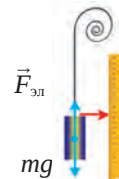
82-сурет. Сығылу деформациясының әсер етуі күшке байланыстылығы



83-сурет. Иілу деформациясы



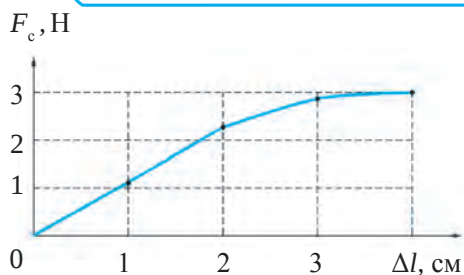
84-сурет. Жылжу деформациясы



85-сурет. Бұралу деформациясы



Гук заңы түзу орындалатын сыртқы күштің шекарасы эlastикалық шекарасы деп аталады.



86-сурет. Эlastикалық деформацияның сыртқы күшке байланыстылық графигі

86-суретте эlastикалық шекарасы 2,3Н-ға тең. Үлкен деформациялар үшін деформация және күш арасындағы байланыс едәуір күрделілікке ие болып, күш артуымен пластикалық деформацияның әсері артады. Мұнда деформацияланған денелер күш әсері тоқтағаннан кейін өз формасын қайта толық тіктемейді.

Есеп шығару үлгісі

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

Берілген:

$$F_{\text{вн}} = 300 \text{ Н};$$

$$\Delta l = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}.$$

Табу керек: $k = ?$

Формуласы:

$$F_c = k \cdot \Delta l;$$

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

Шешуі:

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

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



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



1. Қандай күштер теңескенде дене деформацияланудан тоқтайды?
2. Эlastикалық деформацияға қатысты қандай мысалдарды білесің?



1. 4 Н күштің әсерінен 5см-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. Массасы 200г жүк ілінгенде ұзындығы 8мм серіппе 12 мм болып қалады. Оның қатаңдығын анықта?

§ 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.

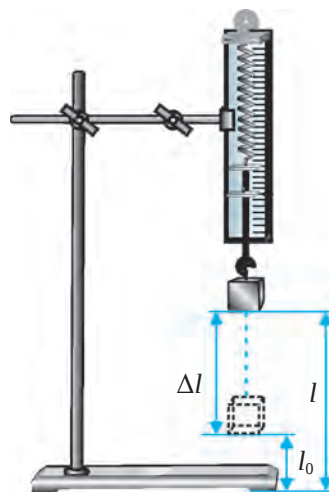
4. Динамометрдің ілгегіне m_1 массалы жүкті іл, оның әсерінен пружинаның Δl_1 ұзаруын өлше және нәтижені кестеге жаз.

5. Динамометр ілгегіне m_1 массалы жүктің орнына алдын m_2 , сосын m_3 . массалы жүкті іл. Екі жағдай үшін де жүктің әсерінен серіппенің Δl_2 , Δl_3 ұзаруын өлшеп, нәтижені кестеге жаз.

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

7. Әр өлшеген $k = F_{\text{вн}} / \Delta l$ және есептелген Δl_1 , Δl_2 , Δl_3 нәтижелерді F_1 , F_2 , F_3 формулаға қойып k_1 , k_2 , k_3 серіппенің қатаңдығын есепте және нәтижелерін кестеге жаз.

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



87-сурет. Серіппенің қатаңдығын анықтау құралдары

№	m	$F_{\text{вн}}$	Δl	k	$k_{\text{орт.}}$	$ k_{\text{орт.}} - k $	ε
1							
2							
3							

9. $\Delta k_0 = |k_{\text{орт.}} - k|$ формуладан абсолюттік қателікті тап.
10. $\Delta k_{\text{орт.}} = (\Delta k_1 + \Delta k_2 + \Delta k_3)/3$ формуладан абсолюттік қателіктің орташа мәнін есепте.
11. $\varepsilon = (\Delta k_{\text{орт.}} / k_{\text{орт.}}) \cdot 100\%$ формуладан салыстырмалы қателікті тап.
12. Нәтижелерді талда және қорытынды шығар. Тәжірибе өткізу барысында төмендегі сұрақтарға жауап табуға әрекет жаса.

1. Динамометр шкаласы бөлімінің мәні неге тең.
2. Динамометр шкаласының жоғарғы шекарасы неге тең?
3. Жүк ілінген динамометрдің серіппе көрсеткіші қай жерде тұруы керек?
4. Күшті өлшеу үшін динамометрді қалай орнату керек?
5. Күшті өлшеу уақытында динамометрдің шкаласына қалай қарау керек?



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 қатаңдығы k_1 , k_2 , k_3 дерлік бірдей мәнге тең?

IV ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Ньютон заңдары жай ғана екі формула: $\vec{F} = m\vec{a}$ және $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$, өрнектелсе, оларды әдеттен тыс дәрежеде мән бар. Айналамызда болып жатқан қозғалыстар: өзендегі судың ағуы, жер бетіндегі жел мен дауылдардың соғуы, жолдарда автомобильдердің тынымсыз жүруі, аспанда самолёттердің ұшуы, ғарышта ғаламшар, жұлдыз және галактика, сонымен қатар зымырандардың қозғалысына назар аудар. Бұл қозғалыстар және қозғалып

жатқан денелер бір-біріне тіпті ұқсамайды. Оларға әсер ететін күштер де әртүрлі. Бірақ осы қозғалыстардың және қозғалысқа қатысып жатқан денелердің барлығын қарапайым көрінген заңдар негізінде өрнектеу мүмкін.

Жалпы алғанда, Ньютон заңдары механиканың кез келген есебін шешуге мүмкіндік береді. Егер денеге қойылған күш белгілі болса, дененің кез келген кезіндегі, траекторияның кез келген нүктесіндегі үдеуін табуға болады. Ньютон заңдары, сондай-ақ дененің қозғалысы, яғни оның кез келген кездегі жағдайы белгілі болса, денеге қандай күш әсер етіп жатқанын анықтау мүмкіндігін береді.

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 гр массалы болат шар тұр. Егер оны горизонталь 50 мН күшпен түртіп жіберсе, шар қандай үдеумен қозғала бастайды. Үйкеліс есептелмесін?

6. Тегіс горизонталь бетте тұрған арбаға 4 Н өзгермейтін күшпен әсер еткенде ол 2 м/с^2 үдеу алды. Егер оған 6 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 $0,8 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғала бастады. Мотор автомобильге қандай күшпен әсер етеді? Үйкеліс күші мен ауаның кедергісі есептелмесін.

9. Бір-біріне қарама-қарсы қозғалған $0,5 \text{ кг}$ және $1,5 \text{ кг}$ 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 $0,5 \text{ м/с}^2$ 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?

17. Мотоцикл цирк аренасында 25 м диаметрлік шеңбер бойымен 45 км/сағ жылдамдықпен қозғалуда. Егер мотоциклге әсер ететін центрден тепкіш күш 2,5 кН болса, мотоцикл мен жүргізушінің біргеліктегі массасы қанша болады? Мұнда мотоцикл қандай центрге тартқыш күш алады?

18. 2Н күш әсерінде 10 см-ге созылған резинаның қатаңдығын тап.

19. Серіппелі таразыға 1 кг жүк ілінгенде оның серіппесі 8 см-ге созылған. Серіппенің қатаңдығын тап. Осы және кейінгі тиісті есептерде $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алынсын.

20. Қатаңдығы 60 Н/м серіппеге жүк ілінгенде, ол 5 см-ге созылды. Серіппеге ілінген жүктің массасын тап.

21. Қатаңдығы 10 Н/м резіңкеге 60 г жүк ілінгенде, ол қанша созылады?

22. Бір жағы біріктірілген ұзындығы бірдей екі серіппе бос жағынан ұстап тартылды. Сонда қатаңдығы 120 Н/м серіппе 4 см-ге созылды. Екінші серіппе 3 см-ге созылған болса, оның қатаңдығы қанша болады?

23. Массасы 1200 кг автомобильді 0,3 м/с үдеумен буксирге алғанда, қатаңдығы 40 кН/м тростың қаншаға созылатынын тап. Үйкеліс күшін есепке алма.



Ү тарау. СЫРТҚЫ КҮШТЕР ӘСЕРІНДЕГІ ДЕНЕ- ЛЕРДІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

§ 26. БҮКІЛӘЛЕМДІК ТАРТЫЛЫС ЗАҢЫ

Ай және басқа ғаламшарлар шеңбер бойлап дерлік тұрақты жылдамдықпен қозғалыс жасайды. Кез келген дене шеңбер бойымен қозғалуы үшін оған тұрақты күш әсер етіп тұруы керек. Егер ғаламшарларға ондай күш әсер етпесе, олар түзу сызықты тегіс қозғалыс жасаған болар еді. Енді динамика заңдарын қолданып, Айдың Жер айналасында айналуын қарастырайық. Ол тек тұрақты күш әсерінде ғана айналма қозғалыс жасайды. Ол күш Жердің тарталыс күші, ол Ньютонның II заңы бойынша: $|F| = m|a|$, формуламен анықталады, яғни Айдың массасы m қаншама үлкен болса, тартылыс күші де соншама үлкен болады: $|F| \sim m$. Ньютонның III заңындағы кері әсер бойынша, Ай да Жерді сондай күшпен тартады: $|F| = M|a|$, яғни Жер массасы M қаншама үлкен болса, тартылыс күші де соншама үлкен болады: $|F| \sim M$. Егер тартылыс күші F дене массасы m -ге, Жер массасы M -ге де пропорционал болса, демек бұл күш олардың көбейтіндісіне де пропорционал дегені:

$$|F| \sim mM. \quad (1)$$

Сонымен қатар Жер центрінен Жер бетіне дейінгі қашықтық Жер центрінен Айға дейінгі қашықтықтан 60 есе кіші. Жер үстіндегі центрге тартқыш күш болса Айдың орбита бойынша қозғалысындағы центрге тартқыш күштен 3600 есе үлкен, яғни.

$$|F| \sim 1/R^2. \quad (2)$$

(1) және (2) байланыстарды жалпылай жазсақ: $|F| \sim mM/R^2$ немесе:

$$|F| = G \frac{mM}{R^2}, \quad (3)$$

мұнда G – пропорционалдық коэффициенті.

Ньютон тарту күшінің мұндай табиғаты тек Жер мен Айдың арасындағы тартылысқа емес, Күн мен Жер (88-сурет), басқа планеталар мен Күн, айналамыздағы денелер мен Жер арасындағы тартылуға да тиісті екенін ашты.

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

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \quad (4)$$



88-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. (4) Латыншада *gravitas* тартылу, ауырлық дегенді білдіреді. Бұл заң бүкіл әлемдегі денелер арасындағы өзара тартылу күшін өрнектейтіндіктен ол **Бүкіләлемдік тартылу заңы** деп аталады. Бүкіләлемдік тартылуыс заңы төмендегідей өрнектеледі:



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

Өзара әсерлесетін денелер массасы $m_1 = m_2 = 1 \text{ кг}$ және олар арасындағы қашықтық $r = 1 \text{ м}$, болса (4) формулада F күштің сан мәні G -ге тең: гравитациялық тұрақты сан тұрғысынан әрқайсысының массасы 1 кг және араларындағы қашықтық 1 м болған екі дене арасындағы тартылыс күшіне тең. Ағылшын ғалымы Генри Кавендиш 1798 жылы оның сан мәні төмендегіге тең екенін анықтады:

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

$1/1,5 \approx 0,667$, 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.

Бүкіләлемдік тартылыс заңы әсерлесіп жатқан денелер өлшемдері олардың арасындағы қашықтықтан өте кіші болған жағдайда, яғни материалдық нүктелер үшін анық орындалады. Шар формасындағы денелер үшін олардың арасындағы қашықтық шар орталығынан өлшенсе, денелер арасындағы кез келген қашықтықта (4) формула

орынды екені белгілі болды. Сондықтан денелердің Жерге тартылуын есептеуде қашықтықты Жердің центрінен алу керек. Жердің радиусы 6 400 км болғандықтан дене жерден бірнеше он километр көтерілгенде де Жерге тартылу күші мөлшерінің өзгеруі дерлік сезілмейді. Айналамыздағы барлық денелер машиналар, адамдар, стол-стулдар, шкафтар, тіпті үйлер де бір-біріне тартылып тұрады. Бұл күштер өте кіші болғандықтан бізге сезілмейді. Бірақ Жер Айды тартуының нәтижесінде Ай Жерді айналса, Ай Жерді тартуының нәтижесінде Ай жаққа тура келген теңіз бен мұхит суының бірнеше метрге көтерілуі байқалады.

Жіпке бір затты іліп қойсақ, Жер денені тартуының нәтижесінде дене жіпті Жердің центріне қарай тартады. Бұл құбылысты құрылысшылар үйлерді Жерге перпендикуляр түрде құруда қолданады.

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 – $7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг} \approx 7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}$.
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>
$m_1 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг};$ $m_2 = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг};$ $G = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$ $r = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м};$	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$	$F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} \text{ Н} \approx$ $\approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н}.$
<i>Табу керек:</i> $F = ?$		<i>Жауабы:</i> $F \approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н}.$



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

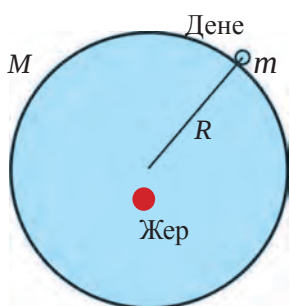


1. Массанды, Жердің массасын және радиусын біле отырып өзіңнің Жерге қандай күшпен тартылатынды есепте. Өзің мен Жер арасындағы қашықтықты Жердің радиусына тең деп ал.
2. Тартылу күшінің әсерімен түсіндірілетін Жерде болып жатқан құбылыстарға мысалдар айт.



1. Жер мен Айдың арасындағы тартылу күшін тап.
2. Әрқайсысының массасы 50 кг екі бала бір-бірінен 1м қашықтықта тұр. Балалар бүкіләлемдік тартылу заңы бойынша бір-біріне қандай күшпен тар-тылады?
3. Әрқайсысының массасы 3,5 тонна Жердің екі жасанды серігі бір-біріне 100м жақын келді. Олардың өзара тартылу күшін есепте.

§ 27. АУЫРЛЫҚ КҮШІ



89-сурет. Жер және оның сыртындағы дененің тартылуы

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

Бүкіләлемдік тартылу заңының формуласын пайдаланып Жердің бетінде тұрған $m_1 = m$ кг-массалы дене мен Жер шарының өзара тартылу күшін есептеп көрейік $m_2 = M$ (89-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. массалы дене мен $m = 1$ кг массалы Жердің тарту күшін табайық $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг:

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

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

Ньютонның екінші заңына сәйкес дене Жерге қандай күшпен тар-тылса, 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 $9,8 \text{ м/с}^2$ -қа тең үдеуге ие болады.

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

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

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

Демек, дененің массасы қанша болуынан тыс, жерге тартылыс күшінен a үдеудің мәні бірдей болады, яғни $9,8 \text{ м/с}^2$ -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:

$$F_T = mg. \quad (3)$$



Дененің Жерге тартылыс күшін ауырлық күші дейді.

(3) формула дененің ауырлық күші мен массасы арасындағы байланысты да өрнектейді. Бұл формула Жер бетінде N есебіндегі ауырлық күші kg 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:	Формуласы:	Шешуі:
$m = 10 \text{ т} = 10\,000 \text{ кг};$ $g = 9,8 \text{ м/с}^2.$	$F_{\text{ауыр}} = mg.$	$F_{\text{ауыр}} = 10\,000 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} =$ $= 98\,000 \text{ Н} = 98 \text{ кН}.$

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.



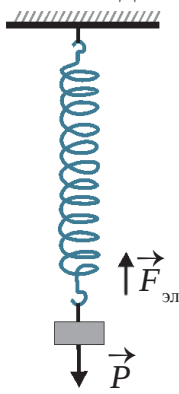
1. Бүкіләлемдік тартылыс заңына сәйкес, Жердің бетіндегі m массалы дене және Жер арасындағы өзара тартылыс күшінің формуласы қалай өрнектеледі?
2. Бүкіләлемдік тартылыс заңы және Ньютонның екінші заңының формулалары негізінде еркін түсу үдеуінің мәні қалай табылады?
3. Неліктен дене мен Жер арасындағы 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 алыңсың.
2. Массанды біліп, өзіңнің ауырлық күшінді 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..



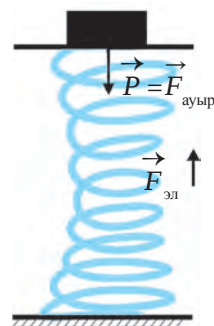
90-сурет. Дене ауырлық күшінің ілгекке әсері

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 нәтижесінде $F_{\text{эл}}$ эластикалық күші пайда болады (90-сурет). Эластикалық күш деген не және ол қалай пайда болады.

$F_{\text{ауыр}}$ ауырлық күшінің әсерінен жоғары қарай бағытталған $F_{\text{эл}}$ эластикалық күші артады. Белгілі мерзімнен кейін $F_{\text{эл}}$ эластикалық күші шама жағынан $F_{\text{ауыр}}$ ауырлық күшіне теңеседі, яғни бұл күштер тепе-тең болады және

серіппеге ілінген дене тыныш күйге келеді. Дененің тыныш күйінде аспаға $F_{\text{ауыр}}$ 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 $F_{\text{эл}}$ 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 $F_{\text{ауыр}}$ ауырлық күшіне тең күш әсер етеді (91-сурет). Бұл күш серіппе үстіндегі тірекке қойылған дененің салмағы.



91-сурет. Дене ауырлық күшінің тірекке әсері



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 $F_{\text{ауыр}}$ 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 Жердің 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 $F_{\text{ауыр}} = 0,1 \cdot 9,8\text{N} = 0,98\text{N} \approx 1\text{N}$. Бұл күш дене серіппеге ілінгенде де, серіппе созылғанда да, тыныш күйіне қайтқанда да өзгермейді. Бірақ, салмақ 0 мәннен 1



92-сурет. Дененің тірекке әсер күші

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:

$$F_{\text{ауыр}} = 10 \text{ Н};$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

Формуласы:

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

Шешуі:

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

Табу керек:

$$m = ? F_{\text{эл}} = ? F_{\text{ауыр}} = ?$$

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. Дененің массасы мен ауырлығы ұғымының арасында қандай айырмашылық бар? Біз іінді таразыда дененің массасын өлшейміз бе немесе ауырлығын ба?
2. Көтергіш кранның тросына массасы 2 т жүкті контейнер ілінген. Контейнерге әсер ететін күшті өз масштабыңмен график түрінде өрнекте.



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

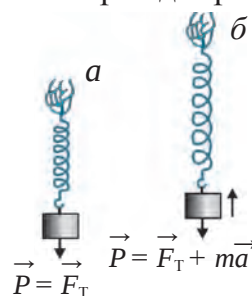
Асқын салмақ

Динамометрге m массалы денені іліп, оны тыныш күйінде ұстап тұрайық. Тепе-теңдік жағдайы тіктелгенде дененің салмағы $P = F_{\text{ауыр}}$ немесе $P = mg$ (1) болады (93-а сурет):

$$\vec{P} = \vec{F}_{\text{ауыр}} \quad \text{немесе} \quad \vec{P} = m\vec{g}. \quad (1)$$

Егер динамометрді жоғарыға қозғалтсақ, динамометрдің серіппесі созылады. Біраздан кейін яғни серіппенің эластикалық күші дененің салмағымен тепе-тең болғанда, дене жоғарыға a үдеумен қозғалады (93-ә сурет). Сонда динамометрдің көрсеткіші де артады. Бұл дененің салмағы да артады деген сөз. Мұнда салмақтың артуы ma -ға тең болады:

$$\vec{P} = F_{\text{ауыр}} + m\vec{a} \quad \text{немесе} \quad \vec{P} = m\vec{g} + m\vec{a}. \quad (2)$$



93-сурет. Дененің тыныш жағдайы және жоғарыға үдемелі қозғалысы



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

(2) және (1) формулалардағы ауырлық қатынасы $n = (g + a)/g$, ға тең болып, асқын салмақты құрайды. Осы формуланың көмегімен асқын салмақ мөлшерін анықтауға болады. Демек, жүктің өзінің астындағы тірекке әсер ететін ауырлығының мөлшері ауырлық күшінен тыс жүктің үдеуі бар жоғына да байланысты екен. Дене ауырлығы мен ауырлық күшінің айырмасы нөлден басқа болуының себебі оның үдеуінің барында.

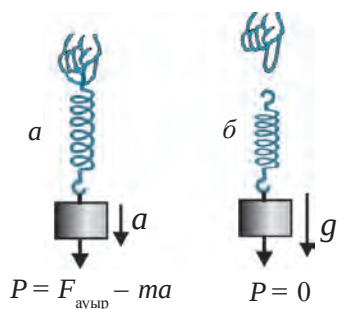


94-сурет. Лифттің үде-
мелі қозғалысы

Өмірде асқын салмаққа көп кездесеміз. Мыса-
лы, тыныштық күйіндегі лифт көтеріле бастаған-
да ол a үдеу алады. Мұнда оның ішінде тұрған
адам лифттің еденіне әдеттегіден көп күшпен
басады. Лифттегі адам салмағының артуы ta -ға
тең болады (94-сурет).

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

Салмақсыздық



95-сурет. Дененің (а) және
(б) үдеумен төменге қозға-
лысы

Енді динамометрді шұғыл төменге қарай
қозғалтайық. Мұнда динамометрдің серіппесі
сығылады. Бір сәтте серіппенің эластикалық
күші дененің салмағымен тепе-тең болады
да, дене төменге a үдеумен қозғалады (95-а
сурет). Осы уақытта динамометрдің көрсет-
кіші кемейеді. Бұл дененің салмағы да ке-
мейеді деген сөз. Мұнда салмақтың кемеюі
 ta -ға тең болады:

$$P = F_{\text{ауыр}} - ta \text{ немесе } P = mg - ta.$$



Дене төменге a үдеумен қозғалғанда оның салмағы кемиді.

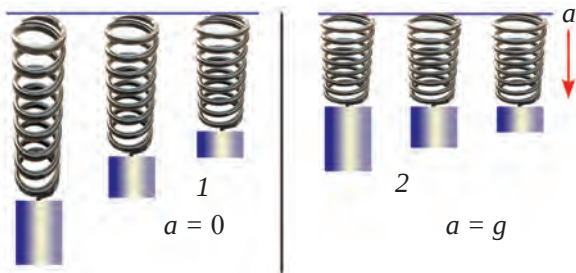
Тыныштық күйінде тұрған лифт a үдеумен төмен қарай қозғалғанда
оның ішіндегі адам ta -ға жеңілдейді.

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 салмақ-
сыздық жағдайын көрсетеді (95-б сурет):

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

Дененің ауырлығы – бұл Жерге тартылудың нәтижесінде дененің
үдеуі $a = 0$ болғандағы тірекке немесе аспаға әсер ететін күш (96-

a сурет). Еркін түсетін дене ($a = g$ -да) тірекке немесе аспаға әсер етпейді, яғни дене ауырлығы нөлге тең болады (95-б сурет). Өйткені мұнда тірек те, аспа да денемен бірге түсіп барады. Бірақ ауырлық күші нөлге тең емес, өйткені олар дәл осы күш әсерінде төменге түсіп барады. Демек, Жер бетіне еркін түсетін дене салмақсыздық күйінде болады. Денелердің еркін түсуі ауырлық күші – бүкіләлемдік тартылыс күші әсерінде көрінеді. Ғарыштағы барлық денелер Жер, Ай, Күн, ғаламшарлар, жұлдыздар, тағы басқа аспан денелерінің әсерінде болады. Сондықтан салмақсыздық күйін мынадай сипаттауға болады.



96-сурет. Үдеу $a = 0$ (1) және $a = g$ (2) болғандағы серіппенің созылуы



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.



97-сурет. Ғарышкер салмақсыздық жағдайында

Жылдам келе жатқан автомобиль бірден төменге қарай жүре бастағанда салмақсыздық жағдайын сезесің. Демалыс бақтарындағы «жүректі шошытатын» аттракциондарда асқын салмақ пен салмақсыздық құбылыстарының куәсі болған шығыарсың.

Онда аттракцион қатысушылары жоғарыға көтерілу басталысымен қосымша күш әсер етіп жатқанын, орындыққа ауырлық күшімен қысым болғанын, яғни асқын салмақты сезеді. Ал төмен қарай шұғыл түскенде еркін түсу үдеуімен қозғалуды бастаған қатысушылар салмақсыздықты сезінеді.

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?

<i>Берілгені:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m = 64 \text{ кг};$	$F_{\text{ауыр}} = mg;$	$F_{\text{ауыр}} = 64 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 630 \text{ Н};$
$a = 2,7 \text{ м/с}^2;$	$P = mg + ma;$	$P = 64 \text{ кг} \cdot (9,8 + 2,7) \text{ м/с}^2 = 800 \text{ Н}.$
$g = 9,8 \text{ м/с}^2.$	$P = m(g + a).$	
<i>Табу керек:</i>		<i>Жауабы:</i> $F_{\text{ауыр}} \approx 630 \text{ Н}; P = 800 \text{ Н}.$
$F_{\text{ауыр}} = ? P = ?$		



Тірек ұғымдар: асқын салмақ, салмақсыздық



- Егер дене горизонталь бағытта үдеумен қозғалса, оның ауырлығы өзгере ме? Асқын салмақ деп нені айтады?
- Жерге қонып жатқан ғарыш кемесі тежегіш алғанда, ғарышкердің ауырлығы қалай өзгереді?



- Әрқайсысының массасы 400 г екі кітапты бірінің үстіне бірін қойып, 5 мс^2 үдеумен бірге жоғары қарай көтеруде. Сондай үдеумен көтерілу кезінде үстіңгі кітап астыңғы кітапқа қандай ауырлықпен әсер етеді? Есептерді шығарғанда $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алынсын.
- Массасы 500 кг жүк: а) вертикаль жоғарыға; б) горизонталь; в) вертикаль төменге біртегіс жылжуда. Бұл жағдайлардың әрқайсысында жүкке әсер ететін ауырлық күші және оның ауырлығы неге тең?
- Массасы 3 кг дене үдеумен жоғарыға көтеріліп, салмағы 39 Н-ға жетті. Дене қандай үдеумен көтерілген?

§ 30. ЖЕРДІҢ ТАРТЫЛЫС КҮШІ ӘСЕРІНДЕГІ ДЕНЕЛЕРДІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы

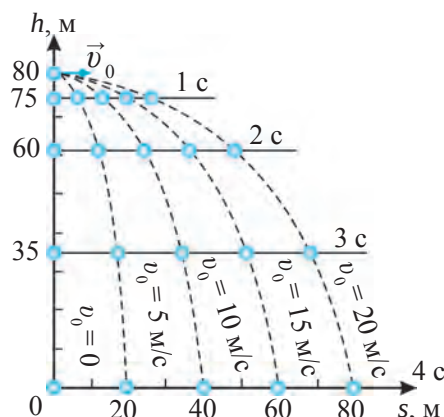
Мылтықтан горизонталь бағытта атылған оқтың, моторы өшіп қалған самолеттің немесе одан тастап жіберген денелердің қозғалыс траекториясы қандай болады, олар қай жерге барып түседі, деген сұрақтарға жауап табайық.

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.

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 соңындағы жерден биіктіктері де бірдей болып, бастапқы жылдамдықсыз тасталған денедегі сияқты болады.



98-сурет. Биіктіктен горизонталь бағытта лақтырылған дененің қозғалысы



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 қисық 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 98-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 $t = 4 \text{ с}$ деп алып, (1) формуладан әрбір жағдай үшін s қашықтықты табамыз v_0 :

$$1) v_0 = 5 \text{ м/с}$$

$$s = 5 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 20 \text{ м};$$

$$2) v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$s = 10 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 40 \text{ м};$$

$$3) v_0 = 15 \text{ м/с}$$

$$s = 15 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 60 \text{ м};$$

$$4) v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$s = 20 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 80 \text{ м}.$$

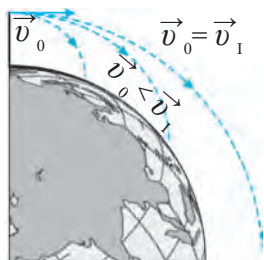
Демек, горизонталь лақтырылған дене екі түрлі қозғалысқа қатысады, яғни горизонталь бағытта түзу сызықты өзгермейтін жылдамдықты жалғастырады және Жердің тартылыс күшінің әсерінде вертикаль бағытта өзгертін жылдамдықпен еркін түсу үдеуімен төменге еркін түседі.

Бір уақытта әрі горизонталь, әрі вертикаль қозғалыс жасаған дененің нәтежелі жылдамдығы векторлардың қосындысы көрінісінде төмендегідей өрнектеледі:

$$\vec{v} = \vec{v}_\Gamma + \vec{v}_\text{в}.$$

Мұнда v_Γ — дененің горизонталь бағыттағы жылдамдығы; $v_\text{в}$ — дененің вертикаль бағыттағы жылдамдығы.

Бірінші ғарыштық жылдамдық



99-сурет. Бірінші ғарыштық жылдамдыққа жету

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 (99-сурет) және белгілі орбита бойлап V_1 жылдамдықпен Жерді айналып жүреді. Ондай дене **Жердің серігі** деп аталады.

Бүкіләлемдік тартылыс заңының формуласы тек жер сыртында ғана емес, Жер сыртынан h биіктіктегі еркін түсу үдеуінің мәнін де есептеу мүмкіндігін береді:

$$g_h = G \frac{M}{(R + h)^2}. \quad (2)$$

Демек, биіктік h артуымен еркін түсу үдеуі кемейеді екен. 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:

$$v_1^2 = gR. \quad (3)$$

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:

$$v_1 \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с} \text{ немесе } v_1 \approx 7,9 \text{ км/с}. \quad (4)$$



Жердің тартылыс күшінің әсерінен дененің Жердің айнала-сында шеңбер бойлап қозғалуына жеткізетін жылдамдық бірінші ғарыштық жылдамдық дейіледі.

Есеп шығару үлгісі

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

Берілген:

Формуласы:

Шешуі:

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

$$h = \frac{gt^2}{2};$$

$$h_1 = h - h_0;$$

$$s = v_0 t.$$

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

$$h_1 = (20 - 1) \text{ м} = 19 \text{ м};$$

$$s = 15 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ с} = 30 \text{ м}.$$

$$\text{Жауабы: } h_1 = 19 \text{ м}; s = 30 \text{ м}.$$



Тірек ұғымдар: горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы, бірінші ғарыштық жылдамдық



1. Төмендегілер үшін еркін түсу үдеуін есепте: Жер ($R = 6400 \text{ км}$, $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$); Марс ($R = 3400 \text{ км}$, $g_0 = 3,6 \text{ м/с}^2$); Венера ($R = 6000 \text{ км}$, $g_0 = 8,4 \text{ м/с}^2$); Ай ($R = 1760 \text{ км}$, $g_0 = 1,7 \text{ м/с}^2$).
2. Массасы мен радиусы Жер массасынан және радиусынан 2 есе үлкен ғаламшар үшін бірінші ғарыштық жылдамдықты тап.



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, $h = 300 \text{ км}$ 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 қарағанда, 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 ғарыштық жылдамдыққа арттырылады және бағыты горизонталь жағдайда болады (100-сурет).

Ғарыштың игерілуі

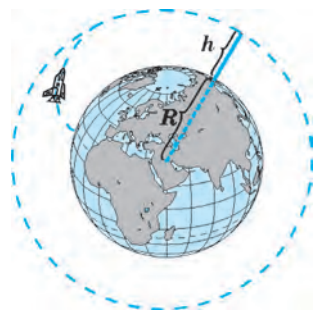
Адамзат тарихында бірінші рет 1957 жылы 4 қазанда массасы 83 кг дене қуатты тасымалдаушы-зымыранның көмегімен қажет биіктікке шығарылып, оған бірінші ғарыштық жылдамдық беруге қол жеткізілді. Шар пішінді бұл дене Жердің айналасында орбита бойымен айнала бастаған, яғни жасанды серікке айналған.

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 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



100-сурет. Ракетаның h биіктікте орбита бойлап қозғалыс траекториясы



Космонавт Владимир Жәнібеков



Космонавт Салижан Шарипов

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.

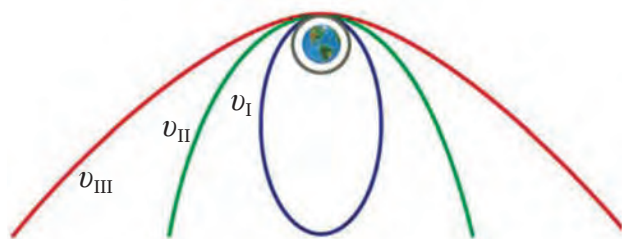


101-сурет. Жердің жасанды серігінің пайдаланылуы

Қазір космонавтика өте дамыған. Жердің айналасында түрлі мемлекеттердің көптеген Жерден басқарылатын жасанды серіктері ұшып жүр. Олардың көмегімен ғарышты зерттеумен қатар Жердегі ауа райы, Жердегі әртүрлі 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



102-сурет. Ғарыштық жылдамдық

да 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. Ғарышкер ғарыш кемесінен сыртқа шықса салмақсыздық жағдайы бола ма?
2. Жердің жасанды серігінің қозғалысын тегіс үдерістегі қозғалыс деуге бола ма?

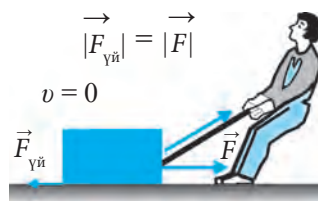


1. Массалары 1200 кг екі автомобиль масса орталықтары арасындағы қашықтық 5 м-ға тең. Автомобильдер бірін-бірі қандай күшпен тартады?
2. Бір-бірінен 100 м қашықтықта тұрған 8 000 т және 12 500 т массалы екі кемелің өзара тартылу күшінің бірлігін тап.
3. 99-бетте берілген мәліметтерді пайдаланып, Күн мен Жер арасындағы тартылу күшін тап.
4. Массасы 100 т үй Жерге қандай күшпен тартылады? Үйдің ауырлығы қанша?
5. Жер сыртында тыныш тұрған жүк машинасының ауырлығы 100 кН-ға тең. Жүк машинасының массасын тап.
6. Жер сыртында тұрған 1 кг массалы дененің ауырлық күші неге тек?
7. Лифт 5 м/с² үдеумен төмен қарай қозғала бастады. Сол кезде лифт ішіндегі 45 кг массалы баланың ауырлығы қанша болады?
8. Лифт 2,5 м/с² үдеумен жоғары қарай қозғала бастады. Сол кезде лифт ішіндегі 90 кг массалы адамның ауырлығы қанша болады?
9. Жер бетінен қандай биіктікте бірінші ғарыштық жылдамдық 6 км/с-ке тең болады?

§ 32. ҮЙКЕЛІС КҮШІ. ТЫНЫШТЫҚТАҒЫ ҮЙКЕЛІС

Үйкеліс күші

Жылдам келе жатқан автомобильді тоқтату үшін тежегіш басылады. Төбешіктен сырғанап түскен шана горизонталь бағытқа өткенде оның жылдамдығы кемейіп барып тоқтайды. Бұл құбылыстарда жылдамдықтың өзгеруі, яғни кемеюі айқын көрінеді. Кез келген жылдамдықтың өзгеру себепшісі күш. Енді механикада оқылатын тағы бір күш – үйкеліс күші жайлы айтамыз. Жерде тұрған жүкті сүйреу үшін оған қозғалыс бағытында F күшпен әсер ету керек (103-сурет). Мұнда жүктің қозғалысына қарсылық жасайтын және қозғалыс бағытына қарама-қарсы бағытталған F_1 күш пайда болады.



103-сурет. Үйкеліс күшінің көрінуі



Бір дененің басқа дененің бетінде қозғалуынан пайда болатын және қозғалысқа қарсы бағытталған күш үйкеліс күші деп аталады.



104-сурет. Үйкелістің пайда болуы

Үйкеліс ешқандай қозғалысты туындатпайды. Бірақ не ол күш деп аталады, деген сұрақ туындайды. Оған себеп, үйкеліс күші қозғалысты баяулатады. Демек, күш тек қозғалысты туындатып қана қоймай оны баяулатуы да мүмкін екен. Стол үстінде жинаулы тұрған кітаптарды жылжыту үшін күшпен әсер етіп, үйкеліс күшін жеңуіміз керек. Автомобильде тежегіш басылса ол лезде тоқтайды. Таспалы ұзатқыш та үйкелістен шкивтерді айналдырады (104-сурет).



Үйкеліс күшінің пайда болуының бірінші себебі – бір-біріне тиіп тұратын денелердің кедір-бұдырлығы.



105-сурет. Денелердің лупада көрінуі

Тіпті өте теп-тегіс көрінетін денелердің сыртында да кедір-бұдыр мен тырналған жерлер болады. Тегіс денелер лупаның көмегімен қараса, оның кедір-бұдыры анық көрінеді (105-сурет).

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 (106-сурет).



106-сурет. Транспортёрда жүкті жоғарыға шығару

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 (107-сурет).



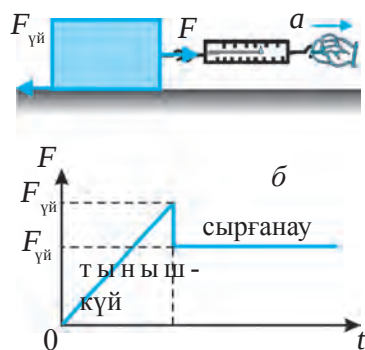
107-сурет. Жүргенде үйкелістің пайда болуы

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

Үйкеліс күші $F_{\text{үй(т)}}$ әсер етіп жатқан күш F -ке пропорционал түрде өзгереді: $F_{\text{үй(т)}} = kF$. Мұнда k – үйкеліс коэффициенті. Оның мәні әсерлескен денелердің материалына, беттерінің тегістігіне, тағы басқа жайттарға байланысты.



108-сурет. Үйкелістен жолақтың артқа қозғалысы



109-сурет. Тыныштықтағы және сырғанау үйкелістің пайда болуы (а) және олардың графигі (ә).

ды және белгілі максимал $F = F_{үй(t)}$ мәнге жеткенде дене орнынан қозғалады (109а-сурет). Мұнда $F_{үй(t)}$ – тыныштықтағы үйкеліс күші.



Дененің тыныштық күйден қозғалысқа түсу кезіндегі үйкеліс күші тыныштықтағы үйкеліс күші дейіледі.



Тірек ұғымдар: үйкеліс күші, тыныштықтағы үйкеліс, тыныштықтағы үйкеліс күші.



1. Неге кейбір жүк машиналарының артқы доңғалағына шынжыр байланады?
2. Тірі балықты қолда ұстап тұру неге қиын?
3. Ұсталар неге детальдарға шурупты бұраудан алдын оған сабын жағады?
4. Үйкеліс қай кезде пайдалы, қай кезде зиянды екеніне мысал келтір.

§ 33. СЫРҒАНАУ ҮЙКЕЛІСІ. ДОМАЛАУ ҮЙКЕЛІСІ

Сырғанау үйкелісі

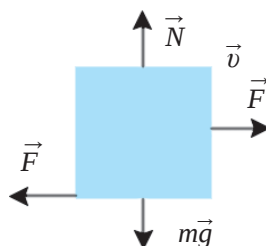


Бір дененің үстінде басқа дене сырғанағанда үйкеліс пайда болады. Бұндай үйкеліс сырғанау үйкелісі дейіледі.

Мысалы, стол үстіндегі кітапты жылжытқанда үйкеліс пайда болады. 109-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 (109-э сурет).

Егер сырғанап жатқан дененің үстіне жүк қойсақ, өлшенетін үйкеліс күші артады. Тәжірибе көрсеткендей, горизонталь бағытта бір қалыпты қозғалған дене денеге әсер ететін F күш дененің ауырлығы $P = mg$ -ға тура пропорционал болады. Ньютонның үшінші заңы бойынша дене үйкелетін бетке қандай күшпен әсер етсе, ол бет те денеге сондай күшпен кері әсер етеді (110-сурет). Сырғанау үйкеліс күші F денеге әсер ететін күш F -ке көлемі жағынан тең. Кері әсер күші тіректің реакция күші – N дейіледі. Бұл әрдайым бетке перпердикуляр бағытта болады. Демек, сырғанау үйкеліс күші $F_{\text{үй(сыр)}}$ реакция күші P -ға пропорционал болады:



110-сурет. Сырғанау үйкелістегі векторлық шамалар бағыты

$$F_{\text{үй.к}} = \mu N \quad \text{немесе} \quad F_{\text{үй.к}} = \mu mg, \quad (1)$$

мұнда μ (муи) – сырғанау үйкеліс коэффициенті болып, оның мәні бір-біріне үйкеленетін денелердің материалына, беттерінің тегістігіне және басқаларға тәуелді. Сырғанау үйкеліс коэффициентін (1) формуладан табамыз:

$$\mu = \frac{F_{\text{үй.к}}}{N} \quad \text{немесе} \quad \mu = \frac{F_{\text{үй.к}}}{mg}. \quad (2)$$

Кейбір жұп материалдар үшін сырғанау үйкеліс коэффициентінің шамалас мәндері төмендегі кестеде берілген.

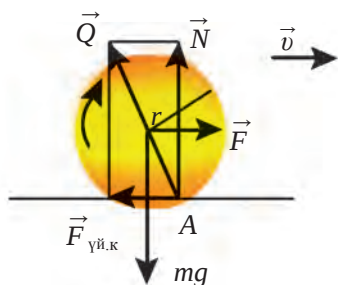
3-кесте

№	Материалдар	μ	№	Материалдар	μ
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.



111-сурет. Домалау үйкеліс-тегі векторлар бағыты

Доңғалақ дөңгелегеде, бөшке немесе бөренелер домалатылғанда домалау үйкелісі пайда болады.

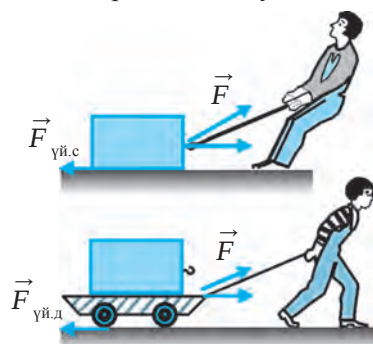
Домалау үйкелісі пайда болуының басты себебі доңғалақ тиіп тұрған бетте ауырлық күшінің әсерінен пайда болған деформация. Домалаудың нәтижесінде доңғалақта және дөңгелеген бетте шұқыр пайда болады. Шұқыр доңғалақтың айналуына кедергі жасайды. Доңғалақ беті мен домалап жатқан

бет қанша қатты болса, доңғалақ дөңгелегенде сонша аз деформацияланады және домалау үйкеліс күші $F_{үй(д)}$ – соншама кіші болады (111-сурет). Темір жолдың іздерінде үйкеліс күші өте кіші болатынының себебі де сонда.

Арбадағы әрбір доңғалақтың домалау үйкеліс күшін анықтауға болады. Ол үшін арба динамометр арқылы бірдей жылдамдықта тартылады. Мұнда арба дөңгелектерінің домалау үйкеліс күшін $F_{үй(д)}$ динамометр көрсеткен F күштің мәніне тең болады (112-сурет). Бұл күштің мәнін 4-ке бөлсе, арбадағы әрбір доңғалақтың домалау үйкеліс күші анық болады.



112-сурет. Домалау үйкеліс күшін анықтау



113-сурет. Сырғанау және домалау үйкелістерінің салыстырылуы

Домалау үйкеліс күші сырғанау $F_{үй(д)}$ үйкеліс күші $F_{үй(с)}$ -нен көп есе кіші (113-сурет). Сондықтан ертеде адамдар ауыр жүктерді бір жерден екінші жерге көшіргенде бөренелерді пайдаланған. Доңғалақ жасалғаннан кейін оны пайдаланған. Доңғалақтың 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:

$$F_{\text{үй.к}} = \mu_{\text{к}} \frac{P}{r}; \quad (3)$$

Мұнда $\mu_{\text{д}}$ – домалау үйкеліс коэффициенті. Оның мәні бір-біріне үйкелетін денелердің материалына, бетінің тегістігіне және басқаларға байланысты. $\mu_{\text{д}}$ дың жуық мәні полат пен полат үшін 0,2 мм-ге, автомобиль доңғалағының резинасы мен асфальт үшін 2 мм-ге тең. Тақтайдың еденге үйкеліс күшін өлшеу үшін ағашқа динамометрді жалғаймыз. Динамометрді горизонталь жағдайда ұстап, ағашты еденге салыстырмалы түрде тегіс қозғалтамыз. Дене тегіс қозғала бастағанында динамометрдің көрсеткіші үйкеліс күшін көрсетеді. Ағаштың тегіс қозғала бастауы әсер етуші күш пен үйкеліс күші бір-біріне тең екенін көрсетеді. Тек бұл күштер қарама-қарсы бағытталған болады. Егер ағаштың үстіне жүк қойсақ, жүксіз жағдайға салыстырғанда көбірек үйкеліс пайда болғанын байқаймыз. (2) формуладан домалау үйкеліс коэффициентін табайық:

$$\mu_{\text{к}} = F_{\text{д.к}} \frac{r}{P} \quad \text{немесе} \quad \mu_{\text{к}} = F_{\text{д.к}} \frac{r}{mg}. \quad (4)$$

Демек, домалаған дене радиусы қаншама үлкен болса, домалау үйкеліс коэффициенті соншама үлкен болады екен.

Есеп шығару үлгісі

2 т массалы автомобильдің доңғалағы мен асфальт арасындағы домалау үйкеліс күшін тап. Доңғалақтың диаметрін 1 м, резина мен асфальт арасындағы домалау үйкеліс коэффициенті 2 м. Ал, $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Берілгені:

Формуласы:

Шешуі:

$$\begin{array}{l} m = 2 \text{ т} = 2 \text{ 000 кг}; \\ \mu_{\text{д}} = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}; \\ D = 1 \text{ м}; g = 10 \text{ м/с}^2. \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} P = mg; \\ r = \frac{D}{2}; \\ F_{\text{үй.к}} = \mu_{\text{к}} \frac{P}{r}. \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} P = 2000 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 20 \text{ 000 Н}; \\ r = \frac{1}{2} \text{ м} = 0,5 \text{ м}; \\ F_{\text{үй.к}} = 0,002 \text{ м} \cdot \frac{20 \text{ 000 Н}}{0,5 \text{ м}} = 80 \text{ Н}. \end{array} \right.$$

Табу керек:

$$F_{\text{үй.к}} = ?$$

$$\text{Жауабы: } F_{\text{үй.к}} = 80 \text{ Н}.$$



Тірек ұғымдар: сырғанау үйкелісі, сырғанау үйкеліс күші, сырғанау үйкеліс коэффициенті, домалау үйкелісі, домалау үйкеліс күші, домалау үйкеліс коэффициенті.



1. Домалау үйкеліс күшін түсіндіріп бер. Оның формуласы қалай өрнектеледі?
2. Айналаңдағы 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-ды 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 $F_{\text{үй(с)}}$ сырғанау үйкеліс күшіне тең деп алып, оны кестеге жаз.
4. 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 кестеге 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	P , Н	$F_{\text{тр.с}}$, Н	μ	$\mu_{\text{орт}}$
1					
2					
3					

7. Абсолют қателік пен салыстырмалы қателікті тап.

8. Зертханалық жұмыс нәтижесін талда және қорытынды жаса.

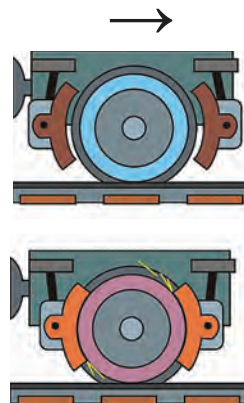
§ 35. ТАБИҒАТ ЖӘНЕ ТЕХНИКАДАҒЫ ҮЙКЕЛІС

Үйкелістің маңызы

Табиғатта және техникада үйкеліс өте үлкен маңызға ие. Үйкеліс пайдалы немесе зиянды болуы мүмкін. Үйкеліс пайдалы болғанда оны арттыруға, 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.

Вагон доңғалағын айнарудан тоқтату үшін үйкеліс күші пайдаланылады (114-сурет). 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 (115-сурет).



114-сурет. Вагон доңғалағының тежелуі

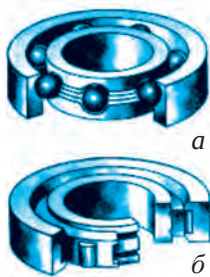


115-сурет.
Автомобиль
шинасының
сырты

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 әртүрлі органдары үйкелістің нәтижесінде ұстап қалу міндетін атқарады. Мысалы, өсімдіктердің шырмауығы, пілдің тұмсығы, жорғалаушы жануарлардың құйрығы кедір-бұдырлы болады.

Зиянды үйкеліс және оны кемейту



116-сурет.
Шарикті (а) және
роликті (б) под-
шипниктер

Бір-бірінің үстінде қозғалатын беттерде пайда болатын үйкелістер көп жағдайларда зиянды болады. Бұндай жағдайларда үйкелісті азайтатын әртүрлі 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 бөліктеріне подшипниктер кигізіледі. Подшипниктердің білікке тікелей тиіп тұратын бөлігі – сына полат, шойын немесе қоладан жасалады. Сынаның ішкі бетіне қорғасын немесе қалайының әртүрлі 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 подшипниктердің қолданылуы домалау үйкеліс күшінің аздығына негізделген. Бұндай подшипниктерде айналып жатқан білік подшипниктің қозғалмайтын сынасында сырғанамастан, полат шарлар мен роликтердің үстінде домалайды (116-сурет).

Подшипниктің қатты полаттан дайындалатын ішкі шеңбері білікке өткізіледі. Сыртқы шеңбері машинаның корпусына бекітілген. Білік айналғанда ішкі шеңбер шарлар немесе роликтер де домалайды. Шарлар мен роликтер шеңбер арасына орналастырылады. Шарикті немесе роликті подшипниктер қолданылғанда олардың үйкеліс күші сырға-

найтын 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. Кедір-бұдырлары тегістеліп, атом және молекулалар дәрежесінде тегістелген подшипниктер үйкелісінің аздығымен ерекшеленіп тұрады. Ауа немесе сұйықтықтардың қарсылық күшін кемеіту мақсатында үлкен жылдамдықпен қозғалатын денелер овал формасында жасалады. Сондай формада жасалған самолёт және сүңгуір кемелерде қарсылық күшінің кемеюінің есесінен үлкен жылдамдыққа қол жеткізіледі, жанармай шығыны да кемеіеді. Аспанда ұшатын құстар мен суда жасайтын көп жанзаттар да овал формасында боатынының себебі де осында.

Қар және мұздарда адамдардың жығылмауы, автомашиналардың тоқтай алмай апатқа ұшырамауы үшін жолдарға құм, тұз немесе топырақ сеуіп, үйкеліс күшін арттырады. Бірақ шаңғы немесе шаналарда сырғанау үшін олардың астыңғы жағы тегістеліп, арнаулы маймен майланады.

Үйкеліс күші денелердің бір-біріне тікелей соқтығуынан пайда болады және барлық уақытта соқтығу сыртқа бағытталатынын естеріңе саламыз. Осы қасиетімен үйкеліс күші соқтығу сыртына тік бағытталған эластиикалық күштен ерекшеленеді.

Дененің үйкеліс күшінің әсеріндегі қозғалысында осы күш әрқашан қозғалыс векторына қарама-қарсы бағытталған болады. Демек, үйкеліс күші дене жылдамдығының сан мәнін кемеітеді және денеге тек үйкеліс күші әсер етсе, дене жайлап барып тоқтайды.

Көп кездесетін жағдайлардың бірі, мысалы қозғалыстағы автомобильдің алдынан тосқауыл шығып қалса, жүргізуші доңғалақтарға мотордың әсерін үзіп, тежегішті іске қосады. Автомобиль тек үйкеліс күшінің әсерімен тежелу қашықтығы деп аталған жолды өтіп болып тоқтайды. Есеп-қисаптар бұл қашықтық бастапқы жылдамдықтың квадратына тура пропорционал, үйкеліс күшіне кері пропорционал екенін крсетті.



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. Неге тракторлар, жол тазалайтын тракторлар мен балалар коляскасы овал формада жасалмайды?

V ТАРАУ БОЙЫНША ҚОРЫТЫНДЫЛАР

- ◆ Бүкіләлемдік тартылыс 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: $F_{\text{ауыр}} = mg$.
- ◆ Дененің салмағы – Жерге тартылудың нәтижесінде тірекке немесе аспаға әсер ететін күш. Тыныш тұрған дененің салмағы $P = mg$, a үдеумен тік қозғалып жатқан дененің салмағы – $P = m(g-a)$. да $a = g$ 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.
- ◆ Жердің жасанды серігі – адам жасап ғарышқа ұшырған және Жердің серігіне айналдырылған зымыран, ғарыштық кемелер.
- ◆ 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 үйкеліс 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: $F_{\text{үй}(c)} = \mu P$.
- ◆ Дене басқа дененің бетінде домаласа домалау үйкеліс болады. Домалау үйкеліс күші реакция күшіне тура пропорционал, домалап жатқан дененің радиусына кері пропорционал:

$$F_{\text{үй}} = \mu_d \cdot \frac{P}{R}$$

V ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Мына тәжірибені жасап көр. Істетілмеген қаламды алып, екі сұқ саусағыңның үстіне қой. Енді қаламды горизонталь жағдайда ұстап тұрып, саусақтарыңды бір-біріне қарай жайлап жақындат. Сонда қалам алдын бір саусағыңа, кейін басқа саусағыңа, т.с.с жылжығанының куәсі боласың. Егер тәжірибені ұзындау тегіс таяқшамен қайталасаң, бұл жағдай одан да көбірек қайталанытынын байқайсың. Мұндай қызық құбылыстың себебі неде?

2. Неге тыныш тұрған вагонды орнынан қозғалту бірдей жылдамдықпен қозғалтудан қиын?

3. Теңіз портында екі үлкен кеме бір-бірінен 100 м қашықтықта тұр. Егер әр кеменің массасы 1000 т болса, олар бір-біріне қандай күшпен тартылады?

4. Массанды, Жердің массасын және радиусын біліп, өзіңнің Жерге қандай күшпен тартылатыныңды есепте. Өзің мен Жер арасындағы қашықтықты Жердің радиусына тең деп ал.

5. Жердің Күн айналасында айналу жылдамдығын $v = 30$ км/с, Жер орбитасының радиусын $R = 1,5 \cdot 10^{11}$ м деп алып, Күннің массасын есептеп тап.

6. Жер сыртына ұшып шыққан ғарыш кемесінің жылдамдығы 30 м/с тең, ондағы ғарышкердің массасы 90 кг болса, кабинада оның ауырлығы қанша болатынын тап.

7. 10 кг массалы денені вертикаль жоғарыға 2 м/с^2 , үдеумен көтеру үшін қанша күш керек?

8. Горизонталь бағытта $v = 10$ м/с жылдамдықпен лақтырылған дененің горизонталь бағыттағы ұшу қашықтығы лақтыру биіктігіне тең. Дене қандай биіктіктен лақтырылған?

9. Егер бір дене горизонталь бағытта үдеумен қозғалса, оның ауырлығы өзгере ме? Жауабыңды негіздеп бер.

10. Массасы 50 кг бала шанамен төбеден сырғанап түсіп, горизонталь жолда 20 м жерді 10 с барысында өтіп тоқтады. Үйкеліс күші мен үйкеліс коэффициентін тап.

11. Неге күшсіз жел аса үлкен мұз бөлегі – айсбергті орнынан қозғалтуы мүмкін де, күшті боран тек жағалаудағы кішкентай мұзды әрең жылжытады?

12. Ағыс жылдамдығы өзеннің түбінде жедел ме немесе сыртында ма? Жауабыңды негіздеп бер.

13. 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.

14. Трактор тіркемені 10 кН күшпен тартқанда, оған $0,5$ м/с² үдеу береді. Тарту күші 30 кН басқа трактор осы тіркемеге қандай үдеу береді?

15. 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.

16. Лифт 5 м/с² үдеумен төменге қарай қозғала бастады. Осы сәтте лифт ішіндегі массасы 45 кг баланың салмағы қанша болады?

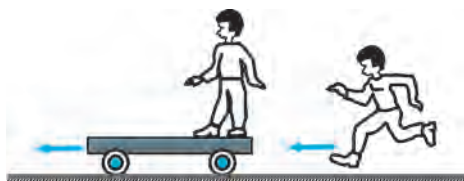
17. Горизонталь жолда 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалған автомобильді бұру үшін ең кіші доға радиусын тап. Доңғалақтың жолда сырғанау үйкеліс коэффициенті 0,25-ке тең. Массасы 1200 кг автомобиль тежегішті басып, доңғалақтары домаламастан жайлап сырғанаған болса, шиналар мен асфальт арасындағы сырғанау үйкеліс күшін тап. 0,25 деп ал.

САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

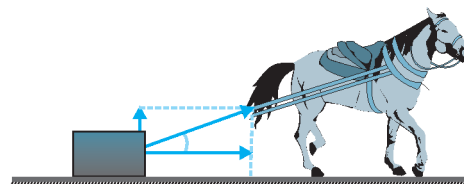
Егер денеге қойған күштер белгілі болса, Ньютон заңдары механикалық есептерді шешуге мүмкіндік береді. Бірақ көп жағдайларда бұл күштер белгісіз болғандықтан Ньютон заңын тікелей қолдана алмаймыз. Мысалы, екі дененің соқтығысуынан болатын күштердің мәнін анықтау қиын. Мұнда эластикалық күштердің пайда 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 ИМПУЛЬСЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ



VII тарау. ЖҰМЫС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ. ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

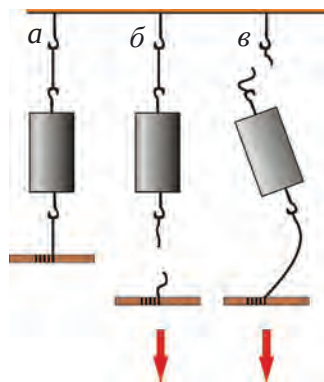




VI тарау ИМПУЛЬСТЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

§ 36. ИМПУЛЬС

Күш импульсы



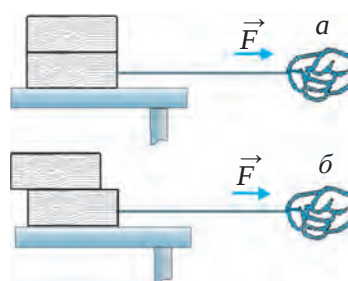
117-сурет. Жіпті жұлқып (б) және жайлап тартқанда үзілуі

Тоқтап тұрған арбаны белгілі бір жылдамдықпен қозғалту үшін оны үлкен жылдамдықпен келе жатқан басқа арба түртіп жіберуі керек, болмаса оны жайлап тартып, кішкентай күштің әсерімен де қажетті жылдамдыққа жеткізу мүмкін. Бірақ ол үшін ұзақ уақыт барысында күш әсер етіп тұруы керек. Осы екі әдісте арба бірдей жылдамдықта қозғалысқа келеді: бірінде қысқа уақыт барысында үлкен күш, екіншісінде ұзақ уақыт барысында кішкентай күштің әсерінде. Демек, денелердің өзара әсерлесуінің нәтижесі күштен басқа әсерлесу уақытына да байланысты. Оған көз жеткізу үшін мынадай тәжірибе жасап көрейік.

1-тәжірибе. Екі бірдей жіпке екі жағынан байланған денені 117-а суреттегідей іліп қояйық. Бірінші рет жіпті тез, яғни жұлқып төмен қарай тартамыз (117-б сурет). Жайлап төменге қарай тартамыз. Онда денені тірекпен байланыстырып тұрған жіп үзіледі. Өйткені сілтеп тартқанымызда Ньютонның бірінші заңы бойынша дене өзінің тыныштықтағы жағдайын сақтауға әрекет жасайды және дененің үстіндегі жіпке әсер етіп үлгермейді. Нәтижеде дененің астындағы жіпке үстіндегі жіпке қарағанда көбірек күш әсер етіп, ол үзіледі. Сосын дененің астына байланған жіпті жайлап төменге тартамыз. Онда денені жоғарыдағы тірекке байлап тұрған жіп үзіледі (117-в сурет). Себебі, біз төменге тартқан күшімізге дененің ауырлығы да қосылады. Дененің үстіндегі

жіпке астындағы жіпке қарағанда көбірек күш әсер еткендіктен төбедегі жіп үзіледі.

2-тәжірибе. Столдың үстіне тегіс екі тақтайшаны қабаттастырып қояйық. Төменіндегі тақтайшаға жіп байланған болсын (118-сурет). Бірінші (а) жағдайда төмендегі тақтайшаны жайлап тартамыз. Онда екі тақтайшада бір-біріне салыстырғанда стол үстінде сырғанайды. Екінші (б) жағдайда төмендегі тақтайшаны тез, яғни жұлқып тартамыз. Онда үстіндегі тақтайша төмендегі тақтайдың үстінен сырғанап артта қалады немесе түсіп кетеді.



118-сурет. Ақырын (а) және бірден (б) тартылғанда жоғарғы тақтайшаның жағдайы.

Тәжірибелерден қорытынды шығарсақ: денелердің өзара әсерлесуі тек күшке ғана емес, тіпті оның әсер ету уақытының жалғасуына да байланысты екен. Сондықтан **күш импульсы** деген шама енгізілген. Импульс латынша *impulsus* сөзінен алынған, түрткі деген мағынаны білдіреді.



Күш импульсы денеге әсер етіп жатқан күштің осы күш әсер еткен уақытқа көбейтіндісіне тең.

Яғни:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot t. \quad (1)$$

Халықаралық бірліктер системасында күш импульсының – $\vec{I}$ **бірлігі Ньютон. Секунд** ($\text{Н} \cdot \text{с}$). $1 \text{ Н} \cdot \text{с}$ – импульс – 1 с ішінде әсер ететін 1 Н күш импульсы.

Күш импульсы векторлық шама, оның бағыты күштің бағытындай болады.

Дене импульсы

Жаңғақты шағу үшін үлкен таспен жай ғана ұрсақ жеткілікті, ол шағылады. Бірақ қатты ұрып жіберсек, жаңғақ майдаланып кетеді. Егер тас кішкентай болса, жаңғақты шағу үшін жай ғана ұру жеткіліксіз. Тасты жаңғаққа қаттырақ ұру керек.

Демек, қозғалған дененің соққысы сол дененің массасы мен оның жылдамдығына байланысты екен.

Тақтайшаға шеге қағу үшін балғаны үлкен немесе кішкентай жылдамдықпен ұруға болады. Балғаның үлкен жылдамдықтағы соққысы кішкентай жылдамдықтағы соққыдан үлкендеу болады. Балға біреу,

оның массасы өзгермеді, тек оның жылдамдығы өзгерді. Демек, әсер етіп жатқан дене массасы бірдей болғанда, жылдамдық қанша үлкен болса, импульс сонша үлкен болады екен.

Енді үлкенді-кішілі әртүрлі екі балға алып, бірдей жылдамдықпен ұрып көрейік. Онда массасы үлкен балғаның соққысы үлкен болатыны анық. Демек, екі дененің жылдамдығы бірдей болғанда қайсы дененің массасы үлкен болса, сол дененің импульсы үлкен болар екен.

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 массасы мен оның жылдамдығының көбейтіндісіне тең шама дене импульсы (немесе қозғалыс мөлшері) деп аталады.

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (2)$$

Халықаралық бірліктер системасында дене импульсының бірлігі $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ болады. Дене импульсы векторлық шама, оның бағытыты жылдамдықтың бағытындай болады. $1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} - 1 \text{ м/с}$. Импульс-бұл жылдамдықпен қозғалған дененің импульсы.

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:

$$\frac{\vec{F}}{m} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \text{яки} \quad \vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0. \quad (5)$$

Бұл формуладағы $\vec{F}t$ – күш импульсы, $m\vec{v}_0$ – өзара әсерлесуге дейінгі, $m\vec{v}$ – өзара әсерлесуден кейінгі дененің импульстары екенін есепке алсақ, формуланың оң жағы дене импульсінің өзгеруін өрнектейді, яғни:

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{p} - \vec{p}_0 = \Delta\vec{p}. \quad (6)$$

(5) және (6) формулалардан:

$$F = \frac{\Delta p}{t} \quad \text{немесе} \quad \Delta p = F \cdot t. \quad (7)$$



Уақыт бірлігі ішінде дене импульсының өзгеруі әсерлесу күшінің импульсына тең.

Бұдан мынадай қорытынды шығады:



Тұрақты күш әсерінде дене импульсы векторының өзгеруі сол күштің оның әсерлесу уақытына көбейтіндісіне тең.

Денені қозғалысқа түсіру үшін оның «инерциясын» жеңу керек пе деген сұрақ туындайды. Дене оған күш әсер еткенде өзінің қозғалысқа келуіне қарсылық жасамайды. (5) формуланы бастапқы жылдамдықсыз $v_0 = 0$ жағдайында қарастырайық:

$$\vec{F}t = m\vec{v}.$$

Бұл формулада уақыт $t = 0$ болғанда жылдамдық $v = 0$ болады. Өйткені дененің массасы нөлге тең емес. Демек, күш әсер етіп, денені қозғалысқа келтіру үшін белгілі бір уақыт қажет болады. Дене массасы қанша үлкен болса, оны қозғалысқа келтіру үшін сонша көп күш керек. Сондықтан бізге күш дене инерциясын жеңгендей сезіледі.

Дененің түзу сызықты қозғалысында күш пен жылдамдықтар бағыты сәйкес келгендіктен формуланы скаляр көрінісінде жазу мүмкін:

$$Ft = mv - mv_0.$$

Демек, дене импульсын бірдей көлемде өзгертудің екі түрлі әдісі бар екен: қысқа уақыт барысында үлкен күш және ұзақ уақыт барысында кішкентай күш әсер етуінің нәтижесінде. Мысалы, таудағы үйінді тасты жару үшін қысқа уақытта үлкен күш істетілсе, ұзақ уақыт тамған су тамшылары да тасты жеміруі мүмкін.(5) формула Ньютонның екінші заңының жалпы көрінісіндегі өрнегі.

Есеп шығару үлгісі

Жылдамдығы 27 км/сағ велосипед пен автомашинаның импульстарын тап. Велосипедтің массасы 100 кг (жүргізушісімен қоса), автомашинаның массасын 1200 кг деп ал.

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m_b = 100 \text{ кг};$	$p_b = m_b v_b;$	$p_b = 100 \text{ кг} \cdot 7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 750 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$
$m_a = 1200 \text{ кг};$		
$v_b = v_a = 27 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$	$p_a = m_a v_a.$	$p_a = 1200 \text{ кг} \cdot 7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 9\,000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$
<i>Табу керек:</i>		
$p_b = ? \quad p_a = ?$	<i>Жауабы:</i>	$p_b = 750 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}; \quad p_a = 9\,000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$



Тірек ұғымдар: импульс, күш импульсы, дене импульсы.



1. Күш импульсы және дене импульсына мысал келтір.
2. Денеге күш әсер еткендіктен дене импульс алады деп айтуға бола ма?



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 жұлықп

- 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

Физикада талданып жатқан денелер тобын денелер жүйесі дейді. Жүйеге кіретін денелер арасындағы өзара әсерлесу күштерін ішкі күштер, жүйедегі денелердің жүйеден сыртындағы денелермен өзара әсерлесудің нәтижесінде пайда болған күштерді *сыртқы күштер* дейді.



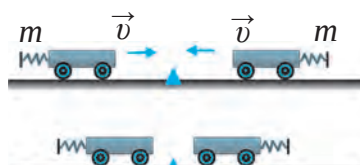
Денелер жүйесі басқа сыртқы денелермен өзара әсерлеспесе немесе жүйеге әсер етіп жатқан күштер өзара теңессе мұндай денелер жүйесі жабық жүйе деп аталады.

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.

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 119-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.

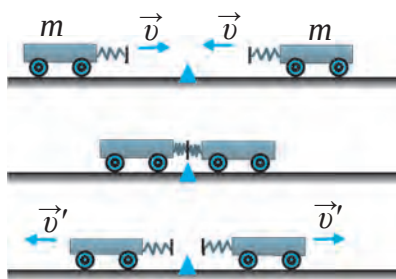


119-сурет. Әрбір арба импульсының нөлге теңелуі

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 қарама-қарсы бағытталған. Сондықтан екінші арбаның импульсы $-mv$ -ға тең болады. 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.



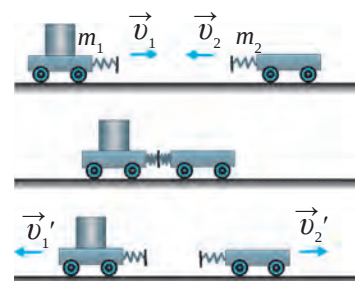
120-сурет. Соқтығысқаннан кейін арбалар импульсының қосындысының нөлге тең болуы.

2-тәжірибе. Енді арбалардың серіппелі буферлері 120-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 импульстары-

ның қосындысы:

$$m(-v') + mv' = -mv' + mv' = 0.$$

болады. Демек, бұл жағдайда да, арбалар соқтығыспастан бұрын да, соқтығысқаннан кейін де олардың импульстарының қосындысы нөлге тең. Демек, 1-тәжірибедегі сияқты арбалар соқтығыспастан алдын да,



121-сурет. Түрлі массалы арбалардың соқтығысуы.

соқтығысқаннан кейін де олардың импульсының қосындысы нөлге тең.

Массалары мен жылдамдықтары әртүрлі денелердің импульсы

3-тәжірибе. Арбалардың массалары әртүрлі m_1 және m_2 . болсын. 121-суреттегідей оларды рельске орналастырып, біріншісіне v_1 , екіншісіне қарама-қарсы бағытта v_2 жыл-

дамдық береміз. Арбалар соқтығысқаннан кейін сәйкесінше v_1' және v_2' жылдамдықпен кері қайта бастайды. Екі арбаның импульсының қалай өзгеретінін есептейік.:

$$\vec{F}t = m_1\vec{v}_1' - m_1\vec{v}_1.$$

Бірінші арба импульсының өзгеруі:

$$-\vec{F}t = m_2\vec{v}_2' - m_2\vec{v}_2.$$

Екінші арба импульсының өзгеруі:

$$0 = m_1\vec{v}_1' - m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2' - m_2\vec{v}_2$$

немесе

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'. \quad (1)$$

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:

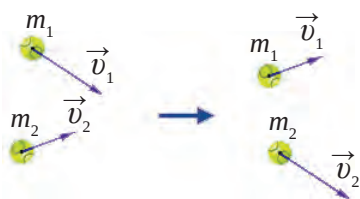
$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = \text{const}. \quad (2)$$

Жалпы импульстың сақталу заңы төмендегідей сипатталады.



Жабық жүйеде денелер импульстарының вектор қосындысы сол жүйедегі денелердің өзара әсерлесуі мен уақыт өтуіне қарамастан өзгермейді.

Бұл заң жүйеге сырттан күштер әсер етпеген жағдайда орынды екенін ескертеміз. 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. Мысалы, зеңбіректен атылған оқ алға қарай ұшып кетсе, зеңбіректің өзі артқа қарай «секіретінін» кинолардан көп көргенбіз (122-сурет).



122-сурет. Соқтығысқан бөлшектер импульсы

Егер жабық жүйе бір тұтас денеден құралса, яғни денеге әсер ететін күш болмас, дене импульсы өзгермейді. Бұл инерция заңының, яғни дене жылдамдығының өзгермейтінін білдіреді.

Әсерлесіп жатқан денелер механикасын білу – бұл олардың соқтығысқаннан кейінгі қозғалыстарының қандай болатынын білу дегені. Нәтижелік жылдамдық соқтығысу эластик немесе бейэластик екеніне байланысты. Эластик емес соқтығысуда соқтыққаннан кейін екі дене бірге қозғалыс жасап, бірдей v жылдамдық алады. Сондықтан соқтыққаннан кейінгі денелер жүйесінің импульсы төмендегідей өрнектеледі:

$$(m_1 + m_2)v.$$

Импульстің сақталу заңы бойынша соқтығысуға дейінгі және соқтығысқаннан кейінгі импульстарды теңестіреміз:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)v. \quad (3)$$

(3) формуладан v табамыз:

$$v = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (4)$$

Егер v_1 жылдамдық бағытын оң бағыт деп алсақ, v жылдамдық алдындағы плюс таңбасы соқтығысудан кейін v_1 бағытта, ал минус таңбасы олар қарама-қарсы қозғалатынын білдіреді.

Мысалы, массасы 3 кг және жылдамдығы 8 м/с дене массасы 2 кг және жылдамдығы 10 м/с екінші денеге бейэластик ұрылса, олардың әрқайсысы төмендегідей жылдамдық алады:

$$v = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 10}{3 + 2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 8,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Эластик соқтығысуда денелер қандай жылдамдықпен бір-біріне жақындаған болса, соқтығысудан соң олар сондай жылдамдықпен қашықтайды. Соқтығысуға дейін денелердің бір-біріне жақындасу жылдамдығы $v_2 - v_1$ -ға тең. Ал соқтығысудан кейін денелердің бір-бірінен қашықтау жылдамдығы $v_2' - v_1'$. Эластик соқтығысуда бұл айырмалар бір-біріне тең.

Біз денелер соқтығысуының екі шекаралық жағдайын, яғни абсолютті эластик және абсолютті бейэластик соқтығысуларды қарастырдық.

Табиғатта көбіне толық эластик емес соқтығысулар, яғни соқтығысудан соң денелер өз жағдайын толық тіктеп алалмайтын жайттар болады. Импульстың сақталу заңы табиғат пен техникада кең қолданылады. Мысалы, реактивті қозғалыста бұл заңның қолданылуы айқын көрінеді. Зымыранның ғарышқа ұшуын жоспарлағанда отынның жұмсалуды есепке алуда импульстың сақталу заңы пайдаланылады.

Халық сейілдерінде керемет тамаша көрсетіледі. Жерде жатқан палуанның үстіне үлкен темір қойып, оған балғамен ұрады. Көрермендер палуан қалай соққыға шыдағанына таңданады. Негізінде (4) формула бойынша темір массасы балғаның массасынан неше есе үлкен болса, темір алған жылдамдық балғаның жылдамдығынан сонша есе кіші. Сондықтан үлкен, бірақ палуанды басып қалмайтын темір таңдап алынады.

Есеп шығару үлгісі

Массасы 50 т теміржол вагоны 8 км/сағат жылдамдықпен массасы 30 т тыныш тұрған вагонға келіп тіркелді. Вагондардың тіркелгеннен кейінгі жылдамдығын тап.

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m_1 = 50 \text{ т};$ $m_2 = 30 \text{ т};$ $v_1 = 8 \text{ км/с};$ $v_2 = 0, v_1' = v_2'.$	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2';$ $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_1';$ $v_1' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$	$v_1' = \frac{50 \cdot 8}{50 + 30} \frac{\text{км}}{\text{с}} =$ $= 5 \text{ км/сағат}.$
<i>Табу керек:</i>		
$v_1' = v_2' = ?$		<i>Жауабы:</i> $v_1' = v_2' = 5 \text{ км/сағат}.$



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. 2-сұрақта айтылған денелердің соқтығысқаннан кейінгі импульстарының қосындысы неге тең?



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. 3-тәжірибеде 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?

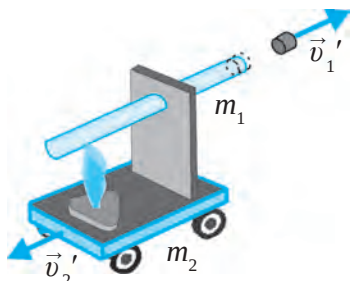
§ 38. РЕАКТИВТІ ҚОЗҒАЛЫС

Реактивті қозғалыс туралы түсінік

Үрленген ауа шарының аузын байламастан қойып жіберсек, шар тамаша траектория бойынша ұшатынын байқаймыз. Мұнда импульстың сақталу заңы орындалып, ауа үлкен жылдамдықпен шардың аузынан бір жаққа, шардың өзі қарама-қарсы жаққа ұшады. Осы құбылыс реактивті қозғалысқа мысал бола алады.



Жүйенің бірер-бір бөлігі белгілі жылдамдықпен қозғалса, жүйенің қалған бөлігі оған қарама-қарсы бағытта қозғалады. Пайда болған мұндай қозғалысты реактивті қозғалыс деп атайды.



123-сурет. Тығынның қозғалысына қарама-қарсы бағытта пайда болған реактивті қозғалыс.

Реактивті қозғалысты көз алдамызға келтіру үшін мынадай тәжірибе өткізейік.

Пробирканың жартысына дейін су құйып, тығынмен бекітейік те 123-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.

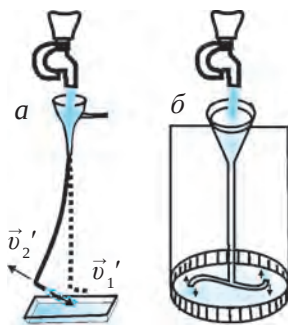
Мәселен, тығынның массасы $m_1 = 10$ г, арбаның массасы (лампа және пробирканы қоса есептегенде) $m_2 = 500$ г, тығын мен арбаның тығын атылмастан бұрынғы жылдамдығы $v_1 = v_2 = 0$, тығынның атылу жылдамдығы $v_1' = 10$ м/с-қа тең. Импульстың сақталу заңын пайдаланып, тығын атылғанда арбаның алған v_2 реактивті жылдамдығын есептейміз.

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ де $v_1 = v_2 = 0$ болғандықтан сол жағы нөлге тең болады: $0 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$. Бұдан $v_2' = -m_1 v_1' / m_2$ немесе $v_2' = 0,2 \text{ m/s}$ болады.

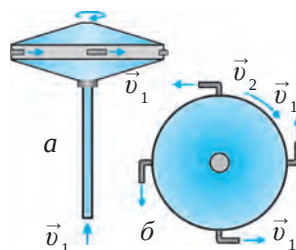
Реактивті қозғалысты көз алдымызға келтіру үшін тағы да басқа тәжірибені өткізуге болады. 124-суретте көрсетілген екі тәжірибеде де су v_1 жылдамдықпен бір жаққа атылып тұрса, түтіктің өзі қарама-қарсы жаққа v^2 реактивті жылдамдықпен қозғалады. 124-а суреттегі тәжірибеде бүгілген шыны түтіктің екі ұшынан су атқылап тұрады. Мұнда судың қозғалысына қарама-қарсы бағытта пайда болған реактивті қозғалыстың есебінен шыны түтік айналады.

Ауаның көмегімен де реактивті қозғалыс жасауға болады. 125-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.



124-сурет. Судың қозғалысына қарама-қарсы бағытта пайда болатын реактивті қозғалыс.



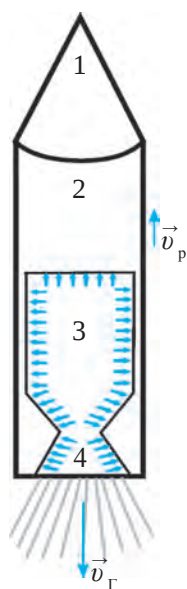
125-сурет. Ауамен реактивті қозғалысты пайда ететін қондырғы
 а- жанынан көрінісі;
 ә- жоғарыдан көрінісі.

Зымыранның құрылысы мен қозғалысы

Соңғы 50–60 жылда 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.



126-сурет.
Зымыранның
құрылысы.

Зымыранның қозғалысы реактивті қозғалысқа негізделген. Зымыран бір басқышты және көп басқышты болады. Мәселен, төрт басқышты зымыранның құрылысы схема түрінде 195-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 (127-сурет).

Ракета соплосынан шығып жатқан газдың массасы m_r , жылдамдығы v_r , зымыранның массасы m_p , алған реактивті жылдамдығы v_p болсын. Импульстың сақталу заңын қолданып, төмендегі теңдікті жазуға болады:

$$m_r \vec{v}_r + m_p \vec{v}_p = 0 \quad \text{немесе} \quad \vec{v}_p = - \frac{m_r \vec{v}_r}{m_p}.$$



127-сурет.
Зымыранның
аспанға ұшуы

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. Қазір космонавтика саласы өте жылдам дамуда.



Тірек ұғымдар: реактивті қозғалыс, зымыран, космонавтика.



1. Реактивті қозғалыс дегеніміз не? Импульстың сақталу заңының негізінде реактивті қозғалысты түсіндір.
2. 123-124-суретте бейнеленген тәжірибелерді түсіндір.
3. Зымыранның құрылысын түсіндір.
4. Зымыранның қалай қозғалысқа келетінін түсіндір.

VI ТАРАУ БОЙЫНША ҚОСЫМША ЖАТТЫҒУЛАР

1. Қолымыздағы кірпішті балғамен ұрсақ қолымыздың қатты ауырғанын неге сезбейміз?
2. Ашық ғарыштатағы ғарышкер зымыранға басқалардың көмегінсіз қайтып кіру үшін қандай қозғалыс жасауы керек?
3. Жағада тұрып қайықты түртсек ол жылжиды. Қайықта тұрып оны түртсек неге ол қозғалмайды?
4. 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.
5. 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?
6. Массасы 100 г тас 5 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Лақтырған кезде тастың импульсы қанша болған?
7. 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?

8. 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?
9. 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?
10. 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?
11. Қозғалыстағы арба үстіндегі құмға бір бөлек дене келіп түсті. Қандай жағдайда арба өз қозғалыс бағытын сақтай отырып жылдамдығын кемейтеді? Тоқтайды? Артқа қарай қозғалады?
12. Массасы 70 кг адам 280 кг массалы қайықтың бір басынан екінші басына 5 м жол басып барды. Мұнда қайық суға қарағанда неше метрге жылжиды?
13. Массасы 100 г шар горизонталь бетте 0,5 м/с жылдамдықпен келіп екінші шарға ұрылды және 0,2 м/с жылдамдықта өзінің қозғалысын алдыңғы бағытта жалғастырды. Соқтығысу кезінде шардың импульсы қаншаға өзгерді?

ӨТІЛГЕН ТАҚЫРЫПТАР БОЙЫНША ТЕСТ СҰРАҚТАРЫ

1. Үйкеліс күшін кемейту үшін техникада қандай шаралар қарастырылады?

А) тазалау; В) жуу; С) ыскалау; D) майлау.

2. Жүріп бара жатқан вагонда отырған адам неге қатысты тыныш күйде болады?

А) вагонға қарағанда; В) жерге қарағанда;
С) вагонға және жерге қарағанда; D) рельске қарағанда.

3. Ауырлық күші 550 Н дененің массасы неше килограммды құрайды?

А) 55 кг; В) 550 кг; С) 5,5 кг; D) 65 кг.

4. Бір қалыпты қозғалыс жасаған «Нексия» 20 с барысында жылдамдығын 36 км/сағаттан 72 км/сағатқа арттырды. Автомобильдің үдеуін тап (м/с^2).

- A) 18; B) 0,4; C) 20; D) 0,5.

5. $0,4 \text{ м/с}^2$ үдеумен бір қалыпты қозғалған дененің белгілі уақыттағы жылдамдығы 9 м/с -қа тең. Дененің осы уақыттан 10 с алдыңғы жылдамдығы қанша болған (м/с)?

- A) 0,4; B) 5; C) 4; D) 10.

6. 5 килоньютон (кН) неше ньютонға тең?

- A) 5000; B) 0,05; C) 500; D) 0,5.

7. Темір жолда тұрған вагон 4 кН күшпен тартылғанда, ол $0,2 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғала бастады. Вагонның массасын тап:

- A) 20; B) 4; C) 0,2; D) 0,4.

8. Неге мұз қатқан жолдарға құм себеді?

- A) мұздың еруін жылдамдату үшін;
B) үйкелісті көбейту үшін;
C) аяқ киімнің табаны азырақ жейілуі үшін;
D) жолдарға мозаика сызу үшін.

9. Иінді таразыда дененің қайсы параметрі өлшенеді?

- A) массасы; B) көлемі; C) ауырлығы; D) ұзындығы.

ҚОСЫМША СҰРАҚТАР

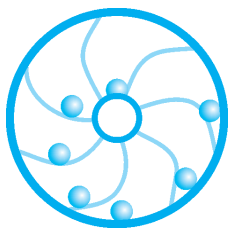
1. Екі бірдей қайықтың біріне отырған бала екінші қайықты арқанмен тартса, екі қайық та бірдей жылжи ма? Егер жауап жоқ дейтін болса, қайсы қайық көбірек жылжиды?

2. Көкте бір топ тырналар ұшып барады. Олардың бір-біріне қарағандағы ұшуы жайлы не деуге болады?

3. Орын ауыстыру неге басып өткен қашықтыққа тең немесе кіші болуы мүмкін, бірақ үлкен бола алмайды?

4. Пойыздың терезесінен қарағанда сырттағы ағаштар, үйлер терезенің жанынан жүгіріп өткендей болады. Онда терезенің жанындағы предметтердің жылдамдығы, терезеден алыстағы предметтер жылдамдығынан үлкен бола ма?

5. Автомобильдің терезесінен бақылап отырған адамға автомобиль доңғалағының қозғалысы қалай көрінеді?
6. Автомобильдің оң және сол доңғалағы бұрылғанда бірдей жол жүре ме?
7. Жерде 5,6 м ұзындыққа секіретін адам Ай немесе Марста неше метрге секіруі мүмкін? Егер Жердің массасы Күндей үлкен болса, бұл ұзындық өзгере ме?
8. Велосипедші бұрылғанда неге бұрылған жағына қисаяды?
9. Қалыпты атмосфералық қысым барлық шарларда бірдей ме? Бірдей болмаса не үшін?
10. Жер орбитасы бойлап қозғалған ғарыш кемесінің ішінде сіріңкені жағу мүмкін бе?
11. Істетіліп жатқан ара неге майланады?
12. Мұздың үстінде сырғанап кетсек неге арқаға қарай құлаймыз?
13. Не үшін парашютпен секірген адам жерге парашютсіз секірген адамнан жай түседі?
14. Маятникті, құмды және бұрама сағат Айда істетілсе Жердегідей істей ме? Неге?
15. Бұрын елімізде «Қоқан арба» атымен әйгілі арба істетілген. Оның доңғалағы аттан да биік етіп жасалған. Оның себебі неде?
16. Әдетте ат арбаның артқы доңғалағы алдыңғысынан үлкендеу жасалады. Неге?

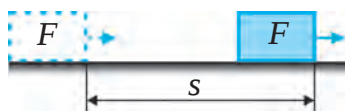


VII тарау. ЖҰМЫС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ. ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

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



128-сурет. F күштің әсерімен дененің S орын ауыстыруы

Күнделікті тұрмыста жұмыс дегенде жұмысшының, инженердің, ғалымдардың пайдалы еңбегін түсінеміз. Бірақ ғалымның ұанша жұмыс істегенін өлшеуге болмайды. Сондықтан физикада тек өлшеуге болатын бірлік – механикалық жұмысты үйренеміз. Арба оған қосылған аттың

тарту күшімен белгілі қашықтыққа жүрді.

Аузы тығынмен бекітілген сулы шыны ыдыс қыздырылғанда оның ішіндегі қысым күшінің артуының нәтижесінде тығын атылып шығып, белгілі қашықтыққа барып түседі, яғни механикалық жұмыс орындалады.

Күштің әсерінде дененің жылдамдығы кемеіген жағдайда (мысалы, үйкеліс күші) да жұмыс орындалады. Егер бар күшімізбен шкафты жылжытуға әрекет жасасақ, ол жылжымай орнында тұра берсе, ешқандай механикалық жұмыс орындалмайды. Дене өз инерциясымен тұрақты жылдамдықта қозғалып, оған күш әсер етпей жатса, ол ешқандай механикалық жұмыс орындамайды.

Демек, механикалық жұмыс орындалуы үшін денеге күш әсер етуі шарт және ол күштің әсерімен дене белгілі қашықтыққа орын ауыстыруы керек. Мысалы, тегіс бетте тұрған денеге F күш әсер еткенде ол сол күштің бағытымен түзу сызық бойымен s қашықтыққа орын ауыстырсын. Мұнда A механикалық жұмыс орындалады (128-сурет):

$$A = F \cdot s. \quad (1)$$



Механикалық жұмыс күштің сол күш бағытымен дене басып өткен жолдың көбейтіндісіне тең.

Денеге қанша үлкен күш әсер етсе және сол күштің әсерінде дене сонша үлкен қашықтықты басып өтсе, орындалған жұмыс та соншама көп болады.

Механикалық жұмыс қойылған күш пен басып өтілген жолға тура пропорционал.

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 – килоджоуль (1 кДж), мегаджоуль (1 МДж), миллиджоуль (1 мДж) 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 әртүрлі 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 (129-а сурет). Егер күш

бағыты дененің қозғалыс бағытымен бірдей болса, ол күш оң жұмыс орындаған болады. Бірақ күш бағыты дененің қозғалыс бағытына қарама-қарсы (мысалы сырғанау немесе үйкелуде), ол күш теріс жұмыс орындаған болады:

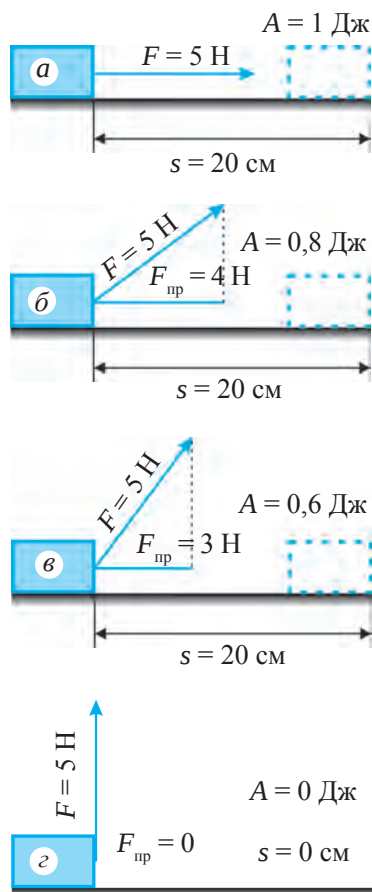
$$A = -Fs.$$

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 $F = 5$ Н шамадағы күш 129-а 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 $F_{\text{пр}} = 4$ Н құрайды. Онда бұл күштің орындаған жұмысы $A = 4$ Н · 0,2 м = 0,8 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, 129-б суретте денеге әсер етіп $F = 5$ Н күштің бағыты мен орын ауыстыру арасындағы бұрыш 98-ә суреттегіден үлкен болғандықтан оның проекциясы кішілеу, яғни $F_{\text{пр}} = 3$ Н-ды құрайды. Онда күштің орындаған жұмысы $A = 3$ Н · 0,2 м = 0,6 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° құраса, күштің орын ауыстыру бағытына проекция нүктені, яғни нөлді құрайды (129-в сурет). Демек, денеге әсер ететін күш орын ауыстыру бағытына перпендикуляр бағытталған болса, ешқандай жұмыс орындалмайды.



129-сурет. Орындалған жұмыстың күш бағытына тәуелділігі.

Есеп шығару үлгісі

Автомобиль 5 кН мотор күшінің әсерімен 3 км жолды жүріп өтті. Автомобильдің моторы қанша жұмыс орындаған?

Берілгені:
 $F = 5 \text{ кН} = 5\,000 \text{ Н};$
 $s = 3 \text{ км} = 3\,000 \text{ м}.$

Табу керек:
 $A = ?$

Формуласы:
 $A = Fs.$

Шешуі:
 $A = 5\,000 \text{ Н} \cdot 3\,000 \text{ м} =$
 $= 15\,000\,000 \text{ Дж} = 15 \text{ МДж}.$

Жауабы: $A = 15 \text{ МДж}.$



Тірек ұғымдар: механикалық жұмыс, әсер күшінің механикалық жұмысы, күштің проекциясы.



1. Штангист штанганы жоғарыға көтерді. Оның бұлшық еттері эластик күші орындаған жұмыс пен ауырлық күшінің арасында қандай айырмашылық бар?
2. Қозғалыстағы денеге қойылған күш қандай жағдайда жұмыс орындамайды?



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 42Н 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?
5. Дене жоғарыға тік лақтырылды. Мына жағдайларда ауырлық күші жұмысының белгісі бар ма?
 а) дене жоғарыға көтерілгенде; ә) дене төменге түскенде;
6. Массасы 75 кг адам ғимаратқа кіре берістегі жерден 6-кабатқа баспалақпен шыққанда қандай жұмыс орындайды? Әр қабаттың биіктігі 3 м.
7. Жердің серігі оның айналасында орбита бойлап айналады. Зымыран двигателінің көмегімен серік басқа орбитаға өткізілді. Серіктің механикалық энергиясы өзгере ме?

§ 40. ДЕНЕНІ КӨТЕРГЕНДЕ ЖӘНЕ ОНЫ СОЛ ҚАШЫҚТЫҚҚА ГОРИЗОНТАЛЬ ОРЫН АУЫСТЫРҒАНДА ОРЫНДАЛҒАН ЖҰМЫСТЫ ЕСЕПТЕУ

(4-зертханалық жұмыс)

Жұмыстың мақсаты: Дене вертикаль және горизонталь жол бойлап көтерілгенде орындалған жұмысты өз бетінше есептеу..

Қажетті жиһаздар: Зертхана трибометрі, оқу динамометрі, сантиметрлі лента, 2 дана екі ілмекті 100 г массалы жүк, брусok, сызғыш.

Жұмысты орындау тәртібі

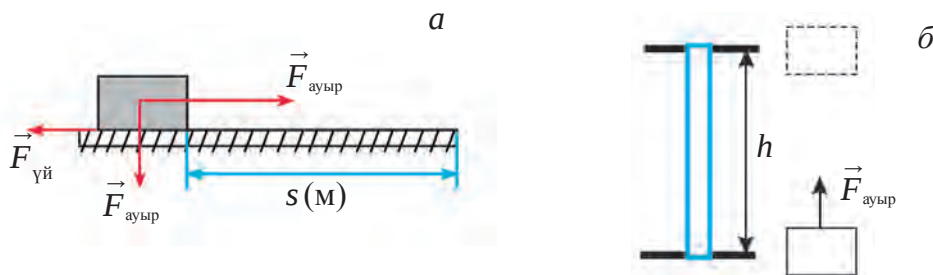
1. Жиһаздардан 130-суреттегі қондырғыны құрастыр.
2. Динамометрдің көмегімен брусokтың ауырлығын өлше. Сосын брусokты жоғарыға бірқалыпты қозғатып, алдын ала лентаның көмегімен өлшенген трибометр сызғышты жоғарыға көтер. Орындалған жұмыстың бірлігін мына формуламен есепте: $A = F_T \cdot h$.
3. Тәжірибені үш рет қайтала. Әр тәжірибеде брусokқа 0,81 Н; 1,81 Н; 2,81 Н жүк іл және ол орындалған жұмыс ауырлық күшін жеңуге жұмсалғанын жазып отыр.
4. Нәтижелерді 5-кестеге жаз.
5. Сызғышты столға қойып, динамометрдің көмегімен брусokты сызғыштың бойымен бірінші жағдайдағы қашықтыққа бірқалыпты орын ауыстыр. Пайда болған тартылу күшін динамометрдің көрсеткіші F_T анықта.
6. Жұмысты тағы тартылу күші және жол бойынша есепте: $A = F_{TS}$. Бұл жұмыс ауырлық күшін емес, үйкеліс күшін жеңуде орындалғанына назар аудар. Сосын брусokқа 0,81 Н; 1,81 Н; 2,81 Н жүктерді іліп, тәжірибені үш рет қайтала және әр жолы тартылу күші орындаған жұмысты есепте. Нәтижелерді кестеге жаз.

5-кесте

№	m , кг	h , м	$F_{\text{ауыр.}}$, Н	s , м	$F_{\text{үй.}}$, Н	A_c , Дж	$A_{\text{қайт.}}$, Дж
1							
2							
3							

Сосын брусokқа 1 Н, 2 Н, 3 Н жүктерді іліп (130-сурет), тәжірибені тағы да 2-3 рет қайтала және әр жолы тартылу күшінің орындаған жұмысын есепте.

Нәтижелерді салыстырып, барлық уақытта жүкті жоғарыға көтергенде орындалған жұмыс сондай қашықтыққа горизонталь жол бойлап орын ауыстыруда орындалған жұмыстан үлкен немесе кіші екенін анықта.



130-сурет. Денені көтеруде (а) және осы қашықтыққа горизонталь орын ауыстырғанда (б) орындалған жұмысты өлшеу қондырғысы.

§ 41. ПОТЕНЦИАЛДЫҚ ЭНЕРГИЯ

Кейбір денелер жұмысты лезде орындамастан, ұзақ уақыт барысында орындауы мүмкін. Олар жұмыс орындау қабілетін ұзақ уақыт сақтай алады. Мысалы, аспалы сағаттардың арнаулы тастарын жоғарыға көтеріп, біз жұмыс орындаймыз (131-сурет). Нәтижеде сағат



131-сурет.
Аспалы
сағат

механизмі тастар төменге түскенге дейін жұмыс орындау қабілетіне ие болады. Ауырлық күшінің әсерімен жайлап төменге түсіп жатқан тастар сағат маятникін, дөңгелек және тілдерді айналдырады. Тастар төменге түскен сайын олардың жұмыс орындау қабілеті кемейе береді. Төменге түскен тастарды көтеріп, олардың жұмыс орындау қабілетін тағы да тіктеу мүмкін. Тастарды көтергенде олардың жұмыс орындау қабілеті артады, төменге түскен сайын кемейе береді және еденге немесе жерге тигенде түгелдей тоқтайды. Тек көтерумен ғана емес, серіппені сығу немесе бұраумен де жұмыс орындау мүмкіндігін алса болады. Бұрама сағат пен ойыншықтар осы әдіспен істейді. Сонымен қатар денені белгілі бір жылдамдықта қозғалтсақ, онда жұмыс орындай алу қорын жасаймыз. Мысалы, балтамен отын жарғанда жұмыс орындалады. Ол үшін балтаға үлкен жылдамдық беруіміз керек. Қарастырылған барша мысалда дене жағдайы өзгертіліп, жұмыс

орындалуда (жүкті түсіріп, сығылған серіппені созып, қозғалған денені тоқтатып). Бұл өзгерістер болмайынша дене өзінің жұмыс орындау қабілетін сақтап тұрады.



Дененің өз жағдайын өзгертуінің нәтижесінде орындай алуы мүмкін жұмыс энергия деп аталады.

«Энергия» сөзі грекше «белсенділік» деген мағынаны білдіреді. Энергияның өзгеруі сол өзгерістерді жасау үшін жұмсалған жұмыспен өлшенеді.

Сондықтан энергияны жұмыс сияқты бірліктерде өлшеу керек. Оның негізгі бірлігі – джоуль (Дж). Механикалық энергия кинетикалық және потенциалдық энергияға бөлінеді.

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:

$$A = F \cdot s = F_{\text{ауыр}} \cdot h \text{ немесе } A = mgh. \quad (1)$$

Орындалуы мүмкін болған бұл жұмыс осы дененің потенциалдық энергиясына тең болады. Демек, h биіктікте тұрған m массалы дененің потенциалдық энергиясы да төмендегідей өрнектеледі:

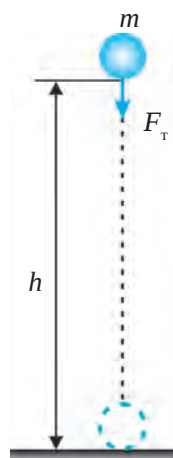
$$E_{\text{п}} = mgh. \quad (2)$$

(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:

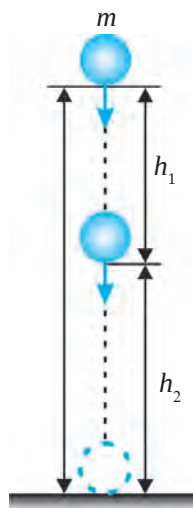


132-сурет.
Ауырлық күші әсерінде жұмыс орындалуы.

$$A = mgh = mg(h_1 - h_2) \text{ немесе } A = mgh_1 - mgh_2, \quad (3)$$

мұнда $mgh_1 = E_{p1}$ – дененің h_1 биіктіктегі потенциалдық энергиясы, $mgh_2 = E_{p2}$ – дененің h_2 биіктіктегі потенциалдық энергиясы екендігінен

$$A = E_{n1} - E_{n2} \text{ немесе } A = -(E_{n2} - E_{n1}); \quad (4)$$



133-сурет.
Потенциалдық
энергияның
өзгеруі.

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 $E_{n2} < E_{n1}$ болғандықтан $A > 0$ болады. Мұнда ауырлық күші плюс жұмыс орындайды.

Денені жоғары қарай көтергенде $E_{n2} > E_{n1}$ 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:

Формуласы:

Шешу:

$$m = 1 \text{ кг}; h_1 = 25 \text{ м};$$

$$E_{n1} = mgh_1;$$

$$E_{n1} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ Дж} = 250 \text{ Дж};$$

$$h_2 = 15 \text{ м}; g = 10 \text{ м/с}^2.$$

$$E_{n2} = mgh_2;$$

$$E_{n2} = 1 \cdot 10 \cdot 15 \text{ Дж} = 150 \text{ Дж};$$

Табу керек:

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

$$A = -(150 - 250) \text{ Дж} = 100 \text{ Дж}.$$

$$E_{n1} = ? E_{n2} = ? A = ?$$

$$\text{Жауабы: } E_{n1} = 250 \text{ Дж}; E_{n2} = 150 \text{ Дж}; A = 100 \text{ Дж}.$$



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?



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.
4. Бұрама серіппелі сағат қандай энергияның есебінен жұмыс істейді?

§ 42. КИНЕТИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯ

Дене жылдамдығының өзгеруінде орындалған жұмыс

Үстелдің үстінде тұрған m массалы дене F күштің әсерімен үйкеліссіз қозғалып, a үдеу алған болсын (134-сурет). t уақыт ішінде дененің алған жылдамдығы:

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

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: $F = ma$.
(4)

(3) және (4) формулаларды пайдаланып, орындалған жұмысты табамыз:

$$A = Fs = ma \frac{v^2}{2a} \text{ немесе } A = \frac{mv^2}{2}. \quad (5)$$



Бұл формула m массалы тыныш тұрған дене v жылдамдыққа жетуі үшін орындалған жұмысты өрнектейді.

134-сурет. Жылдамдықтағы шардың кинетикалық энергиясы.

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 $mv_2^2/2 = E_{k2}$, $mv_1^2/2 = E_{k1}$ 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-лық автомобиль жылдамдығын 90 км/сағатқа дейін арттыруы үшін қандай жұмыс орындауы керек?

Берілген: *Формуласы:* *Шешуі:*

$$\begin{array}{l} m = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг}; \\ v_1 = 36 \text{ км/с} = 10 \text{ м/с}; \\ v_2 = 90 \text{ км/с} = 25 \text{ м/с}. \end{array} \left| \begin{array}{l} E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}; \\ E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}. \end{array} \right| \begin{array}{l} E_{k1} = \frac{2000 \cdot 10^2}{2} \text{ Дж} = 100\,000 \text{ Дж} = 100 \text{ кДж}. \\ E_{k2} = \frac{2000 \cdot 25^2}{2} \text{ Дж} = 625\,000 \text{ Дж} = 625 \text{ кДж}. \end{array}$$

Табу керек: $A = E_{k2} - E_{k1}$ | $A = (625 - 100) \text{ кДж} = 525 \text{ кДж}$.
 $E_{k1} = ?$ $E_{k2} = ?$ $A = ?$ | Жауабы: $E_{k1} = 100 \text{ кДж}$; $E_{k2} = 625 \text{ кДж}$; $A = 525 \text{ кДж}$.



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?



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.

§ 43. МЕХАНИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

Массасы $m = 1 \text{ кг}$ дене $h_1 = 45 \text{ м}$ биіктіктен тасталғанда оның потенциалдық және кинетикалық энергиялары қалай өзгередінін көрелік (135-сурет). Мұнда еркін түсу үдеуін $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алайық.

1-жағдай. $h_1 = 45 \text{ м}$ биіктікте дененің потенциалдық және кинетикалық энергиялары төмендегідей болады:

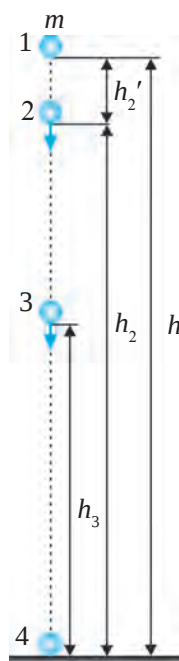
$$E_{п1} = mgh_1; E_{п1} = 1 \cdot 10 \cdot 45 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж};$$

$$E_{к1} = \frac{mv_1^2}{2}; E_{к1} = \frac{1 \cdot 0^2}{2} \text{ Дж} = 0.$$



Жерден белгілі бір биіктікте тыныш тұрған дененің потенциалдық энергиясы максималды мәнге, ал кинетикалық энергиясы нөлге тең болады.

2-жағдай. Биіктіктен тасталған дене еркін түсуде $t = 1 \text{ с}$ -та $h^2 = gt^2/2 = 10 \cdot 1^2/2 \text{ м} = 5 \text{ м}$ қашықтықты басып өтеді. Бұл уақыт



135-сурет.
Дене еркін түскенде энергияның айналуы.

аралығында дене жерден $h_2 = h - h_2' = 45 \text{ м} - 5 \text{ м} = 40 \text{ м}$ биіктікте болады. Бұл кезде дененің жылдамдығы $v_2 = gt_2 = 10 \cdot 1 \text{ м/с} = 10 \text{ м/с}$ мәнге жетеді. Онда $h = 45 \text{ м}$ биіктіктен түсіп жатқан дененің $h_2 = 40 \text{ м}$ биіктіктегі потенциалдық энергиясы мен кинетикалық энергиясы төмендегідей болады:

$$E_{п2} = mgh_2; E_{п2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ Дж} = 400 \text{ Дж};$$

$$E_{к2} = \frac{mv_2^2}{2}; E_{к2} = \frac{1 \cdot 10^2}{2} \text{ Дж} = 50 \text{ Дж}.$$

3-жағдай. $h_1 = 45 \text{ м}$ биіктіктен тасталған дене 2 с-та 20 м қашықтыққа жетеді. Мұнда дененің жерден биіктігі $h_3 = 25 \text{ м}$, ал жылдамдығы $v_3 = 20 \text{ м/с}$ -қа тең болады. Бұл уақытта дененің потенциалдық және кинетикалық энергиялары төмендегідей болады:

$$E_{п3} = mgh_3; E_{п3} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ Дж} = 250 \text{ Дж};$$

$$E_{к3} = \frac{mv_3^2}{2}; E_{к3} = \frac{1 \cdot 20^2}{2} \text{ Дж} = 200 \text{ Дж}.$$



Биіктіктен еркін түсіп жатқанда дененің потенциалдық энергиясы кеміп, кинетикалық энергиясы артады, яғни дененің потенциалдық энергиясы кинетикалық энергияға айналады.

4-жағдай. $h_1 = 45 \text{ м}$ биіктен тасталған дене 3 с-та жерге жетеді, яғни дененің жерден биіктігі $h_4 = 0$ -ге тең болады. Дене бұл уақытта жерге $v_4 = 30 \text{ м/с}$ жылдамдықпен соғылады. Дененің жерге соқтығысу кезіндегі потенциалдық және кинетикалық энергиялары төмендегідей болады:

$$E_{п4} = mgh_4; E_{п4} = 1 \cdot 10 \cdot 0 \text{ Дж} = 0;$$

$$E_{к4} = \frac{mv_4^2}{2}; E_{к4} = \frac{1 \cdot 30^2}{2} \text{ Дж} = 450 \text{ Дж}.$$



Биіктіктен еркін түсіп жатқан дене жерге соқтығысу кезінде оның потенциалдық энергиясы нөлге, ал кинетикалық энергиясы максималды мәнге тең болады.

Дене жоғарыға тік лақтырылғанда кері процесс байқалады. Мұнда дене жоғарыға көтерілген сайын оның кинетикалық энергиясы максималды мәннен 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.

135-суреттегі дененің $h = 45$ м биіктіктен түскендегі 4 жағдайдың әрбірінде кинетикалық және потенциалдық энергиялардың қосындысында қандай болады:

$$1\text{-жағдайда: } E_{п1} + E_{к1} = 450 \text{ Дж} + 0 = 450 \text{ Дж};$$

$$2\text{-жағдайда: } E_{п2} + E_{к2} = 400 \text{ Дж} + 50 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж};$$

$$3\text{-жағдайда: } E_{п3} + E_{к3} = 250 \text{ Дж} + 200 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж};$$

$$4\text{-жағдайда: } E_{п4} + E_{к4} = 0 + 450 \text{ Дж} = 450 \text{ Дж}.$$

одан мынадай қорытынды жасаймыз.



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. $E_{геп}$ биіктіктен түсіп жатқан дененің 1-жағдайдағы кинетикалық энергиясы $E_{к1}$, 2-жағдайдағысы $E_{к2}$ болса, орындалған жұмыс төмендегідей болады:

$$A = E_{к2} - E_{к1}. \quad (1)$$

Осы екі жағдай үшін дененің потенциалдық энергиясының өзгеруі де дәл осындай орындалған жұмысқа тең, яғни.:

$$A = -(E_{п2} - E_{п1}). \quad (2)$$

(1), (2) өрнектер өзара тең болғандықтан, оларды біріктіруге болады:

$$E_{к2} - E_{к1} = -(E_{п2} - E_{п1}). \quad (3)$$

Денелердің өзара әсері мен қозғалысы нәтижесінде кинетикалық және потенциалдық энергия олардың бірінің артуы екіншісінің азайуына тең болатындай өзгереді. Олардың бірі қанша азайса, екіншісі сонша артады.

(3) теңдікті төмендегідей етіп жазуға болады:

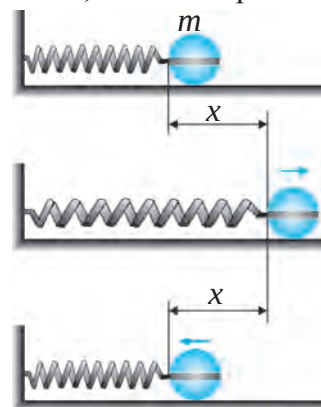
$$E_{к1} + E_{п1} = E_{к2} + E_{п2}. \quad (4)$$

Бұл теңдіктің сол жағы 1-жағдайдағы, ал оң жағы 2-жағдайдағы дененің толық механикалық энергиясын сипаттайды. Бұл теңдік механикалық энергияның сақталу заңын өрнектейді. Энергияның сақталу заңын төмендегідей сипаттаймыз.



Жабық жүйенің толық механикалық энергиясы жүйе бөлшектерінің кез келген қозғалысында өзгермейді.

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.



136-сурет. Серіппе және денеден құралған жабық жүйеде механикалық энергияның сақталуы.

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 k – серіппенің қаттылығы. Денені қойып жіберсек, ол серіппенің эlastикалық күшінен жылдамдық алады. Дене тепе-теңдік жағдайынан өтіп жатқанда, яғни $x = 0$ қашықтықта оның жылдамдығы ең үлкен мәнге жетеді. Соған орай $E_{к2} = mv_2^2/2$ кинетикалық энергиясы да максималды мәнде болады.

Серіппе және денеден тұратын мұндай жабық жүйе үшін де (4) формула, яғни механикалық энергияның сақталу заңы орынды болады.

Жоғарыда серіппенің эlastикалық күшінің әсерімен дененің тірек сыртында үйкеліссіз қозғалады деп алынды.

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 $g = 10 \text{ м/с}^2$?

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг};$ $v_0 = 15 \text{ м/с};$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	$v = v_0 - at;$ $E_k = \frac{mv^2}{2};$ $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2};$	$v = 15 \text{ м/с} - 10 \cdot 1 \text{ м/с} = 5 \text{ м/с};$ $E_k = \frac{0,2 \cdot 5^2}{2} \text{ Дж} = 2,5 \text{ Дж};$ $h = 15 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} \text{ м} = 10 \text{ м};$
<i>Табу керек:</i> $E_k = ? E_n = ?$	$E_n = mgh.$	$E_n = 0,2 \cdot 10 \cdot 10 \text{ Дж} = 20 \text{ Дж}.$ <i>Жауабы:</i> $E_k = 2,5 \text{ Дж}; E_n = 20 \text{ Дж};$ $h = 10 \text{ м}.$

Егер үйкелісті қозғалыс болса, дененің толық механикалық энергиясының бір бөлігі жылу энергиясына айналып кетеді. Онда дененің ысығанын сезу мүмкін. Мысалы, бір кесек темірді балғамен ұрсақ, жоғары көтерілген балғаның потенциалдық энергиясы төменге түсу барысында жылдамдық алып, кинетикалық энергияға айналады. Балға темірге ұрылып тоқтаған соң, кинетикалық энергия нөлге тең болып қалады. Мұнда толық энергия балғаның темір формасын өзгертуіне, яғни оны деформациялау мен қыздыруына жұмсалады.

Есеп шығару үлгісі: 80 м биіктіктен еркін түсіп келе жатқан 1 кг массалы дене биіктіктің жартысынан өтіп жатқанда кинетикалық және потенциалдық энергиялары неге тең? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$h_1 = 80 \text{ м};$ $h_2 = \frac{h_1}{2};$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	$E_{n1} = mgh_1;$ $E_{n2} = mgh_2;$ <i>теңдеуде</i> $E_{k1} + E_{n1} = E_{k2} + E_{n2}$	$E_{n1} = 1 \cdot 10 \cdot 80 \text{ Дж} = 800 \text{ Дж};$ $h_2 = \frac{80}{2} \text{ м} = 40 \text{ м};$ $E_{n2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ Дж} = 400 \text{ Дж};$ $E_{k2} = 800 \text{ Дж} - 400 \text{ Дж} = 400 \text{ Дж}.$
<i>Табу керек:</i> $E_{n2} = ? E_{k2} = ?$	$E_{k1} = 0;$ $E_{k2} = E_{n1} - E_{n2}.$	<i>Жауабы:</i> $E_{n2} = 400 \text{ Дж}; E_{k2} = 400 \text{ Дж}.$



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. 125 м биіктікте тұрған 200 г массалы дене қойып жіберілді. Дене қозғалысының үшінші және бесінші секунд соңдарында потенциалдық және кинетикалық энергиялары қанша болады? $g = 10 \text{ м/с}^2$.



1. 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?
2. 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?
3. Массасы 200 г дене тік жоғарыға 30 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Ең жоғары нүктеге көтерілгенде дененің потенциалдық энергиясы қанша болады?
4. Биіктіктен қойып жіберілген 500 г массалы дененің толық механикалық энергиясы 200 Дж-ге тең. Дене қандай биіктіктен қойып жіберілген? $g = 10 \text{ м/с}^2$.
5. 136-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 қатаңдығы қандай?

§ 44. ДЕНЕ КИНЕТИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ЖЫЛДАМДЫҚ ПЕН МАССАСЫНА БАЙЛАНЫТЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ

(5-зертханалық жұмыс)

Жұмыстың мақсаты: түрлі массалы шарлар жылдамдығын өзгертіп, кинетикалық энергия үйкеліс күшін бақылаудың көмегімен энергияға қатысты білімді пысықтау.

Қажетті жиназдар: түрлі массалы 2 полат шар, металл нау, брусек, өлшегіш лента, секундометр, штатив.

Жұмысты орындау тәртібі

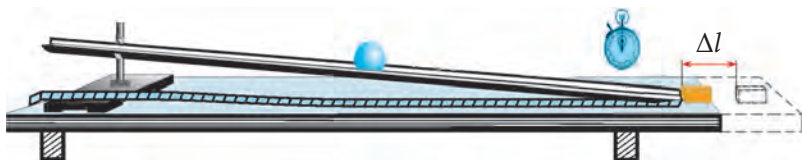
1. 137-суреттегідей штативтің көмегімен науды қиялатып орнат. Наудың төменгі ұшына брусекті тіреп қой.

2. Наудың ортаңғы тұсынан кішкентай массалы шарды қой және оны қойып жіберіп, нау бойлап қалай домалауын, ағаш брусекке келіп ұрылуын, үйкеліс күшін жеңуін және брусекті белгілі бір қашықтыққа жылжытуын бақылап отыр.

3. Брусок жылжыған қашықтықтың Δl -н өлше.
4. Шарды наудың жоғарғы жағынан қойып жіберіп тәжірибені қайтала.
5. Үлкен массалы шарды наудың ортаңғы тұсынан қойып жіберіп брусоктың жылжуын тағы қайта өлше.

6. 1-зертханалық жұмыстағы қашықтық пен уақытты өлшеп, шар алған үдеуді тап. Үдеу және уақыт көрсеткіштерін пайдаланып, шардың брусокқа ұрылу кезіндегі үдеуін анықта және формуладан кинетикалық энергияны тап. $E_k = \frac{mv^2}{2}$

7. Брусоктың жылжуында орындалған жұмыс және кинетикалық энергия арасындағы байланыс нәтижелеріне талдау жасап қорытынды шығар.



137-сурет. Дене кинетикалық энергиясының жылдамдық пен массаға байланыстылығын бақылайтын құрылғы

§ 45. ҚУАТ

Қуат және оның бірліктері

Бірдей механикалық жұмысты әртүрлі машина әртүрлі 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 әртүрлі уақыт жұмсалды.

Машина, двигатель және әртүрлі 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 ватт (Вт) деп аталады. Практикада қуаттың еселі бірліктері – милливатт (1 мВт), гектоватт (1 гВт), киловатт (1кВт), мегаватт (1 МВт) да қолданылады. Қуаттың негізгі және еселік бірліктері арасындағы қатынас төмендегідей:

$$1 \text{ мВт} = 0,001 \text{ Вт} = 10^{-3} \text{ Вт}; \quad 1 \text{ гВт} = 100 \text{ Вт} = 10^2 \text{ Вт}; \\ 1 \text{ кВт} = 1\,000 \text{ Вт} = 10^3 \text{ Вт}; \quad 1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт} = 10^6 \text{ Вт}.$$

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 ($1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$) деп аталады. Қуатты жұмыс орындау жылдамдығы деп атауға да болады. Көлік құралдарының қуаты ат күші деп аталатын арнаулы бірлікпен өлшенеді. Шамамен 736 Вт механизмнің қуаты 1 ат күшіне тең, яғни 1 ат күші $\approx 736 \text{ Вт}$.

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 (эртүрлі үйкеліс күштеріне) модулі жағынан тең және қарама-қарсы бағытталған. Сондықтан автомобиль s қашықтықты басып өткенде оның моторы орындаған жұмыс $A = F_s = Fvt$ -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 жыл-

дамдық 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. $g = 10 \text{ м/с}^2$.

<i>Берілген:</i>	<i>Формуласы:</i>	<i>Шешуі:</i>
$m_1 = 10 \text{ т} = 10\,000 \text{ кг};$ $m_2 = 2 \text{ т} = 2\,000 \text{ кг};$ $h = 30 \text{ м};$ $t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с};$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	$A_1 = m_1 gh;$ $A_2 = m_2 gh;$ $N_1 = \frac{A_1}{t};$ $N_2 = \frac{A_2}{t}.$	$A_1 = (10\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ Дж} = 3\,000\,000 \text{ Дж};$ $A_2 = (2\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ Дж} = 600\,000 \text{ Дж};$ $N_1 = \frac{3\,000\,000}{60} \text{ Вт} = 50\,000 \text{ Вт} = 50 \text{ кВт};$ $N_2 = \frac{600\,000}{60} \text{ Вт} = 10\,000 \text{ Вт} = 10 \text{ кВт}.$
<i>Табу керек:</i> $N_1 = ?$ $N_2 = ?$	<i>Жауабы:</i> $N_1 = 50 \text{ кВт}; N_2 = 10 \text{ кВт}.$	



Тірек ұғым: қуат.



1. Қуат деген не? Ол қандай бірліктермен өрнектеледі?
2. Қуат, күш және жылдамдық арасындағы қатынас қалай өрнектеледі?
3. Жұмыс және энергия джоульден (Дж) тыс тағы қандай бірлікпен өлшенеді?
4. 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. Сырғанамайтын 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. Самолет 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 заңы былай сипатталады:



Табиғатта 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 η әрпімен белгіленеді.

ПӘК пайыз есебінде өрнектеледі. Егер пайдалы жұмысты A_n , орындалған толық жұмысты A_m мен белгілесек, онда ПӘК-ң формуласы былайша жазылады:

$$\eta = \frac{A_{\text{пайда.}}}{A_{\text{толық}}} \cdot 100 \%$$

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:	Формуласы:	Шешуі:
$N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт} = 10\,000 \text{ Вт};$ $m = 5000 \text{ кг}; h = 27 \text{ м};$ $t = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с};$ $g = 10 \text{ м/с}^2.$	$A_{\text{т.}} = N_{\text{дв}} t;$ $A_{\text{п}} = mgh;$ $\eta = \frac{A_{\text{Ф п}}}{A_{\text{т.}}} \cdot 100\%.$	$A_{\text{п.}} = (10000 \cdot 180) \text{ Дж} = 1\,800\,000 \text{ Дж.}$ $A_{\text{п.}} = (5000 \cdot 10 \cdot 27) \text{ Дж} = 1\,350\,000 \text{ Дж.}$ $\eta = \frac{1\,350\,000}{1\,800\,000} \cdot 100 \% = 75 \%$
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. Пайдалы әсер коэффициенті деп қандай шаманы айтады және ол қалай өрнектеледі?
4. 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 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. Қатаңдығы 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 орындаған жұмысты тап.
8. Белгілі бір жылдамдықпен қозғалған дене импульсы 10 кг. 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 потенциалдық және кинетикалық энергиясын тап.
11. Тас жоғарыға 20 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Қандай биіктікте тастың кинетикалық және потенциалдық энергиясы өзара теңеседі?

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ІСТЕРДЕ ҚАТЕЛІКТЕРДІ ЕСЕПТЕУ

Физикалық шамаларды зертханалық жаттығуларда өлшеу тікелей және жанамалай орындалады. Тікелей өлшеуде аспап ізделініп жатқан шаманың мәнін көрсетеді.

Физикалық шамалардың барлығын тікелей өлшей алмаймыз. Сондықтан ізделініп жатқан физикалық шама тікелей өлшеп тапқан шамалар арқылы есептеледі. Физикалық шаманы бұлай анықтау жанама өлшеу дейіледі. Мұнда абсолютті және салыстырмалы қателіктерді есепке алу қажет.

Физикалық шамаларды өлшеуде бірдей жағдайда өлшенген мәндер $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ алынады. Олардың орташа арифметикалық мәні $a_{ор} = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n)/n$ өрнекпен табылады.

Өлшеу кезінде табылған мәндер бір-бірінен айырмашылық жасыйды, олардың орташа мәннен айырмашылығы өлшеулердің абсолютті қателігі дейіледі.

Бірінші өлшеудегі абсолютті қателік $\Delta a_1 = |a_{ор} - a_1|$, екінші $\Delta a_2 = |a_{ор} - a_2|$, үшінші $\Delta a_3 = |a_{ор} - a_3|$, және n $\Delta a_n = |a_{ор} - a_n|$ өрнектерден табылады. Сосын абсолютті қателіктердің орташа мәні $\Delta a_{ор} = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n)/n$ өрнектен табылады.

Физикалық шаманың шын мәні табылған орташа мәннен $\pm a_{ор}$ айырмашылық жасайды, яғни $a = a_{ор} \pm \Delta a_{ор}$. Сонымен, абсолютті қателік орташа мәннің өлшеніп жатқан шаманың орташа мәніне қатынасы салыстырмалы қателік деп аталады және ол пайызбен алынады, яғни $\varepsilon = (\Delta a_{ор}/a_{ор}) \cdot 100 \%$.

ЖАТТЫҒУЛАРДЫҢ ЖАУАПТАРЫ

2. 2. Жаттығу $v = 1,5$ м/с. 3. $v = 5$ м/с. 4. $v = 80$ км/сағ. 3. 1. Жаттығу $s = 60$ м. 2. $s = 30$ км. 3. $t = 10$ мин. 4. $t = 0,5$ ч. 4. 1. Жаттығу. $v_{\text{ср.}} = 0,5$ м/с. 2. $v_{\text{ср.}} = 90$ км/сағ. 3. $v = 1,5$ м/с. 4. в 7 сағ 40 мин. 5. 1. Жаттығу. $a = 2,5$ м/с². 2. $t = 30$ с. 3. $a_1 = 0,5$ м/с²; $a_2 = -1,0$ м/с². 4. $a = 0,5$ м/с². 5. $t = 50$ с. 6. 1. Жаттығу. $v = 12$ 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. 1. Жаттығу. $s = 15$ м. 2. $s = 1,4$ км. 8. 1. Жаттығу. $v = 60$ м/с; $h = 180$ м. 2. $t = 4$ с; $h = 80$ м. 3. $v = 45$ м/с; $h = 45$ м. 9. 1. Жаттығу. $v = 5$ м/с; $h = 30$ м. 2. $h = 90$ м; $t = 6$ с. 3. $v = -10$ м/с; $h = 75$ м. 4. $v = 60$ м/с. 5. $h = 45$ м; $v_0 = 30$ м/с. 10.1. Жаттығу. $v_1 = 0,5$ м/с; $v_2 = 1$ м/с; $v_3 = 1,5$ м/с; $\omega = 10$ рад/с. 2. $v = 10$ м/с. 3. $v = 0,05$ м/с; $\Delta\varphi = 1$ рад; $\omega \approx 0,0017$ рад/с. 5. $v \approx 21$ см/с; $\omega \approx 0,00105$ рад/с. 11.1. Жаттығу $v \approx 0,21$ м/с; $\omega \approx 0,21$ рад/с. 2. $T \approx 0,19$ с; $v \approx 5,3$ 1/с; $\omega \approx 33,3$ рад/с. 3. $v \approx 465$ м/с; $\omega \approx 7,3 \cdot 10^{-5}$ рад/с. 12. 1. Жаттығу $a = 100$ м/с². 2. $a \approx 1786$ м/с². 3. $a \approx 18,75$ м/с². 4. $r = 57,6$ см. 5. $T = 0,05$ с; $v = 18,84$ м/с; $\omega = 125$ рад/с; $a \approx 2366$ м/с². 14. 3. Жаттығу $a = 2$ м/с²; $m = 40$ кг. 4. $F = 20$ Н. 15. 1. Жаттығу $v = 7,85$ м/с; $F \approx 4,9$ Н. 2. А. $v = 7,85$ м/с; $F \approx 9,8$ Н. Б. $v = 15,7$ м/с; $F \approx 9,8$ Н. В. $v = 3,925$ м/с; $F \approx 1,2$ Н. 16. 1. Жаттығу. $k = 80$ Н/м. 2. $\Delta l = 2$ см. 3. $F_1 = 40$ Н. 4. $\Delta l = 1$ см. 5. $k = 4 \cdot 10^5$ Н/м. 6. $k_2 = 500$ Н/м. 17. 1. Жаттығу $F \approx 2 \cdot 10^{20}$ Н. 2. $F \approx 1,7 \cdot 10^{-7}$ Н. 3. $F = 8,17 \cdot 10^{-8}$ Н. 18. 1. Жаттығу. $F = F_{\text{ауыр}} = 2$ кН. 3. $m = 2$ т. 19. 1. Жаттығу. $P = 0,5$ Н. 2. $P = 0,8$ Н. 3. $P = F_{\text{жаттығу}} = 2$ Н. 20. 1. Жаттығу. $P = 6$ Н. 3. $a = 3$ м/с². 21. 1. Жаттығу. $h = 45$ м; $s = 4$ м. 2. $t = 5$ с; $h = 125$ м. 3. $v_1/v_a = 355,5$; $v_1/v_c = 31,6$. 22. 1. Жаттығу. $F = 3,84 \cdot 10^{-6}$ Н. 2. $F = 0,67$ Н. 3. $F = 3,5 \cdot 10^{-22}$ Н. 4. $F = P = 1000$ кН. 5. $m = 10$ т. 6. $F = 9,8$ Н; 7. $P = 666$ Н. 8. $P = 657$ Н. 9. 4716 км. 23. 1. Жаттығу. $F_{\text{тр.с.}} = 20$ Н. 2. $F = 12$ Н. 3. $F_{\text{тр.к}} = 0,06$ Н. 4. $F_{\text{тр.к}} = 3,6$ Н. 24. 1. Жаттығу. $I_1 = 20$ Н · с; $I_2 = 1$ Н · с. 2. $I = 10$ Н · с. 3. $\Delta p = -0,3$ Н · с. 25. 1. Жаттығу. $m = 30$ т. 2. $v = 4,5$ м/с. 3. $v = 4,5$ м/с. 26. 1. Жаттығу. $A = 2$ кДж. 2. $A = 630$ Дж. 3. $A_1 = 72$ кДж; $A_2 = 96$ кДж; $A_3 = 120$ кДж; $A_{\text{общ}} = 283$ кДж. 4. $F = 120$ кН. 5. а) отеріс; б) оң. 6. $A = 12,25$ Дж. 27. 1. Жаттығу. $E_{\text{п}} = 80$ Дж. 2. $E_{\text{п1}} = 100$ Дж; $E_{\text{п2}} = 240$ Дж; $A = -140$ Дж. 3. $A = 9,6$ кДж. 28. 1. Жаттығу. $E_{\text{к}} = 12,5$ Дж; 2. $A = 240$ кДж; 3. $A = 10$ кДж; 4. $A = 80$ кДж. 5. $m = 1349$ кг. 29. 1. Жаттығу. $E_{\text{к}} = 5$ Дж; $E_{\text{п}} = 40$ Дж. $E_{\text{мах}} = 45$ Дж. 2. $E_{\text{п2}} = 18$ кДж; $E_{\text{к2}} = 0$; $m = 300$ кг. 3. $E_{\text{п}} = 90$ Дж. 4. $h = 40$ м. 30. 1. Жаттығу $N = 100$ Вт. 2. $N = 24$ Вт. 3. $N = 1$ кВт. 4. $F = 7,2$ кН. 31. 1. Жаттығу. $\eta = 40\%$. 2. $t = 1$ мин 40 с. 3. $F = 5040$ Н. 4. $\eta = 20\%$.

Қосымша жаттығулардың жауаптары

II.Тарау 1. $v = 5$ м/с; $v = 18$ км/соғ. 2. $S = 60$ км. 3. $t = 12$ мин. 4. а) 25 м/с; б) 15 м/с. 5. $l_1 = 270$ м; $l_2 = 360$ м. 6. $t_{\text{пр.т}} = 2 t_{\text{пот.}}$. 7. $v_{\text{орт.}} = 72$ км/соғ. 8. $t_2 = 20$ с. 9. $S_2 = 72$ см. 10. $S = 38,75$ м. 11. $S = 40$ м; $v = 90$ м/с. 12. $S = 25$ м. 13. $t = 8$ с. 14. $v = 55$ м/с. 15. $h = 720$ м; $v = 120$ м/с. 16. $v_{\text{орт.}} = 45$ км/соғ.

III.Тарау 1. $v = 0,6$ 1/с; $T = 1,67$ с; $v = 1,88$ м/с; $\omega = 3,76$ рад/с. 2. $T = 0,05$ с; $v = 20$ 1/с; $\omega = 125,6$ рад/с. 3. $v = 4,2 \cdot 10^{-7}$ 1/с; $v = 1$ км/с. 4. $v = 3,2 \cdot 10^{-8}$ 1/с; $v = 30$ км/с. 5. $v = 1,2 \cdot 10^{-5}$ 1/с; $a = 0,034$ м/с². 6. $v = 2,65$ 1/с. 7. $a = 0,225$ м/с². 8. $a = 1570$ м/с². 9. $v_2/v_1 = 1/20$. 10. 4 есе.

IV.Тарау 1. $F = 20$ Н. 2. $F = 0,1$ Н. 3. $m = 20$ т. 4. $F = 0,8$ Н. 5. $a = 0,5$ м/с². 6. $a = 3$ м/с². 7. а) 2 м/с; б) 3 м/с. 8. $F = 1,6$ кН. 9. $v = 2$ м/с. 10. $a = 1,5$ м/с². 11. $a = 1,5$ м/с². 12. $F = 800$ Н. 13. $F = 4$ Н; $a = 40$ м/с². 14. $F_2 = 4F_1$; $a_2 = 4a_1$. 15. $m = 250$ г. 16. $F = 1$ Н. 17. $m = 200$ кг; $a = 12,5$ м/с². 18. $k = 20$ Н/м. 19. $k = 125$ Н/м. 20. $m = 300$ г. 21. $\Delta l = 6$ см. 22. $k_2 = 160$ Н/м. 23. $\Delta x = 14$ см.

V.Тарау 3. $F = 6,67 \cdot 10^{-3}$ Н. 5. $M_c = 2 \cdot 10^{30}$ кг. 6. $P = 3,58$ кН. 7. $P = 118$ Н. 8. $h = 20$ м. 10. $F_{\text{тр.}} = 20$ Н; $\mu = 0,04$. 13. $R = 40$ м.

VI.Тарау 4. $I_1 = 1$ Н·с; $I_2 = 40$ Н·с. 5. $p_1 = 0,3$ кг·м/с; $p_2 = 1,5$ кг·м/с; $p_3 = 1,2$ кг·м/с. 6. $p = 0,5$ кг·м/с. 7. $p_1 = 30000$ кг·м/с; $p_2 = 40000$ кг·м/с; $p_1' = 12000$ кг·м/с; $p_2' = 18000$ кг·м/с. 8. $\Delta p = -0,24$ кг·м/с. 9. $v = 1,8$ м/с. 10. $v = 3$ м/с. 12. $x = 1$ м. 13. $\Delta p = -0,03$ Н/с.

VII.Тарау 1. $A = 300$ Дж. 2. $E_{\text{н}} = 32$ Дж. 3. $A_2 = 17$ кДж. 4. $E_{\text{к}} = 1800$ Дж; $E_{\text{н}} = 0$ Дж. 5. $A = 3600$ Дж. 6. $A = 246$ кДж. 7. $A = 10$ Дж. 8. $v = 10$ м/с; $m = 1$ кг. 9. $A = 600$ Дж. 10. $E_{\text{к}} = 200$ Дж; $E_{\text{н}} = 100$ Дж. 11. $h = 10$ м. 12. $A = 200$ Дж. 13. $N = 100$ Вт. 14. $\eta = 40$ %.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	3
КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ	
I. Тарау механикалық қозғалыстар туралп жалпы мағлұматтар	
§ 1. Денелердің қозғалысы	8
§ 2. Кеңістік және уақыт	11
§ 3. Кинематиканың негізгі ұғымдары	14
§ 4. Скаляр және вектор шамалар мен оларға амалдар қолдану	18
II тарау. Түзу сызықты қозғалыс	
§ 5. Түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс туралы түсінік.....	26
§ 6. Түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс жылдамдығы	28
§ 7. Түзу сызықты бір қалыпты қозғалыстың графиктік бейнесі	32
§ 8. Бір қалыпсыз қозғалыстағы жылдамдық	34
§ 9. Бір қалыпты өзгеретін қозғалыстағы үдеу	37
§ 10. Бір қалыпты өзгеретін қозғалыстағы жылдамдық.....	40
§ 11. Бір қалыпты өзгеретін қозғалыста басып өтілген жол	44
§ 12. Бір қалыпты үдемелі қозғалатын дененің үдеуін анықтау (1-зертханалық жұмыс)	47
§ 13. Денелердің еркін түсуі	48
§ 14. Жоғарыға тік лақтырылған дененің қозғалысы	50
III тарау. Айналмалы бір қалыпты қозғалыс	
§ 15. Дененің айналмалы бір қалыпты қозғалысы	56
§ 16. Айналмалы қозғалысты сипаттайтын шамалар арасындағы қатынастар	59
§ 17. Центрге тартқыш үдеу.....	62
ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ	
IV тарау. Қозғалыс заңдары	
§ 18. Ньютонның бірінші заңы – инерция заңы	69
§ 19. Денелердің өзара әсері. Күш	72
§ 20. Дене массасы	76
§ 21. Ньютонның екінші заңы	78
§ 22. Ньютонның үшінші заңы	82
§ 23. Қозғалыс заңдарының айналмалы қозғалысқа қолданылуы	86
§ 24. Эластикалық күш	88
§ 25. Серіппенің қатаңдығын анықтау (2-зертханалық жұмыс)	93
V тарау. Сыртқы күштердің әсерімен денелердің қозғалуы	
§ 26. . Бүкіләлемдік тартылыс заңы	97

§ 27. Ауырлық күші	100
§ 28. Дененің салмағы	102
§ 29. Асқын салмақ және салмақсыздық	105
§ 30. Жердің тарту күшінің әсерімен денелердің қозғалуы	108
§ 31. Жердің жасанды серіктері	112
§ 32. Үйкеліс күші. Тыныш күйдегі үйкеліс	115
§ 33. Сырғанау үйкелісі. Домалау үйкелісі	118
§ 34. Сырғанау үйкелісінің коэффициентін анықтау (3-зертханалық жұмыс)	122
§ 35. Табиғатта ғыжәне техникадғы үйкеліс	123

САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

VI тарау. Импульстың сақталу заңы

§ 36. Импульс	130
§ 37. Импульстың сақталу заңы	135
§ 38. Реактивті қозғалыс	140

VII тарау. Жұмыс және энергия. Энергияның сақталу заңы

§ 39. Механикалық жұмыс	147
§ 40. Денені көтергенде және оны сол қашықтыққа горизонталь орын ауыстырғанда орындалған жұмысты есептеу (4-зертханалық жұмыс)	151
§ 41. Потенциалдық энергия	152
§ 42. Кинетикалық энергия	155
§ 43. Механикалық энергияның сақталу заңы	157
§ 44. Энергияның сақталу заңын үйрену (5-зертханалық жұмыс)	162
§ 45. Қуат	163
§ 46. Табиғатта энергияның сақталуы.	
Пайдалы жұмыс коэффициенті	166
Жаттығу жауаптары	171
Қосымша жаттығулар жауабы.....	172

Хабибуллаев Полат Қырғызбаевич.

Физика: Механика: 7-сынып / П.Қ.Хабибуллаев, А.Байдедаев, А.Д.Бахрамов; жауапты ред. С. Орифжонов. – Түзетілген және толықтырылған төртінші басылымы. – Ташкент: «O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Мемлекеттік ғылыми баспасы, 2017. – 176 б.

УДК: 53=512.122(075.3)

КБК 22.3я72

O‘quv nashri

HABIBULLAYEV PO‘LAT QIRG‘IZBOYEVICH,
BOYDEDAYEV AHMADJON,
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH,
BURXONOV SATTOR OSIMOVICH

F I Z I K A

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining
7-sinfi uchun darslik
(Qozoq tilida)

Qayta ishlangan va to‘ldirilgan to‘rtinchi nashri

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»
Davlat ilmiy nashriyoti
Toshkent–2017

Аударған Қ. Нұрбаева
Көркемдеуші редактор А. Якубджанов
Компьютерде беттеген: Ж.Бадалов

2017 жылғы 11.15-де басуға рұқсат етілді. Пішімі 70х90 ¹/₁₆.
«Times» гарнитурасы, кеглі 11. Офсеттік басылым. Шартты баспа табағы 14,19.
Есепті баспа табағы 12,00. Таралымы 5065. Тапсырыс № 4792.

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Мемлекеттік ғылыми баспасы.
100011, Ташкент қ., Науаи көшесі, 30.

«Sharq» баспа-полиграфия акционерлік компаниясының баспаханасында басылды.
100000, Ташкент қаласы, Буюк Турон, 41

Жалға берілген оқулықтың жағдайын көрсететін кесте

№	Оқушының аты мен фамилиясы	Оқу жылы	Оқулықтың алынған кездегі ағдайы	Сынып жетекшісінің қолы	Оқулықтың тапсырылған кездегі ағдайы	Сынып жетекшісінің қолы
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Оқулық жалға беріліп, оқу жылы соңында қайтарып алынғанда жоғарыдағы кестені сынып жетекшісі төмендегі бағалау өлшемдері негізінде толтырады:

Жаңа	Оқулықтың алғаш рет пайдалануға берілген кездегі жағдайы
Жақсы	Мұқаба бүтін, оқулықтың негізгі бөлігінен ажырамаған. Барлық парақтары бар, жыртылмаған, беттерінде жазу-сызулар жоқ.
Қанағаттанарлық	Мұқаба езілген, бұрыштары мүжілген, оқулықтың негізгі бөлігінен ажыраған жерлері бар, пайдаланушы оқулықты қанағаттанарлық етіп жөндеген. Ажыраған беттері қайта желімденген, кейбір беттерде жазу-сызулар кездеседі.
Қанағаттанарлық емес	Мұқаба сызылған, жыртылған, негізгі бөлігінен ажыраған, кейбір жерлері бүтіндей жоқ. Нашар жөнделген. Беттері шимайланып, боялған. Парақтары жетіспейді. Оқулықты қалпына келтіруге болмайды.